

N° série :



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et Recherche
Scientifique
جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar – El-OUED
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en
Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie appliquée

THEME

**Contribution à l'étude phytochimique et
l'activité antioxydant des noyaux des dattes
"Phoenix dactylifera L." variétés « Ghars ;
Deglet Nour ; Mech-Degla »**

Présenté par :

M^{me} BAFFI Lobna

M^{me} DJEDID Basma

Devant le jury composé de :

Président : BOU ALI Nour Dinne

M.A.A Université El – Oued

Examineur : Dr. RAMDANE Farah

M.C.A Université El – Oued

Promoteur : Dr. DJAHRA Ali Boutlelis

M.C.A Université El – Oued

2019/2020

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes parents
«Fathi & Samia», mon mari « Mohammed», Ma
chère fille « Eline», ma grand-mère « Torkia» ,
mes oncle et tante « Belgacem, Fatiha », mes frères
«Nadhir, Hicham», mes soeurs «Hanin, Radhia,
Islam, Amira, Kaouthar, Donia», Toute la famille
« Djedid » & « Zenina »*

Et tous les amis

En fin a tout ce que je connais.

Djedid Basma.



Dédicace

À la fin de mon cycle d'étude au niveau de l'université de El oued après 5 ans de travail, je dédie le fruit de mon travail à :

Mon père Le propriétaire d'une biographie parfumée et d'une pensée éclairée, qui m'a constamment soutenu tout au long de mes études financièrement et moralement

Ma mère Ma très chère personne, proche de mon cœur, qui a éclairé ma route avec ses prières, qui m'a conduit sur ce chemin

*Mes frères et sœurs Ceux qui ont eu un grand impact sur de nombreux obstacles et difficultés, en particulier celui qui m'a soutenu dans ma carrière universitaire
(Abdel ouahab)*

Mon mari Merci pour votre soutien et vos encouragements, qui ont toujours été pour moi une grande source de réconfort, merci pour votre sacrifice, je vous souhaite le brillant avenir que vous méritez et je remercie sa famille pour sa présence à mes côtés.

Mes amis et copines Ceux que j'ai vraiment adoré assister à cette journée spéciale si attendue avec impatience

En fin de compte, un merci tout spécial à mon collègue et compagnon de Derby:

Basma



BAFFI Lobna

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la santé, la force, le courage, la patience, la persévérance et d'exploiter les capacités disponibles pour accomplir cet humble travail. Merci d'avoir ouvert la voie du succès.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au **Dr : DJAHRA Ali**
boutlelis

D'abord et avant tout pour sa confiance en nous et pour notre inspiration sur ce sujet, puis pour ses précieux conseils, ses orientations judicieuses et ses directives efficaces, ainsi que pour les idées perspicaces qu'il nous a données.

Nous remercions les membres du jury qui seront chargés d'examiner et de corriger ce mémorandum, d'avoir accepté la présidence du jury.

Un très précieux merci à la responsable du laboratoire officiel (**Goubi Sana**) qui n'a pas hésité à nous aider en toute humilité, qui a participé avec nous au travail quotidien du laboratoire, et nous tenons à remercier tous nos collègues du semestre 2019/2020 et les étudiants de master, et leur souhaitons plus de succès et de réussite.

Enfin, nous tenons également à remercier nos professeurs de la FACULTE DES SCIENCES NATURELLES ET DE LA VIE pendant les cinq années de notre voyage et à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

RESUME

Les substances naturelles issues de la biomasse des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans la biotechnologie industrie, alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. Parmi ces composés on retrouve une grande partie des principes actifs qui se sont surtout illustrés en thérapie. Le palmier "*Phoenix dactylifera L.*" pour les habitants du sud Algérienne. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antioxydante des trois variétés de noyau de datte du type végétal "*Phoenix dactylifera L.*" : Ghars, Deglet-Nour et Mech-Degla .Nous avons obtenu les extraits en trempant la poudre de noyau de datte dans de l'eau distillée .Les résultats d'extraction nous a donné des rendements différents pour les trois variétés Ghars, Deglet-Nour et Mech-Degla (8,68%, 8,80% et 7,35%) successivement. Les résultats du métabolisme secondaire révèlent que les noyaux des dattes contiennent un taux important de polyphénols égale à ($75,87135 \pm 3,238113$, $82,46535 \pm 5,376123$, $71,16135 \pm 9,965554$ mg EAG/ g d'extrait de noyau) successivement, et les flavonoïdes égale à ($13,16637 \pm 0,234862$, $13,39447 \pm 1,368558$, $21,84832 \pm 1,319337$ EQC /g d'extrait de noyau) successivement .Les valeurs IC50 exprimant l'activité anti-radicalaire du test DPPH du variété Mech-Degla élevées (2,27 mg / ml) équivalent à l'acide ascorbique (0,13 mg / ml), et pour Ghars et Deglet-Nour (1,635 , 1,01 mg / ml) successivement, Les résultats de l'efficacité antioxydant de la réaction de test FRAP utilisant la réaction FeCl₃ ont été estimés à ($134,5033 \pm 3,102832$, $306,852 \pm 3,464317$, $208,9361 \pm 2,542113$) mg équivalent à l'acide ascorbique / g d'extrait de noyau successivement .Les résultats de ces travaux nous ont permis d'affirmer que l'ensemble des extraits de la plante étudié présentent des très bonnes propriétés antioxydantes qui pourraient nous permettre de les recommander dans la biotechnologie.

Mots clés : Noyau de datte, "*Phoenix dactylifera L.*", Polyphénols, Flavonoïde, Activité Antioxydante

ABSTRACT

Natural substances derived from plant biomass have multiple advantages their use in biotechnology industry, food, cosmetics and pharmaceuticals. Among these compounds are many of the active ingredients that have been most evident in therapy of the palm tree "Phoenix" will dactylifera L." for the inhabitants of southern Algeria. The objective of this study is to evaluate the antioxidant activity of the three varieties of date nucleus of the plant type "Phoenix dactylifera L": Ghars, Deglet-Nour and Mech-Degla. We got the extracts by soaking the date core powder in distilled water. The extraction results gave us different yields for the three varieties Ghars, Deglet-Nour and Mech-Degla (8.68%, 8.80% and 7.35%) successively. Secondary metabolism results indicate that the nucleus of the dates contain a high level of polyphenols equal to (75,87135 - 3.238113, 82,46535 - 5,376123, 71,16135 - 9.96555 mg EAG/g of nucleus extract) successively, successively, and flavonoids equal to (1,316637 - 0.234862, 13,39447 - 1,368558, 21,84832 - 1.319337 EQC /g of core extract) successively. IC50 values expressing anti-radical activity of the high Mech-Degla DPPH (2.27 mg/ml) equivalent to ascorbic acid (0.13 mg/ml), and for Ghars and Deglet-Nour (1635, 1.01 mg/ml) successively, The results of the antioxidant efficacy of the FRAP test reaction using the FeCl₃ reaction were estimated at (134,5033 - 3,102832, 306,852 - 3,464317, 208,9361 - 2.542113) mg equivalent to ascorbic acid/g of nucleus extract successively. The results of this work have allowed us to affirm that all extracts of the plant studied have very good antioxidant properties that could allow us to recommend them in biotechnology.

Keywords: Date Core, "Phoenix dactylifera L.", Polyphenols, Flavonoid, Antioxidant Activity.

الملخص

المواد الطبيعية الناتجة عن الكتلة الحيوية النباتية تملك فوائد متعددة تستغل في التكنولوجيا الحيوية الصناعية و الغذائية و مستحضرات التجميل والأدوية. من بين هذه المركبات نجد جزء كبير من المكونات النشطة التي تم توضيحها بشكل خاص في العلاج. النخلة "*Phoenix dactylifera L.*" لسكان جنوب الجزائر. تهدف هذه الدراسة الى تقييم الفعالية المضادة للأكسدة لثلاث سلالات من نواة التمر للنوع النباتي "*Phoenix dactylifera L.*" غرس، دقلة نور، ماشي دقلة. حصلنا على المستخلصات بنقع مسحوق نواة التمر في الماء المقطر، نتائج الاستخلاص أعطت مردود مختلف للسلالات الثلاث غرس ، دقلة نور ، ماشي دقلة 8.68% ، 8.80% ، 7.35% بالترتيب. تظهر نتائج التمثيل الغذائي الثانوي أن نواة التمر تحتوي على نسبة عالية من البوليفينول تقدر ب ($75,87135 \pm 3,238113$ ، $82,46535 \pm 5,376123$ ، $71,16135 \pm 9,965554$) ملغ /مكافئ لحمض الغاليك /غ من مستخلص النواة بالترتيب ، والفلافونويد تقدر ب ($21,84832 \pm 1,319337$ ، $13,39447 \pm 1,368558$ ، $13,16637 \pm 0,234862$) ملغ /مكافئ الكروستين/غ من مستخلص النواة بالترتيب . كانت قيم IC50 المعبرة عن النشاط المضاد للجذر الحر لاختبار DPPH للنوع ماشي دقلة عالية (2,27 ملغ/مل) بالنسبة لحمض الأسكوربيك (0,13 ملغ/مل)، أما الغرس ودقلة نور (1,635 ، 1,01) ملغ/مل بالترتيب. كما كانت نتائج فاعلية مضادات الأكسدة الارجاعية في تفاعل الاختبار اللوني لاختبار FRAP باستعمال متفاعل FeCl3 قدرت ب ($306,852 \pm 134,5033$ ، $3,102832 \pm 3,464317$ ، $208,9361 \pm 2,542113$) ملغ /مكافئ لحمض الأسكوربيك/غ من مستخلص النواة على التوالي. النتائج المتحصل عليها في هذا العمل أكدت بأن جميع المستخلصات النباتية المدروسة لها خصائص مضادة للأكسدة ممتازة التي قد تسمح لنا بتوصية استخدامها في مجال التكنولوجيا الحيوية.

الكلمات المفتاحية: نواة التمر، "*Phoenix dactylifera L.*" ، البوليفينول ، الفلافونويد ، نشاط مضادات الأكسدة

LISTE DES ABREVIATIONS

% : Pourcentage

°C : Degré celsius

¹O₂ : Oxygène singulet

AAPH : 2,2'-azobis (2-amidinopropane) dichloride

Abs Contrôle négatif : Absorbance du contrôle négatif

Abs Échantillon : Absorbance de l'échantillon.

ABTS : 2,2'-azynobis-[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid]

ADN : Acide désoxyribonucléique

AlCl₃ : Chloride aluminium

BHA : butylhydroxyanisole

BHT : butylhydroxytoluène

Ca : Calcium

CAT : Catalase

Cm : Centimètre

Cu⁺ : Ion cuivre

DPPH : 2,2-phényl-1-picrylhydrazyl

EDTA : Éthylènediaminetétraacétique

ERA : Espèces Réactives d'Azote

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

FCR : Réactif de Folin- Ciocalteu

Fe : Fer

Fe²⁺ : Ion ferreux

Fe³⁺ : Ion ferrique

FeCl₃ : Chlorure ferrique

FeCl₃ : Chlorure ferrique

FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Power

GP : gallate propylée

GSH : Glutathion (forme réduite)

H⁺ : Hydrogène

H₂O : Eau

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

HO[•] : Radical hydroxyle

HO^{2•} : perhydroxyle

HOCl : acide hypochlorique

I % : Pourcentage de l'activité anti-radicalaire (AAR%).

IC50 : Concentration inhibitrice 50 %

ITDAS : Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne

K₃Fe(CN)₆ : ferricyanure de potassium

mM : Millimètre

M : Mètre

MDA : Malon-dialdéhyde

mg / ml : Milligramme par millilitre

mg d'EQC/g d'extrait sec : Milligramme équivalent en quercétine par gramme d'extrait sec

mg EAA/g d'extrait : Milligramme équivalent en Acide Ascorbique par gramme d'extrait

mg EAG/ g d'extrait : Milligramme équivalent en acide gallique par ml d'extrait

Mg : Magnésium

mg/l : Milligramme par litre

min : Minute

ml : Millilitre

mmole/l : millimole par litre

mol⁻¹.L. s⁻¹ : mol par litre par seconde

N₂O₃ : trioxyde d'azote

Na : Sodium

Na₂CO₃ : carbonate de sodium

NAD (P): Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

NBT₂⁺ : Nitro-Blue Tétrazolium

nm : Nanomètre

NO : oxyde d'azote

NO• : monoxyde d'azote

NO₂ : dioxyde d'azote

NO₂⁻ : ion nitrate stable

O₂: Oxygène

O₂^{•-} : Anion Superoxyde

OH[•] : Radical hydroxyle

ONOO⁻ : peroxydinitrite

ORAC : oxygen radical absorbance capacity

P : Phosphore

PEB : poids de l'extrait brut (g).

pH : Potentiel hydrogène

PMV : poids de matière végétale (g).

R : rendement (%).

R[•] : Radical

R₂ : Coefficient de corrélation

RO[•] : Radical secondaire alkoxydes

RO^{2•} : Radical peroxyde

ROOH : peroxydes organiques

ROS : *Reactive Oxygen Species*

SOD : superoxyde dismutase

TBA : Acide thiobarbiturique

TBHQ : tétrabutylhydroquinone

TEAC : Trolox équivalent antioxidant capacity

TPTZ : 2,4,6-tris(2 pyridyl)-1,3,5-s-triazine

TRAP : Total Radical Trapping Antioxidant Potential

Trolox® : acide 6-hydroxy-2,5,7,8-tétraméthylchroman-2-carboxylique

UV : Ultra Violet

V1, V2, V3 : les variétés

Zn : Zinc

β-carotène : bêta-carotène

β-PE : β Phycocérythrine

µg/ml : Microgramme par millilitre

µL : Microlitre

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure 01	Morphologie du palmier dattier	06
Figure 02	Présentation morphologique des dattes	07
Figure 03	Photos des trois variétés de datte. 1 : <i>Variété Ghars</i> , 2 : <i>Variété Déklet-Nour</i> , 3 : <i>Variété Mech-Degla</i>	08
Figure 04	Noyau de dattes du palmier dattier	10
Figure 05	Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène	14
Figure 06	Sites de production intracellulaire des ERO	15
Figure 07	Pathologie associées aux espèces réactives oxygénées	17
Figure 08	Oligoéléments nécessaires aux activités des enzymes antioxydantes	20
Figure09	Structures chimiques de quelques antioxydants synthétiques	21
Figure10	Structure du radical stable DPPH°	23
Figure 11	Structure du radical-cation ABTS•+	24
Figure 12	Aspect des poudres dse variété trois varieties de palmier dattier " <i>Phoenix dactylifera</i> (1 : Gars, 2 : Mech-Degla, 3 : Deglet Nour)	27
Figure 13	Situation géographique de la wilaya de Biskra dan l'Algérie	28
Figure 14	Localisation géographique de la zone d'étude "Ain Ben Naoui , wilaya de Biskra"	28
Figure15	Image satellite de la région Ain Ben Naoui	28
Figure16	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux	30
Figure17	Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux	30
Figure 18	Protocole de dosage des polyphénols et flavonoïdes.	31

Figure 19	Réaction de test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazyl)	32
Figure 20	Plan expérimental d'étude.	34
Figure 21	Rendement de l'extrait brut des noyaux des dattes(Ghars V1, Deglet-Nour V2, Mech-Degla V3)	37
Figure 22	: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits de trois variétés	39
Figure 23	Valeur IC50 de trois extraits des cultivars et de composé standard Acide Ascorbique (AA)	39
Figure 24	Pouvoir réducteur de l'extrait de noyau de Ghars	40
Figure 25	Pouvoir réducteur de l'extrait de noyau de Deglet Nour	40
Figure 26	Pouvoir réducteur de l'extrait de noyau de Mech-Degla	41
Figure 27	Pouvoirs réducteurs des extraits bruts des noyaux des dattes	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Position systématique du Palmier dattier " <i>Phoenix dactylifera</i> L."	05
Tableau 02	Teneur (%) en sucres de quelque variétés des dattes algériennes	09
Tableau 03	Teneur en sels minéraux pour 100 g des dattes dénoyautées	10
Tableau 04	Teneur en eau de quelques variétés des dattes algériennes	10
Tableau 05	Teneur en polyphénols totaux de l'extrait des noyaux des dattes	37
Tableau 06	Teneur des flavonoïdes de l'extrait des noyaux des dattes	37

TABLE DES MATIERES

Introduction	
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. CHAPITRE I : PALMIER DATTIER	
1. Généralités...	05
2. Position systématique du Palmier dattier	05
3. Morphologie du Palmier dattier <i>Phoenix dactylifera</i>	05
4. Production des dattes dans le monde et l'Algérie	06
5. Datte de palmier de dattier «fruit»	07
5.1. Définition et description	07
5.2. Classification de dattes	07
5.2.1. Dattes molles	07
5.2.2. Dattes demi-molles	07
5.2.3. Dattes sèches	08
5.3. Variétés des espèces du Palmier dattier	08
5.3.1. Variété Ghars	08
5.3.2. Variété Dégllet-Nour	08
5.3.3. Variété Mech-Degla	08
6. Composition de datte	09
6.1. Teneur en métabolites primaires	09
6.1.1. Teneur en lipide	09
6.1.2. Teneur en protéines et acide aminés	09
6.1.3. Teneur en sucre	09
6.2.4. Teneur en métabolites secondaires (polyphénols)	09
6.3.5. Teneur en minéraux	09
6.4.6. Teneur en fibre	10
6.4.7. Teneur en eau	10
7. Noyau de dattes	10
7.1. Morphologie du noyau de datte	10
7.2. Composition chimique du noyau de datte	11
7.2.1. Composition en matière protéique	11
7.2.2. Composition en matière grasse	11
7.2.3. Teneur en sucres	11
7.2.4. Teneur en Cendres	11

7.2.5. Contenu minéral	11
7.2.6. Teneur en fibres	11
7.2.7. Teneur en polyphénols	11
7.3. Utilisations des noyaux de dattes.....	11
7.3.1. Industrielle	11
7.3.2. Traditionnelle	12
7.3.3. Pharmacologique	12
7.3.4. Cosmétologique	12
7.3.5. Thérapeutique	12
II. CHAPITRE II : STRESS OXYDATIF	
1. Généralité	13
1.1. Espèces réactives de l'oxygène (<i>Reactive Oxygen Species</i> ou <i>ROS</i>).....	13
1.1.1. ERO radicalaires	13
1.1.2. ERO non radicalair.....	13
1.2. Espèces azotées réactives.....	14
1.2.1. Espèces azotées radicalaires	14
1.2.2. Espèces azotées non radicalaires	14
2. Production de radicaux libres.....	15
2.1. Production intra-cellulaire.....	15
2.2. Production extra-cellulaire.....	16
3. Effet de stress oxydant.....	16
4. Maladies liées au stress oxydant.....	17
5. Antioxydants.....	17
5.1. Classification des antioxydants.....	17
5.1. Antioxydants endogènes enzymatiques	17
5.1.1. Superoxyde Dismutase (SOD)	17
5.1.2. Catalase (CAT)	18
5.1.3. Glutathion peroxydase	18
5.2. Antioxydants endogènes non enzymatiques.....	18
5.2.1. Glutathion	18
5.2.2. Acide urique	18
5.2.3. Bilirubine	19
5.2.4. Acide lipoïque	19
5.2.5. Coenzyme Q	19
5.3. Les antioxydants exogènes.....	19

5.3.1. Vitamine C	19
5.3.2. Vitamine E	19
5.3.3. β carotène	20
5.3.4. Polyphénol	20
5.3.5. Oligoéléments	20
5.3.6. Sélénium	21
5.4. Antioxydants synthétiques	21
6. Evaluation de l'activité antioxydant et antiradicalaire.....	21
6.1. Piégeage du peroxyde d'hydrogène (H ₂ O ₂ scavenging activity).....	21
6.2. Piégeage du radical superoxyde (O ₂ ^{•-}).....	22
6.3. Piégeage du radical hydroxyle (HO [•]).....	22
6.4. Piégeage du radical peroxyde (ROO [•]) par la méthode de TRAP et ORAC.....	22
6.5. Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH [•]).....	23
6.6. Réduction du Fer: FRAP (Ferric reducing antioxidant power).....	23
6.7. Blanchissement de la bêta-carotène (β -carotene bleaching method).....	23
6.8. Piégeage du ABTS (2,2'-azynobis-[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid]).....	24
PARTIE EXPERIMENTALE	
Matériels et méthodes	
1. Matériels utilisés.....	27
1.1. Matériel végétal.....	27
1.2. Site de prélèvement.....	27
2. Méthodes suivies.....	28
2.1. Préparation de l'extrait du noyau des dattes.....	28
2.2. Rendement de l'extrait du noyau des dattes.....	29
2.3. Dosage des polyphénols totaux.....	29
2.4. Dosage des flavonoïdes totaux.....	30
2.5. Détermination de l'effet antioxydant <i>In vitro</i> (Test de DPPH).....	32
2.6. Test de la réduction du fer FRAP (Ferric Reducing-Antioxidant Power).....	33
Résultats	
1. Rendement de l'extrait brut.....	36
2. Teneur des composés phénoliques totaux	37
3. Teneur en Flavonoïdes	37
4. Etude de l'activité antioxydant.....	37
4.1. Test du piégeage du radical libre DPPH.....	38

3.2. Test de la réduction du fer FRAP.....	39
---	-----------

Discussion

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

Introduction

Durant des siècles et même des millénaires, l'Homme a utilisé les plantes pour soulager ses douleurs, guérir ses maux et panser ses blessures. Actuellement et malgré le progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent surtout dans les pays en voie de développement. En effet, parmi environ 500.000 espèces de plantes, 80.000 possèdent des propriétés médicinales. En Afrique, où les médicaments à base de plantes sont toujours utilisés par de nombreuses populations pour des soins sanitaires où le pouvoir thérapeutique des plantes était connu de façon empirique. (BOUDEN., 2018).

Les plantes constituent une source immense de molécules chimiques complexes (Métabolites Secondaires), largement exploités dans les industries cosmétologiques, agroalimentaires et pharmaceutiques. Parmi ces métabolites, on distingue les terpénoïdes, les alcaloïdes et les polyphénols. Ces derniers et principalement les flavonoïdes sont essentiellement connus pour leurs nombreuses activités biologiques, parmi lesquelles : leur actions antioxydantes, antiinflammatoires, anticancéreuses et antimicrobienne. (SAFFIDINE.,2015). Les substances antioxydants jouent un rôle important dans la prévention des maladies, et parce que certains antioxydants synthétiques ont montré un risque potentiel pour la santé, notamment un effet cancérigène possible ; il y'a lieu de trouver de nouvelles sources d'antioxydants peu dangereuses peu coûteuses et naturelles pour les utiliser dans les aliments et les préparations pharmaceutiques et remplacer ainsi les antioxydants synthétiques. (BOUDEN., 2018).

Dans le Sahara, il y a une grande diversité des plantes et des arbres qui sont adaptées au climat désertique pour vivre dans ces conditions extrêmes. Parmi ces plantes et la plus connue dans le milieu oasien c'est " le palmier dattier " (Baliga et *al.*, 2010). L'Algérie est l'un des plus importants pays producteurs de dattes. La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50%) de dattes demi-molles (Deglet-Nour) est très apprécié par les consommateurs (MA/DSAEE., 2001). Près de 58.14% de la production nationale de dattes est réalisée par les deux wilayas suivantes : El-Oued (29.54%) et Biskra (28.6%) (ANONYME, 2002). Les palmiers dattiers "*Phoenix dactylifera L.*" est une espèce cultivée dans les zones arides et semi-arides chaudes d'Asie et d'Afrique mais aussi en Australie, dans quelques pays d'Amérique où il a été introduit au 18ème siècle, et dans les régions d'Europe méditerranéenne (DJIBRIL, 2013).

Les dattes sont les fruits du palmier dattier. Elles font partie des habitudes alimentaires de la population saharienne. Ces derniers montrent un intérêt de plus en plus croissant aussi bien chez les consommateurs que chez les diététiciens et les nutritionnistes (BEN ABBES., 2011). Il y'a des hypothèses disent que la noix de datte possède des avantages pour la vie humaine. Des nombreux travaux de recherche sont consacrées à la valorisation des noyaux des dattes

Introduction

sous différentes formes : Charbon actif (El NEMR et *al.*, 2007 ; ALHAMED et *al.*, 2009), supplément en alimentation de bétail (HUSSEIN et ALHADDRAMI, 2003). Traditionnellement, utilisation du noix de dattes torréfiée comme boisson décaféinée (RAHMAN et *al.*, 2007).

Le présent travail a été entrepris afin d'évaluer les activités antioxydante *In vitro* des extraits bruts des noyaux des dattes *Phoenix dactylifera* L." de trois cultivars (Ghars, Deglet-Nour et Mech- Degla)

Les objectifs de la présente étude sont :

- ✓ Préparation des extraits aqueux des noyaux des dattes des trois cultivars qu'ont été choisis de l'espèce *Phoenix dactylifera*.
- ✓ Richesse en substances naturelles à usages thérapeutiques.
- ✓ Evaluation de la teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits aqueux des trois cultivars de la plante
- ✓ Evaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Phoenix dactylifera* par les tests de Diphényl-picrylhydrazyle (DPPH) et Ferric Reducing Antioxydant Power (FRAP).

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités

Le palmier dattier : "*Phoenix dactylifera* L." provient du mot « Phoenix » qui signifie dattier chez les phéniciens et dactylifera dérive du terme grec « dactylos » signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit (DJERBI, 1994). Comme toutes les espèces du genre Phoenix, il existe des arbres mâles appelés communément dokkars ou pollinisateurs et des arbres femelles Nakhla (CHAIBI, 2002). C'est une espèce dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des Arecaceae qui compte environ 235 genres et 4000 espèces (MUNIER., 1973), son adaptation aux conditions climatiques trop sévères des régions chaudes et sèches (BOUGUEDERI et al., 1994).

2. Position systématique du Palmier dattier

Le genre *Phoenix* appartient à la famille des Arecaceae (anciennement, Palmaceae), la mieux connue sur le plan systématique. Elle est représentée par 200 genres et 2700 espèces réparties en six sous familles. La sous famille des Coryphoidées est elle-même subdivisée en trois tribus (RIEDACKER et al., 1990). D'après MUNIER (1973), le Palmier dattier est une espèce appartenant au genre Phoenix qui comprend douze (12) espèces botaniques. Parmi les variétés la plus consommées dans les régions sahariennes (*Phoenix dactylifera* L. V1: Ghars, *Phoenix dactylifera* L. V2: Deglet-Nour et *Phoenix dactylifera* L. V3: Mech-Degla). Sa position systématique était donnée par UHL et DRANSFIELD (1987), dans le tableau suivant (Tableau 01):

Tableau 01 : Position systématique du Palmier dattier "*Phoenix dactylifera* L." (UHL et DRANSFIELD, 1987).

Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Groupe	Spadiciflores
Ordre	Palmales
Famille	Arecaceae (Palmaceae)
Sous-famille	Coryphoïdaea
Tribu	<i>phoeniceae</i>
Genre	<i>phoenix</i>
Espèce	<i>phoenix dactylifera</i> L

3. Morphologie du Palmier dattier *phoenix dactylifera*

C'est un grand palmier de 20 à 30 m de haut, au tronc cylindrique (le stipe), portant une couronne de feuilles, les feuilles sont pennées divisées et longues de 4 à 7 m. L'espèce est dioïque et porte des inflorescences mâles ou femelles, les fleurs femelles aux trois carpelles sont indépendantes, et une seule se développe pour former la datte (le fruit) Figure 01. (CHNITI, 2015)

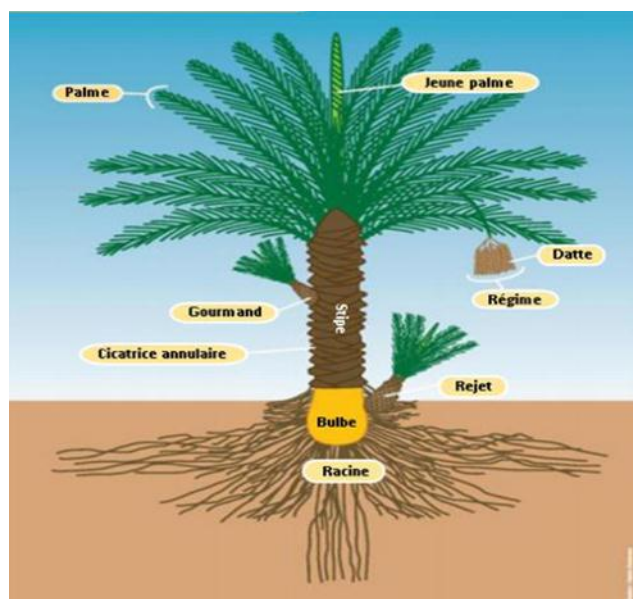


Figure 01 : Morphologie du palmier dattier (CIRAD, 2013).

4. Production des dattes dans le monde et l'Algérie

La production mondiale de dattes est d'environ 7 millions de tonnes par année et a plus que doublé depuis les années 1980. Cela place la datte au 5^{ème} rang des fruits les plus produits dans les régions arides et semi-arides. D'après la F.A.O, la production mondiale de dattes est estimée à 7.62 millions de tonnes en 2010. Les principaux pays producteurs de dattes les plus importants sont : l'Egypte, l'Iran, l'Arabie Saoudite, les Emirats arabes, l'Irak, le Pakistan, l'Algérie et le Soudan. Selon les données de la FAO, l'Algérie serait le quatrième producteur mondial de dattes. Du point de vue quantitatif, la production algérienne représente 7% de la production mondiale, mais du point de vue qualitatif, elle occupe le premier rang à la variété Deglet- Nour, la plus appréciée mondialement (Al-Farsi., 2011).

Dans l'Algérie les palmiers dattiers se rencontre dans plusieurs oasis répartis surtout le sud de pays où le climat est chaud et sec. Sa culture s'étant depuis la frontière marocaine (Ouest) jusqu'à la frontière tuniso-libyenne, et depuis l'Atlas saharien jusqu'à Reggane à l'Ouest, Tamanrasset au centre et Djanet à l'Est (HANNACHI et *al.*,1998). En l'Algérie, la palmeraie est constituée de plus de 11 millions de palmiers répartis à travers 09 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf (BUELGUEDJ, 2007). La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (Deglet-Nour) est très apprécié par les consommateurs (MA/DSAEE., 2001), 164.453 tonnes (33 %) des dattes sèches (Degla Beida et analogues) et 83.128 tonnes soit 17 % des dattes molles (Ghars et analogues). Près de 58.14% de la production nationale des dattes est réalisée par les deux wilayas suivantes : El-Oued (29.54%) et Biskra (28.6%) (ANONYME, 2002)

5. Datte de palmier de dattier «fruit»

5.1. Définition et description :

Les dattes, fruit du palmier dattiers constituent l'aliment de base pour les populations du désert (NOUI, 2016). Elle est une baie de forme allongée, oblongue ou arrondie, contenant une seule graine, communément appelée noya.

Elle est constituée de deux parties : Une partie non comestible de la datte, formée par la graine ou le noyau, ayant une consistance dure (CHNITI, 2017). Une partie comestible dite chair ou pulpe est constituée de :

- ✓ Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- ✓ Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et de couleur soutenue.
- ✓ Un endocarpe de teinte plus clair et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (BEN ABBES, 2011) (Figure 02).

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés. Sa couleur va du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambre, rouge, brunes plus ou moins foncées (NOUI, 2016).

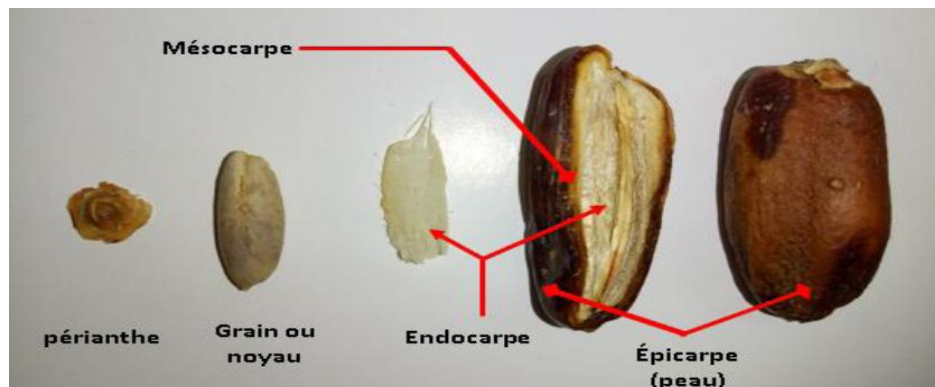


Figure 02 : Présentation morphologique des dattes. (BENMEHDI et MEBARKI, 2019)

5.2. Classification de dattes

La consistance constitue aussi une caractéristique du cultivar, et selon elle on peut classer les dattes en trois classes :

5.2.1. Dattes molles : à chair très aqueuse lorsqu'elles sont fraîches, qui nécessitent un traitement visant à la réduction de leur teneur en eau pour être de bonne conservation : Ghars algérienne, Bou Faggous (Maroc), Barhi, Khastawi (Irak), Ahmar (Mauritanie).

5.2.2. Dattes demi-molles : dont la teneur en eau de la chair est moins élevée que celle de la catégorie précédente, et qui restent de consistance molle : Deglet-Nour (Algérie), Mehjoul (Maroc), Zahdi, Hdraoui (Irak), Sekani (Mauritanie).

5.2.3. Dattes sèches : dont la pulpe est naturellement sèche : Degla-Beida, Mech Degla (Algérie et Tunisie) la conservation est très appréciable. (Munier., 1973).

5.3. Variétés des espèces du Palmier dattier

Il ya plusieurs espèces des dattes environ de 2700 espèces pour ce genre ; parmi l'equelle les trois variétés qui nous étaient étudiées (Ghars, Deglet- Nour et Mech -Degla).

5.3.1 Variété Ghars : C'est une variété commune (Ce variété est de moindre importance économique par rapport à Deglet- Nour si que les variétés communes les plus répandues sont : Ghars, Degla-Beïda et Mech-Degla (MUNIER,1973). Parmi leurs caractéristiques : pâteux et collant, leur date de maturation en Aout – Septembre (BELGUEDJ, 2001). C'est une Base d'alimentation au Sahara qui s'utilise en pâtisserie datte molle, couleur brun foncé, poids moyen 6 à 8 g et longueur 3.5 à 5 mm, diamètre 1.5 à 1.7 cm (TOUTAIN, 1979).

5.3.2. Variété Déklet-Nour : C'est une variété commerciale par excellence. C'est une datte demi-molle (MUNIER,1973). Elle est considérée comme étant la meilleure variété de datte, du fait de son aspect, de son onctuosité et sa saveur (BENZIOUCHE et CHERIET, 2012). Selon BELGUEDJ (2002), leur maturité (Aout-Septembre au Mzab, Metlili, El-Méniaa, Tidikelt et Tassili Octobre-Novembre ailleurs). Leur poids est variable jusqu'à 12 g; longueur 4 à 5 cm et diamètre 1.8 cm (TOUTAIN, 1979). La datte est d'une couleur brune ambrée avec un épicarpe lisse légèrement plissé et brillant, le mésocarpe présentant une texture fine légèrement fibreuse (MUNIER,1973).

5.3.3. Variété Mech-Degla : C'est une variété commune (MUNIER,1973), qui donne très bon rendement commerciale à des noyaux de datte sèche, couleur jaunâtre, longueur de 4 à 5 cm avec un diamètre de 1.5 à 1.7 cm. La récolte en Octobre - Novembre. Leur localisation en Oued R'hir, zibans et Souf (TOUTAIN, 1979).



Figure 03 : Photos des trois variétés de datte. (Sall et SOUALMI, 2013)

1 : Variété Ghars, 2 : Variété Déklet-Nour, 3 : Variété Mech-Degla

6. Composition de datte

6.1. Teneur en métabolites primaires

6.1.1. Teneur en lipide : Cette teneur est en fonction de la variété et du stade de maturation (NOUI, 2007). Leur taux varie entre 0,43 et 1,9 % du poids frais, qui se concentre dans l'épicarpe (OULAMARA, 2001).

6.1.2. Teneur en protéines et acide aminés : Les dattes sont caractérisées par une faible teneur en protéines. Elle varie entre 0.38 et 2.5% du poids sec (RAZI, 1993). La composition en acides aminés des protéines de la pulpe de datte révèle la présence de 6 à 8 acides aminés indispensables pour l'homme (MAKHLOUFI, 2010).

6.1.3. Teneur en sucre : La teneur en sucres totaux est très variable et dépend de la variété et du climat et des stades de maturation. Elle varie entre 60 et 80 % du poids de la pulpe fraîche en saccharose (dattes molles) et 17 à 80% pour les sucres réducteurs (Tableau :02) (SIBOUKEUR, 1997).

Tableau 02 : Teneur (%) en sucres de quelques variétés des dattes algériennes (BELGUEDJ, 2002).

Constituant par rapport à la matière sèche (%)	Datte molle (Ghars)	Datte demi-molle (Deglet-Nour)	Datte sèche (Mech-Degla)
Sucres totaux	85.28	71.37	80.07
Saccharose (Glucose et fructose)	80.68	22.81	20.00
Sucre réducteur	04.37	46.11	51.40

6.2.4. Teneur en métabolites secondaires (polyphénols) : La datte renferme des métabolites secondaires dit composés phénoliques. L'analyse qualitative des composés phénoliques de la datte a révélée la présence des acides cinnamiques, des flavones, des flavanones et des flavonols (MANSOURI *et al.*, 2005).

Les polyphénols jouent un rôle important dans le corps : ils ont des effets anti-inflammatoires, antioxydants, abaissent la tension artérielle et renforcent le système immunitaire...etc (HENK *et al.*, 2003).

6.3.5. Teneur en minéraux : La datte est l'un des fruits les plus riches en éléments minéraux essentiellement (Tableau 03): Potassium, Magnésium, Phosphore et Calcium (ACOURENE *et al.*, 1997).

Tableau 03 : Teneur en sels minéraux pour 100 g des dattes dénoyautées (SIBOUKEUR, 1997).

Elements ménéreaux	Teneur (mg)
Chlore	268-290
Calcium	58.3-67.8
Phosphore	54.8-63.8
Magnésium	50.3-58.5
Soufre	43.8-51.10
Sodium	4.1-4.8
Fer	1.3-2.0
Potassium	649-754

6.4.6. Teneur en fibre : La datte est riche en fibres (6.4 à 11.5%) du poids sec (AL-SHAHIB *et al.*, 2003). Les constituants pariétaux de la datte sont: pectine, cellulose, l'hémicellulose et lignine. Ce sont des agents qui interviennent dans la modification de la fermeté de la datte (BENCHABANE, 1995).

6.4.7. Teneur en eau : La teneur en eau pour les dattes est variée entre 13 à 26% selon la variété (Tableau 04).

Tableau 04 : Teneur en eau de quelques variétés des dattes algériennes (BELGUEDJ *et al.*, 2008).

Catégories	Consistance	Teneur en eau %
Deglet-Nour	Demi-molle	22.60
Mech-Degla	Sèche	13.70
Ghars	Molle	25.40

7. Noyau de dattes

7.1. Morphologie du noyau de datte

Les noyaux de palmier dattier sont des déchets des dattes qu'ils représentent 6 à 15% de poids totale selon la variété et la qualité de datte (BARREVERLD, 1993 ; JASSIM et NAJI, 2007). Morphologiquement ; le diamètre, la longueur et le poids de noix de datte sont variés entre les arbres selon le type de pollen utilisé. Le noyau est entouré par une endocarpe parcheminé, il est de forme allongé plus moins volumineux lisse ou pourvu protubérances latérales en arêtes ou ailettes avec une sillone ventrale. L'embryon est très petit (coté dorsale) dur et corné (DAMMAK *et al.*, 2007), ces caractéristiques morphologiques sont déterminés dans la figure 04.

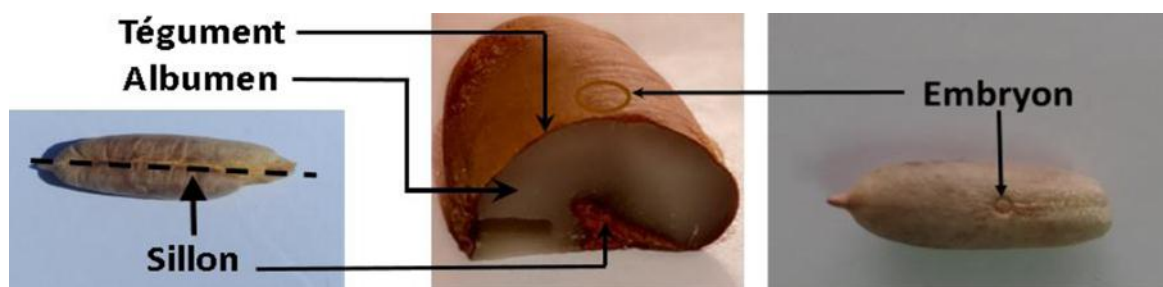


Figure 4 : Noyau de dattes du palmier dattier. (BENMEHDI et MEBARKI, 2019)

7.2. Composition chimique du noyau de datte

7.2.1. Composition en matière protéique : Il existe des protéines dans les noyaux de dattes, mais elles sont variables selon la région et les différents cultivars. Plusieurs études ont montré des teneurs allant de 2 à 7 % (LECHEB, 2010; AL FARSI et *al.*, 2007; RAHMAN et *al.*, 2007; DJERBI, 1994).

7.2.2. Composition en matière grasse : Selon BOUDECHICHE et *al.*, (2009), les noyaux des dattes sont très riches en matière grasse, et contiennent des acides gras saturés et insaturés, à une très grande diversité. Leur teneur varie entre 5 et 12%.

7.2.3. Teneur en sucres : Les noyaux des dattes comportent des sucres réducteurs et non réducteurs. Des nombreuses études ont mis en valeur le contenu glucidique des coproduits des dattes (LECHEB., 2009). Cependant, les fractions de ces composants sont peu documentées. Seuls deux travaux réalisés par ISHURD et *al.*, (2001) et ISHURD et *al.*, (2003) ont mis en évidence la présence d'un galactomannane hydro-soluble et un hétéroxylane alcali-soluble dans les noyaux des dattes (BOUDECHICHE et *al.*, 2009).

7.2.4. Teneur en Cendres : La teneur en cendres dans les noyaux des dattes est faible, elle varie entre 0,89 et 1.16 % de la matière sèche (MUNIER., 1973; BESBES et *al.*, 2004; AL FARSI et *al.*, LECHAB.,2010; RAHMAN et *al.*, 2007).

7.2.5. Contenu minéral : Pour la matière minérale, la plupart des cultivars sont pauvres, et porte des petites quantités entre 1,28% et 3,17% (BOUDECHICHE et *al.*, 2009), mais les résultats des analyses de CHAIRA (2007) et BESBES et *al.*, (2004) au variété Deglet-Nour pour les différents minéraux donné une diversité comme : Na ,Fe, P ,Zn ,Ca, Mg...etc.

7.2.6. Teneur en fibres : Selon les résultats des analyses d'AL FRASI et *al.*, (2007), Le contenu des noyaux en fibres est plus important que celui des autres parties du fruit.

7.2.7. Teneur en polyphénols : Les polyphénols sont les métabolites secondaires majeures dans les noyaux des dattes. LECHEB (2008) signale 22,89% de polyphénols dans les noyaux de la variété Mech-deglat. De même, ARDADHANI (2010) a étudié 14 variétés iraniennes et a montré des teneurs allant de 4.34 % jusqu'à 33,97%. De plus, AL FARSI (2007) a étudié les polyphénols de la variété

omanienne Mebseeli et a montré la présence de différents types d'acides phénoliques à savoir l'acide gallique l'acide caféique l'acide vanillique ...etc.

7.3. Utilisations des noyaux de dattes

7.3.1. Industrielle : D'après ADDOUN *et al.*, (1986), la fabrication de charbon actif : le précurseur de charbon actif est d'origine botanique. Le noyau de datte est capable de produire le charbon actif q'il est étulisé pour le but de : purification des gaz et taiter d'eau polluè (ALHAMED, 2009 ; BOUCHELTA *et al.*, 2008). En plus ; il est utilisé pour la préparation pharmacologique et éliminer le Chrome (Cr) toxique des différentes solutions (ELNEMER *et al.*, 2007). Actuellemet, les noyaux de déffirents variétés des dattes sont étulisées pour l'alimentation bétail (bovin, mouton, chameaux et les vollailes). Aussi ils sont utilisés pour alimentation des poisons et des animaux laitiers (OSMAN *et al.*, 1999).

7.3.2. Traditionelle : Utilisation du noix de datte traditionnellement touche plusieurs domaines. Dans la fabrication de pain avec un taux de 10%, le poudre du noyau de datte peut remplacer les autres sources de fibres non céréalières comme le blé par exemple surtout dans les pays dont les conditions climatiques ne permettent pas de cultiver ce type de céréales et dont la production de datte est importante (ALMANA *et MAHMOUD*, 1994). Depuis longtemps ; chez les arabes qui font une mélange de poudre de café avec le poudre de noyau de datte comme boisson chaude. En plus ; on étulise le noyau de dattes torrifiéé comme boisson traditionnelle décaféinée (ALTURKI, 2008 ; RAHMAN *et al.*, 2007).

7.3.3. Pharmacologique : Les extraits des noyaux des dattes ont l'aptitude de reconstituer les fonctions normales du foie empoisonnés. Ils sont utilisés pour la protection contre l'hyapatotoxicité. Ils possèdent une action sur l'augmentation du taux de l'oestrogène et testosterone dans le plasma (JASSIM *et NAJI*, 2007 ; AL-QARAWI *et al.*, 2005).

7.3.4. Cosmétologique : Selon BOUZA *et al.*, (2002) cité par CHAIRA *et al.*, 2007 l'extrait du noyau de datte abaisserait clairement et rapidement les rides du visage.

7.3.5. Thérapeutique : L'utilisation du noyau ou des grains de différents fruits et légumes est connue depuis l'antiquité comme un complément alternatif dans la médecine. Les noyaux et pépins généralement possèdent des actions bénéfiques contre le stress et les symptômes secondaires. Ils ont souligné l'exemple de la poudre des noyaux d'abricots employée par les mexicains comme un remède traditionnel dans le traitement du cancer ce qui est connu aussi en Russie dès 1845. D'autre études montrent qu'une faible concentration d'un extrait acétonique (100–1000 µg/ml) du noyau de datte (variété Abu Dhabi) est capable d'inhiber les états infectieux (JASSIM *et NAJI*, 2007).

1. Généralités

Le stress oxydatif est définie comme étant le déséquilibre entre la génération des radicaux libres et la capacité du corps à neutraliser et réparer les dommages oxydatifs (Boyd *et al.*, 2003). Les radicaux libres sont des espèces chimiques (atomes ou molécules) qui possèdent un ou plusieurs électrons célibataires (électron non apparié) sur leur couche externe et capables d'existence indépendante (HALLIWELL, 1989). Ils peuvent être dérivés de l'oxygène (Espèces Réactives de l'Oxygène ERO) ou d'autres atomes comme l'azote (espèces réactives d'azote ERA). La présence d'un électron célibataire confère aux radicaux libres une grande réactivité (demi-vie courte) et ils peuvent être aussi bien des espèces oxydantes que réductrices (DELATTRE *et al.*, 2005).

1.1. Espèces réactives de l'oxygène (*Reactive Oxygen Species* ou ROS)

On distingue deux grands groupes de molécules réactives impliquées dans le stress oxydant : les espèces radicalaires et les espèces non-radicalaires. La réactivité varie d'un radical à un autre et dépend de l'environnement où ils se trouvent. Leurs constantes de vitesse réactionnelle sont très élevées de l'ordre de 10^5 à 10^{10} mol⁻¹.L.s⁻¹ (DELATTRE *et al.*, 2005).

1.1.1. ERO radicalaires : L'anion radical superoxyde (O₂^{•-}) est le résultat de l'apport d'un électron supplémentaire à la structure initiale de l'oxygène (Figure : 5). Malgré une réactivité moyenne, ce radical a quelques cibles privilégiées telles que le cytochrome c (Fe³⁺), l'ascorbate et surtout la superoxyde dismutase. Plus réactif que le précédent, le radical perhydroxyle HO^{2•} est obtenu après protonation de ce dernier à pH inférieur à 4,8. La réduction mono électronique du H₂O₂ donne naissance au radical HO[•] et à l'anion basique non radicalaire OH⁻ en présence d'un catalyseur, le Fe²⁺ (réaction de Fenton : H₂O₂ + Fe²⁺ → HO[•] + Fe³⁺ OH⁻). Cette espèce chimique particulièrement réactive joue un rôle majeur dans la peroxydation lipidique et la destruction du matériel génétique (HENNEBELLE, 2006).

Le radical peroxyde RO^{2•} est un radical secondaire issu de l'addition de l'oxygène sur les radicaux centrés sur le radical R[•]. Sa réactivité se situe entre l'anion radical superoxyde et le radical hydroxyle. Le radical secondaire alkoxydes RO[•] est produit suite à la décomposition de l'hydroperoxyde RO₂H, issu de l'oxydation du substrat RH (DROGE, 2016).

1.1.2. ERO non radicalaires : L'oxygène singulet ¹O₂, qui est la forme diamagnétique de l'oxygène, est produit en présence de rayonnement UV ou par les leucocytes. Bien qu'il ne soit pas un radical, il joue un rôle dans le vieillissement cutané et certaines maladies liées à l'âge (CHOE et MIN, 2005). Le H₂O₂ peroxyde d'hydrogène est également toxique, en particulier à cause de sa transformation en radical hydroxyle en présence de cations métalliques Fe²⁺ et Cu⁺, lors de réactions de type « Fenton » (WARDMAN et CANDEIAS, 1996). La myéloperoxydase convertit le peroxyde d'hydrogène en acide hypochlorique (HOCl) à des concentrations physiologiques. Ce dernier peut réagir avec les fonctions amines des protéines pour former des chloramines (MARTINEZ, 2004).

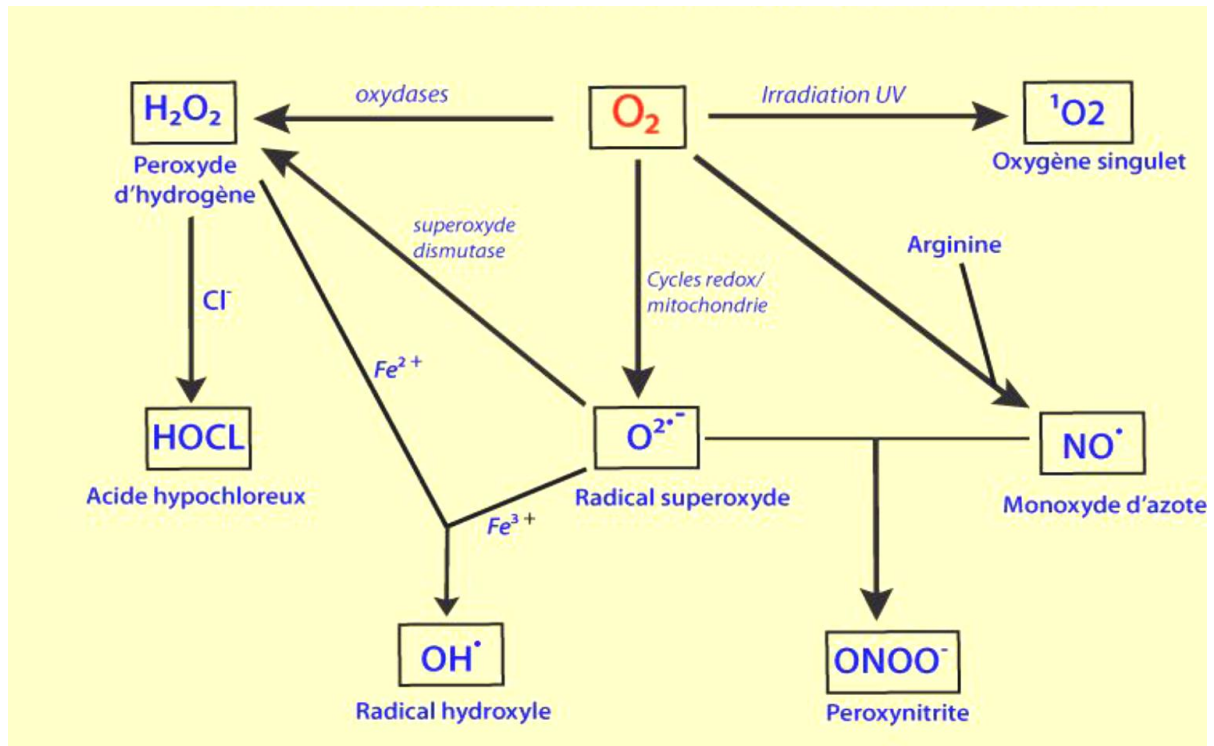


Figure 5 : Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène (FAVIER, 2003).

1.2. Espèces azotées réactives

1.2.1. Espèces azotées radicalaires : Le monoxyde d'azote (NO•) a pris une place considérable en biologie. Malgré son rôle protecteur vis-à-vis du stress oxydant en limitant la lipoperoxydation et ses effets anti-inflammatoires, il est paradoxalement impliqué dans de nombreuses pathologies telles que le diabète, l'athérosclérose, le cancer et les lésions neuronales dégénératives.

1.2.2. Espèces azotées non radicalaires : Caractérisé par sa grande faculté de diffusion dans les membranes cellulaires et sa réactivité moyenne (de l'ordre de quelques secondes *in vivo*), le monoxyde d'azote radicalaire peut aisément réagir avec la plupart des espèces oxygénées et se transformer en dioxyde d'azote (NO₂) lequel peut donner du trioxyde d'azote (N₂O₃) pour enfin aboutir à un ion nitrate stable (NO₂⁻). De plus, le monoxyde d'azote forme avec l'ion superoxyde le peroxynitrite (ONOO⁻) moins réactif que son précurseur azoté, mais responsable de l'oxydation de nombreuses biomolécules (protéines, lipides et acides nucléiques), (DROGE,2016) .

2. Production de radicaux libres

2.1. Production intra-cellulaire

La production des EOR dans les cellules mammifères découle de plusieurs sources possibles (Figure 06) mais est essentiellement d'origine enzymatique. Il s'agit principalement de la NAD(P)H oxydase membranaire et du complexe enzymatique mitochondrial de la chaîne respiratoire. (Mazat et Ransac.,2010).

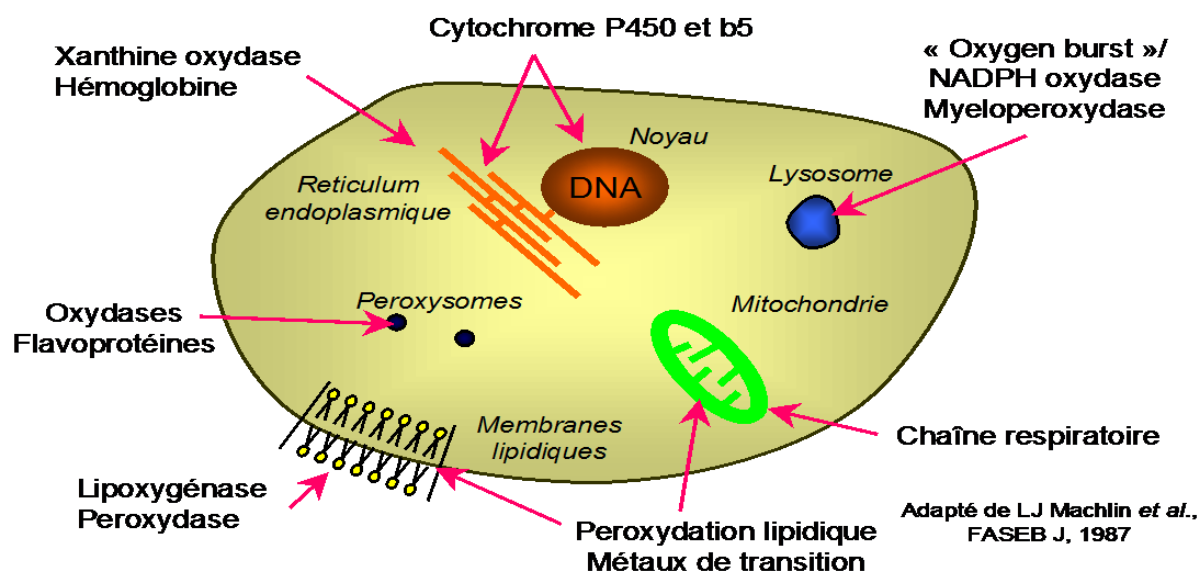
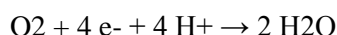


Figure 06 : Sites de production intracellulaire des ERO (Moure *et al.*, 2001).

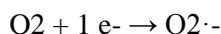
La NAD(P)H oxydase est une enzyme membranaire qui catalyse la réduction de l'oxygène selon :



Les cytochromes P450, accepteurs terminaux d'électrons du complexe (IV) de la chaîne de transport des électrons, situés dans la membrane mitochondriale, catalysent la réaction :



Cette chaîne de transport laisse fuir une certaine proportion d'électrons, environ 2 %, qui vont réduire partiellement l'oxygène pour aboutir à la formation du radical superoxyde :



Compte tenu de l'intense activité de la chaîne respiratoire dans les organismes aérobies, cette fuite d'électrons semble devancer les activités de la NAD(P)H. De plus, dans les mitochondries, l'oxydation de coenzymes, telles que les flavoprotéines réduites, s'accompagne d'une perte de protons et d'électrons qui, par l'intermédiaire de la chaîne de transport, sont ensuite transférés à l'O₂. La chaîne de transport des électrons est composée de nombreuses espèces moléculaires et ioniques (les flavoprotéines, plusieurs cytochromes etc...). D'autres sources peuvent également jouer un rôle dans la production de radicaux comme la xanthine oxydase qui réduit l'oxygène moléculaire en ion superoxyde, les peroxysomes qui possèdent plusieurs enzymes sources de peroxyde d'hydrogène et les

lipo-oxygénases, enzymes de la voie de l'acide arachidonique qui permettent notamment la synthèse des prostaglandines, oxydent les acides gras pour donner des hydroperoxydes d'acide gras insaturés (DELATTRE *et al.*, 2005).

Par ailleurs, au cours de la défense antibactérienne, les cellules phagocytaires activées par une réaction inflammatoire vont produire un grand nombre d'ERO. De plus, il y a production massive d'anion superoxyde par le mécanisme leucocytaire. C'est la flambée respiratoire. Les NO synthases, à l'origine du radical NO•, peuvent, sous certaines conditions, produire également des anions superoxydes (DELATTRE *et al.*, 2005; VALKO *et al.*, 2006).

2.2. Production extra-cellulaire

L'environnement et le mode de vie sont également responsables de la création et de l'accumulation de radicaux libres dans l'organisme. Ces facteurs environnementaux incluant des agents cancérigènes non-génotoxiques peuvent directement, ou indirectement, être impliqués dans la génération de radicaux libres (Xénobiotiques, Activation des leucocytes...). Les rayonnements UV induisent la synthèse de O₂•-, OH•, 1O₂ et d'H₂O₂ l'intermédiaire d'agents photosensibilisants (MARTINEZ, 2004).

L'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) présents dans notre mode de vie (Tabagisme, Radiations ionisantes, Champs électriques, Polluants industriels...), ainsi qu'une alimentation « chimiquée » (Raffinée, Riche en graisses saturées et en sucre, Consommation d'alcool...), sont autant d'éléments favorisant la genèse de radicaux libres (MENA *et al.*, 2009).

3. Effet de stress oxydant

L'attaque des radicaux libres au sein des doubles liaisons lipidiques membranaires, induit des processus de peroxydations en cascade aboutissant à la désorganisation complète de la membrane, altérant de ce fait ses fonctions d'échange, de barrière et d'information. La toxicité des EOR s'exerce également sur les protéines. Les EOR sont en effet capables de réagir avec différents acides aminés des chaînes de protéines, altérant également leur fonction. Les plus sensibles à leur action sont le tryptophane, la tyrosine, l'histidine, la cystéine et la méthionine. Les EOR sont aussi capables de couper des liaisons peptidiques et de former ainsi des fragments protéiques. L'ADN, qu'il soit nucléaire ou mitochondrial, est également une cible majeure des EOR. Ceux-ci peuvent en effet interagir avec les désoxyriboses de l'ADN, mais aussi avec ses bases puriques et pyrimidiques. Ces altérations structurales lorsqu'elles ne sont « réparées » entraînent à long terme des altérations géniques (KOECHLIN-RAMONATXO, 2006).

Les conséquences biologiques du stress oxydant seront extrêmement variables selon la dose et le type cellulaire. De légers stress augmenteront la prolifération cellulaire et l'expression de protéines d'adhésion, des stress moyens faciliteront l'apoptose, alors que de forts stress provoqueront une nécrose et des stress violents désorganiseront la membrane cellulaire, entraînant des lyses immédiates. De nombreuses autres anomalies biologiques sont induites par le stress oxydant : mutation,

carcinogénèse, malformation des foetus, dépôt de protéines anormales, fibrose, formation d'auto-anticorps, dépôt de lipides oxydés, immunosuppressions (FAVIER, 2003).

4. Maladies liées au stress oxydant

La plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge, car le vieillissement diminue les défenses anti-oxydantes et augmente la production mitochondriale de radicaux (Figure 7). En faisant apparaître des molécules biologiques anormales et en sur-exprimant certains gènes, le stress oxydant sera la principale cause initiale de plusieurs maladies : Cancer, Cataracte, Sclérose latérale Amyotrophique, Syndrome de détresse respiratoire aigu, Oedème pulmonaire et Vieillissement accéléré. Le stress oxydant est aussi un des facteurs potentialisant l'apparition de maladies plurifactorielles tel que le diabète, la maladie d'Alzheimer, Rhumatismes et les maladies Cardiovasculaires (FAVIER, 2003).

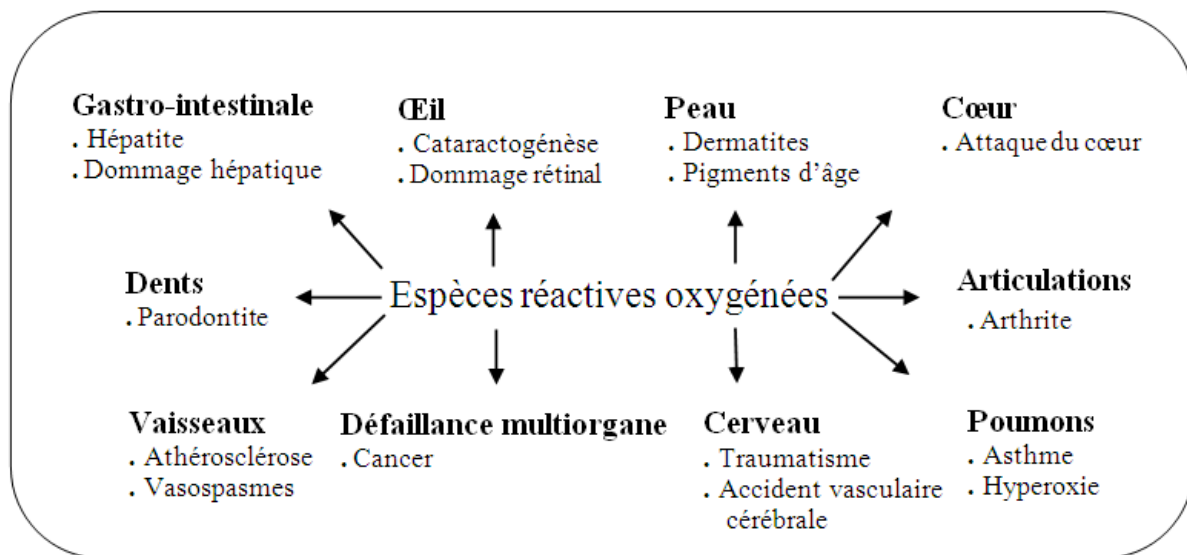


Figure 07 : Pathologie associées aux espèces réactives oxygénées (LEE *et al.*, 2004).

5. Antioxydants

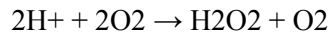
Les antioxydants sont l'ensemble des molécules susceptibles d'inhiber directement la production, de limiter la propagation ou de détruire les espèces réactives de l'oxygène. Ils peuvent agir en réduisant ou en dismutant ces espèces, en les piégeant pour former un composé stable, en séquestrant le fer libre ou en générant du glutathion (FAVIER, 2003).

5.1. Classification des antioxydants

5.1. Antioxydants endogènes enzymatiques

5.1.1. Superoxyde Dismutase (SOD) : Les superoxydes dismutases ou SOD sont des antioxydants enzymatiques ubiquitaires. Ces métalloprotéines représentent l'une des premières lignes de défense contre le stress oxydant en assurant l'élimination de l'anion superoxyde $O_2^{\bullet-}$ par une réaction de

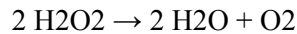
dismutation en le transformant en peroxyde d'hydrogène et en oxygène moléculaire selon la réaction suivant (HALENG *et al.*, 2007) :



Elles sont présentes dans la majorité des organismes vivants et chez les eucaryotes. Il existe plusieurs superoxydes dismutases (SOD) qui diffèrent par leur cofacteur (Manganèse, Cuivre ou Zinc), leur structure et leur localisation cellulaire (REDLER *et al.*, 2012 ; BEHREND *et al.*, 2003).

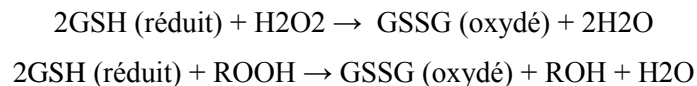
5.1.2. Catalase (CAT) : La catalase est une enzyme responsable de la détoxification du peroxyde, d'hydrogène produit dans les condition physiologiques (NIKI *et al.*, 2007). Elle est localisée principalement dans les peroxysomes, mais aussi dans les mitochondries et le cytoplasme (pour les cellules qui ne possèdent cette organelle ex ; érythrocytes) (LINDAU et SHAFFER, 1993).

La réaction catalysée par cette enzyme est une dismutation du peroxyde d'hydrogène :



La Catalase est formée de quatre sous-unités, chaque sous-unité comporte un groupement ferriprotoporphyrine dans son site actif avec un atome de Fer à l'état Fe³⁺ et une molécule de NADPH. La fixation du NADPH par la catalase lui confère une protection contre l'attaque de l'H₂O₂ (DELATTRE *et al.*, 2005).

5.1.3. Glutathion peroxydase : Une enzyme à cofacteur de sélénium se localise dans le cytosol et la matrice mitochondriale. Elle a pour activité la dégradation des peroxydes organiques (ROOH) et du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (VALKO *et al.*, 2006).



5.2. Antioxydants endogènes non enzymatiques

5.2.1. Glutathion : Le glutathion est un tripeptide (γ -glutamyl-cystéinyglycine) ubiquitaire produit dans différents tissus où il est présent à des concentrations de l'ordre de 1 à 10 mM chez les mammifères . Il est présent dans de nombreux compartiments intracellulaires (cytosol, noyau, mitochondries) soit sous sa forme réduite (GSH) à une concentration intracellulaire de 0,1 à 1 mM, soit sous sa forme oxydée (GSSG) à des concentrations dix fois moins importantes. Un rapport GSH/GSSG élevé est essentiel pour assurer une protection contre le stress oxydant (VALKO *et al.* 2006).

5.2.2. Acide urique : Le tissu humain ne possède pas l'enzyme nécessaire à la dégradation de l'acide urique en allantoiné, c'est-à-dire l'urate oxydase : en conséquence, l'acide urique s'accumule comme produit final de catabolisme des purines, et est présent en quantité importante dans le plasma humain avant d'être éliminé par voie rénale. La perte de cette enzyme au cours de l'évolution pourrait avoir des effets bénéfiques puis qu'il a été démontré que l'acide urique possédait des propriétés

antioxydantes (LACOLLEY *et al.*, 2007). A un pH physiologique l'acide urique est majoritairement ionisé sous forme d'urate, un piègeur puissant de radicaux (OH•, ROO•, NOO•...) (HALENG *et al.*, 2007). L'acide urique, présent sous forme urate à pH physiologique, possède des propriétés antioxydantes contre les HO• et RO2•, tout comme la bilirubine, les mélanines et la mélatonine (DELATTRE *et al.*, 2005).

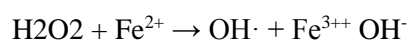
5.2.3. Bilirubine : La bilirubine est un produit terminal de la dégradation de l'hème et résulte essentiellement du catabolisme de l'hémoglobine par les cellules réticuloendothéliales. Ce composé liposoluble est capable de piéger les radicaux peroxyde, l'oxygène singulet et le radical hydroxyle, protégeant ainsi l'albumine et les acides gras liés à l'albumine des attaques radicalaires (Algeciras-Schimmich *et al.*, 2007). La bilirubine est oxydée par certaines espèces recyclée par la biliverdine réductase (HALLIWELL et GUTTERIDGE, 2007).

5.2.4. Acide lipoïque : C'est un antioxydant puissant qui peut régénérer d'autres antioxydants tels que les vitamines C et E (DAVID, 2015). Il est capable de piéger le HO•, ROO•, HOCl• et 1O2 (Packer *et al.*, 2001), de chélate les métaux lourds, réduit la glycation et interviendrait dans la réparation de l'ADN. Il existe sous forme oxydée et sous forme réduite. Produit en petite quantité par le foie, il se trouve également dans certains aliments (la levure, la viande de boeuf, l'épinard, le brocoli...) (MEDART., 2009).

5.2.5. Coenzyme Q : Le coenzyme Q est un composé hydrophobe qui se situe dans les membranes cellulaires. Il appartient à la chaîne de respiration mitochondriale et permet le transport d'électrons des complexes I et II vers le complexe III. Il est également présent dans les lipoprotéines où il a un effet anti-oxydant : il inhibe la peroxydation lipidique en piégeant les radicaux peroxydes. Son effet anti-oxydant s'exerce aussi au niveau de l'ADN et des protéines, étant donné que le coenzyme Q est le seul antioxydant liposoluble endogène (BENTINGER *et al.*, 2010).

5.3. Les antioxydants exogènes

5.3.1. Vitamine C : La vitamine C ou acide ascorbique est hydrosoluble et considérée comme étant l'antioxydant naturel le plus puissant. Les aliments ayant la plus grande teneur en vitamine C sont les agrumes, les kiwis et les légumes (brocolis, chou-fleur). Présente sous sa forme ascorbate, elle piège les radicaux peroxydes en phase aqueuse avant qu'ils initient la réaction de peroxydation lipidique protégeant ainsi les membranes et les lipoprotéines. La vitamine C peut avoir un effet pro-oxydant et ainsi se lier avec des ions métalliques, dont Fe³⁺ pour le réduire en Fe²⁺ qui pourra ensuite catalyser différentes réactions dont celle de Fenton (GULCIN, 2012) :



5.3.2. Vitamine E : La vitamine E est le terme générique utilisé habituellement pour désigner les différents tocophérols et tocotriénols (ensemble de 8 molécules dont 4 tocophérols et 4 tocotriénols).

Ce sont de bons antioxydants alimentaires. Elles préviennent l'apparition d'hydroperoxydes en piégeant les radicaux $\text{LOO}\cdot$ (PACKER, 2015). De plus, il faut noter que la vitamine C associée à la vitamine E régénère la forme réduite de l' α -tocophérol par une réaction de transfert d'hydrogène.

5.3.3. β carotène : Le β carotène appartient à la grande famille des caroténoïdes, constituée de plus de 600 pigments identifiés dans de nombreux fruits et légumes, qui possèdent des propriétés antioxydantes. Le β -carotène est notamment capable de piéger les radicaux hydroxyles $\text{HO}\cdot$ et peroxydes $\text{ROO}\cdot$ et ainsi d'inhiber les chaînes de peroxydations lipidiques, il neutralise également l'oxygène singulet $^1\text{O}_2$. En outre le β -carotène, tout comme l' α -carotène et β -cryptoxanthine, sont des caroténoïdes précurseurs de la vitamine A (ou rétinol) chez l'homme, de sorte que le β -carotène est une provitamine A (BEAUDEUX et GENEVIEVE, 2011).

5.3.4. Polyphénol : Les composés phénoliques, et en particulier les flavonoïdes, sont des métabolites secondaires des plantes caractérisés par une structure commune de type 2-phénylbenzopyrane. Leur capacité antioxydante réside dans leur faculté à « terminer » les chaînes radicalaires par des mécanismes de transfert d'électrons et de protons, et à chélater les ions des métaux de transition capables de catalyser la peroxydation lipidique (LEOPOLDINI *et al.*, 2011).

5.3.5. Oligoéléments : Les oligoéléments ou les éléments-trace (zinc, sélénium, cuivre, manganèse) constituent des cofacteurs nécessaires aux activités des enzymes antioxydantes (figure 8). D'autres constituants de l'alimentation, comme les vitamines du groupe B, le chrome ou le magnésium agissent comme des antioxydants indirects via la régulation de l'homocystéinémie (vitamines du groupe B), l'amélioration de la sensibilité à l'insuline (chrome) ou la lutte contre l'inflammation (magnésium). La synthèse du glutathion, un des antioxydants le plus important de l'organisme, dépend fortement de l'apport nutritionnel en acides aminés tels que la méthionine (ROUSSEL, 2009).

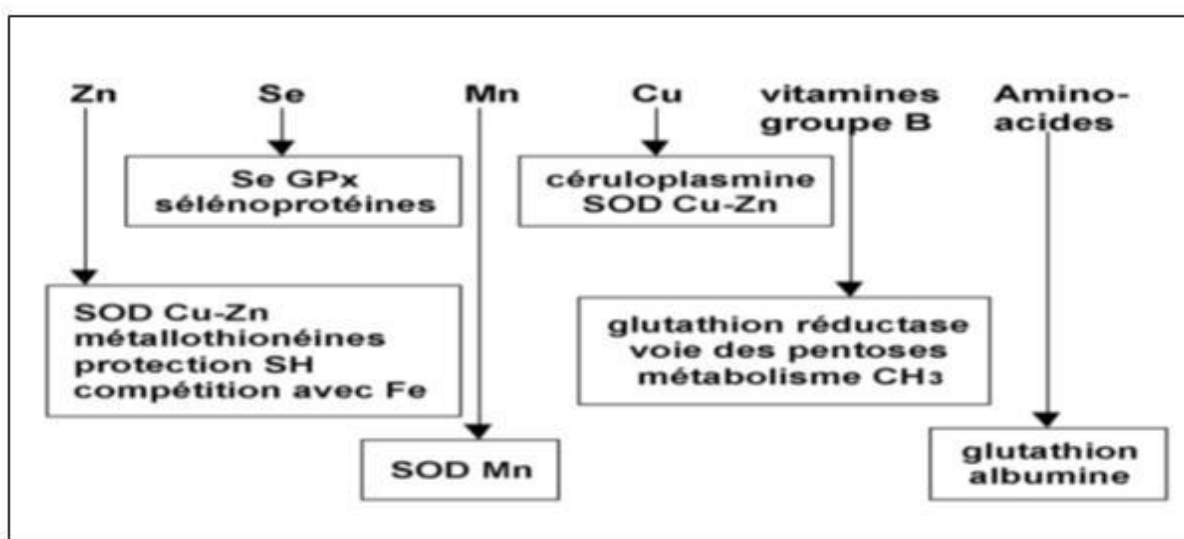


Figure 08 : Oligoéléments nécessaires aux activités des enzymes antioxydantes (ROUSSEL, 2009).

5.3.6. Sélénium : Sélénium est un élément minéral essentiel contenu à l'état de traces dans l'organisme. Il se présente sous diverses formes chimiques dans l'alimentation. Il est activement métabolisé puis incorporé de manière originale (ROBERFROID *et al.*, 2008). Le sélénium agit comme un cofacteur enzymatique de la glutathion peroxydase. Dans l'alimentation le sélénium organique se trouve essentiellement lié à un acide aminé, la cystéine. Le sélénium organique est mieux absorbé, il subit une métabolisation hépatique qui conduit à des intermédiaires nécessaires à la synthèse de dérivés physiologiquement actifs comme la GPx. Les aliments riches en sélénium sont notamment, les noix de Brésil, les brocolis, l'ail...etc (HALENG *et al.*, 2007).

5.4. Antioxydants synthétiques

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tel que le butylhydroxyanisole (BHA), butylhydroxytoluène (BHT) gallate propylée (PG) et le tétrabutylhydroquinone (TBHQ) (figure 9), sont largement utilisés parce qu'ils sont efficaces et moins chers que les antioxydants naturels. Cependant, leur sécurité est très discutée car ils génèrent un besoin de recherche comme matière de substitution des sources naturelles comme antioxydants de la nourriture (LISU *et al.*, 2003).

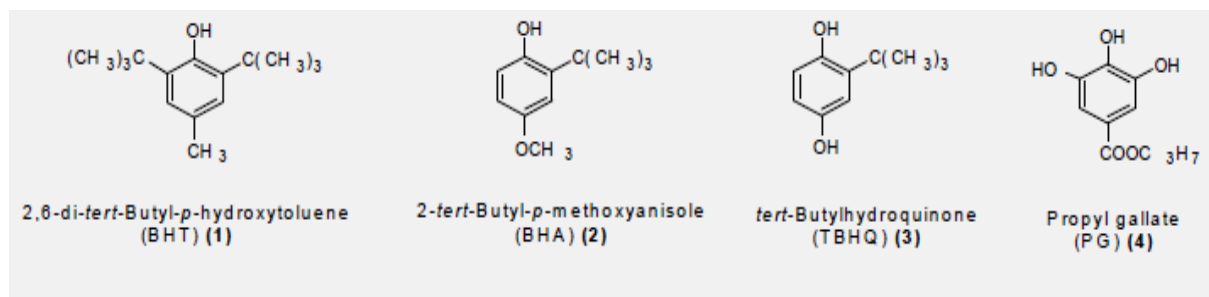


Figure 09 : Structures chimiques de quelques antioxydants synthétiques (BISSATI, 2014)

6. Evaluation de l'activité antioxydant et antiradicalaire

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la détermination de l'activité antioxydante, nommées d'après le nom de la substance utilisée comme source de radicaux libres, par exemple : FRAP (Ferric reducing antioxidant power), ORAC (oxygen radical absorbance capacity), TEAC (Trolox équivalent antioxidant capacity) ou ABTS (2,2-azinobis 3 ethylbenzothiazoline 6-sulphonate) et DPPH+ (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) etc. Il est à indiquer que différentes méthodes donnent des résultats assez différents et devraient être appliquées préférentiellement pour la comparaison de produits similaires (GEORGIEVA *et al.*, 2010).

6.1. Piégeage du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂ scavenging activity)

Une des méthodes les plus communes pour évaluer la capacité du piégeage du peroxyde d'hydrogène est basée sur l'absorption de cette molécule dans le domaine de l'UV. Comme la concentration de H₂O₂ diminue par les composés piègeurs, l'absorbance de ce dernier à 230 nm diminue également. Néanmoins il est tout à fait normal que les échantillons absorbent également à cette longueur d'onde, exigeant ainsi l'exécution d'une mesure blanche (MALGALHAES *et al.*, 2008).

6.2. Piégeage du radical superoxyde ($O_2^{\bullet -}$)

Cet essai évalue la capacité d'un produit à capter un radical libre, l'anion superoxyde $O_2^{\bullet -}$ ce radical est généré in vitro par le système hypoxanthine / xanthine oxydase. Dans cette méthode, le radical réduit le NBT $^{2+}$ (Nitro-Blue Tétrazolium) de couleur jaune, en bleu de formazan de couleur pourpre qui absorbe à 560 nm. Ainsi un composé antioxydant capable de capter l'anion superoxyde empêchera la formation du bleu de formazan et la solution restera jaune. Les absorbances obtenues permettent de calculer un pourcentage d'inhibition de la réduction du NBT $^{2+}$ par rapport à un témoin constitué du milieu réactionnel dépourvu de composé antioxydant. On peut ensuite tracer une courbe représentant le logarithme du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de composé testé, et déterminer la IC $_{50}$ (concentration inhibant 50% de l'activité) du composé (PAREJO *et al.*, 2002).

6.3. Piégeage du radical hydroxyle (HO^{\bullet})

La capacité des substances à piéger le radical hydroxyle est souvent évaluée par le pourcentage d'inhibition de la réaction du radical OH^{\bullet} avec une molécule détectrice. (CLEMENT et ARMSTRONG, 1972). Les molécules détectrices utilisées dans la littérature, sont nombreuses. On peut citer le désoxyribose (HALLIWELL *et al.*, 1987), la dopamine (SLIVKA et COHEN, 1985), la thymine (HICKS et GEBICK, 1986), la 4- nitrosodiméthylaniline (KRALJIC et YRUMBORE, 1965), etc... Le radical hydroxyle est produit par réaction entre le fer ($Fe^{2+}/EDTA$) et le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en présence d'acide ascorbique. Le désoxyribose, par action du radical hydroxyle, va être dégradé en malon-dialdéhyde (MDA) (CHEESEMAN *et al.*, 1988) dont l'apparition est suivie par réaction avec l'acide thiobarbiturique (TBA). Le produit ainsi formé est détectable par une mesure d'absorbance à 532 nm. La capture du radical (HO^{\bullet}) par la substance à étudier, se fait par compétition avec le désoxyribose. Ainsi une diminution de la quantité du chromogène formé est observée se traduisant par une diminution de l'absorbance (READ et RANDAT, 1988).

6.4. Piégeage du radical peroxyde (ROO^{\bullet}) par la méthode de TRAP et ORAC

La mesure de l'activité antiradicalaire par ORAC (Oxygen-Radical Absorbance Capacity) développée par CAO *et al.*, (1993) est une méthode simple et reproductible permettant d'évaluer la capacité antioxydante de différentes molécules. La β -PE (β Phycoérythrine) est une protéine fluorescente extrêmement sensible au stress oxydatif. En présence d'AAPH [(2,2'-azobis (2-amidinopropane) dichloride], qui est un donneur du radical peroxy, la structure tétramérique de la β -PE est modifiée, elle se dimérise. Cette dimérisation dépendante de la concentration en radicaux peroxydes du milieu réactionnel. Et peut être suivie en mesurant la décroissance de la fluorescence de la β -PE en fonction du temps. Cette cinétique de décroissance de la fluorescence, est directement reliée à la concentration de radicaux libres présents dans le volume réactionnel. Dans le test TRAP (Total Radical Trapping Antioxidant Potential), l'AAPH est solubilisé en milieu aqueux avec l'antioxydant et un indicateur qui devient luminescent lorsqu'il est oxydé à 37°C, comme le luminol. La capacité des antioxydants à

bloquer l'oxydation de l'indicateur est comparée à celle du Trolox (témoin) (SCHLESIER *et al.*, 2002).

6.5. Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH•)

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) (Figure 10) fut l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier la relation structure activité antioxydant des composés phénoliques (BLOIS, 1958 ; BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995). La réduction du radical DPPH par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie UV visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517nm provoquée par la présence des extraits phénoliques. Le DPPH est initialement violet, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie. Cette décoloration est représentative de la capacité des composés phénoliques à piéger ces radicaux libres indépendamment de toutes activités enzymatiques. Ce test permet alors d'obtenir des informations sur le pouvoir antiradicalaire direct de différentes substances phénoliques des extraits (MOLYNEUXS, 2004).

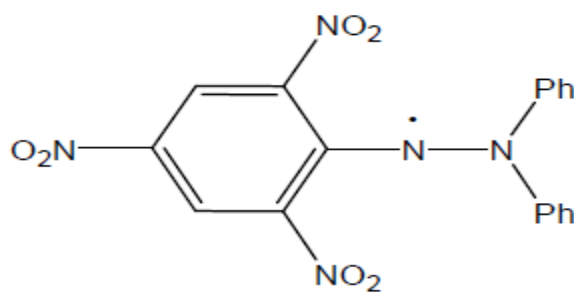


Figure 10 : Structure du radical stable DPPH° (MOLYNEUXS, 2004).

6.6. Réduction du Fer: FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

Comme son nom l'indique, cette technique a été développée pour mesurer la capacité du plasma à réduire le fer ferrique (Fe³⁺) en fer ferreux (Fe²⁺). En effet le Fe³⁺ participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton. Le Fe²⁺ à un pH faible forme un complexe avec la 2,4,6-tris(2 pyridyl)-1,3,5-s-triazine (TPTZ) de couleur bleue qui a une absorption maximale à 594 nm. Ainsi, la formation de ce complexe indiquera un pouvoir réducteur qui détermine la capacité d'un composé à se comporter comme un antioxydant. Les valeurs sont obtenues sont comparées avec l'absorbance d'un témoin qui est l'acide ascorbique usuellement (BENZIEET et STRAIN, 1996 ; PULIDO *et al.*, 2000).

6.7. Blancissement de la bêta-carotène (β-carotene bleaching method)

Cette technique spectrophotométrique développée par (MARCO, 1968), puis légèrement modifiée par (MILLER, 1971). Consiste à mesurer, à 470 nm, la décoloration du β-carotène résultant de son oxydation par les produits de décomposition de l'acide linoléique. La dispersion de l'acide linoléique et du β-carotène dans la phase aqueuse est assurée par du Tween. L'oxydation de l'acide linoléique est catalysée par la chaleur (50 °C) de manière non spécifique. L'addition d'antioxydants purs (VON GADOW *et al.*, 1997) ou sous forme d'extraits végétaux (MOURE *et al.*, 2000 ; KOLEVA *et al.*,

2001) induit un retard de la cinétique de décoloration du β -carotène. Cette méthode est sensible, rapide et simple. Elle présente également l'avantage de pouvoir être couplée à la chromatographie sur couche mince (PRATT et MILLER, 1984). Après séparation chromatographique, un mélange de β -carotène et d'acide linoléique est pulvérisé sur la plaque, celle-ci étant alors exposée plusieurs heures à la lumière du jour ou aux UV jusqu'à décoloration du fond jaune. Les bandes où la couleur jaune persiste, indiquent la présence de substances antioxydants.

Cependant, l'oxydation induite par voie thermique est non contrôlée et donc non spécifique, ce qui conduit bien souvent à une variabilité des résultats. Pour contourner ce problème, certains auteurs ont remplacé la chaleur par des agents oxydants conduisant à des résultats plus reproductibles, comme la lipoxygénase de soja (CHAILLOU et NAZARENO, 2006). Cette méthode est sujette au parasitage de composés absorbants dans la fenêtre spectrale du β -carotène. FRANKEL, (1998) a également critiqué l'utilisation d'acides gras libres qui ne représentent pas des modèles lipidiques réalistes. Enfin, l'interprétation des données n'est pas aisée car le β -carotène est lui-même un antioxydant, sensible à l'oxygène.

6.8. Piégeage du ABTS (2,2'-azynobis-[3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonic acid])

Dans la méthode TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity), l'activité antioxydant totale d'une molécule est déduite de sa capacité à inhiber le radical ABTS \bullet + (Figure 11), obtenu à partir de l'ABTS (sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)) comparativement à un antioxydant de référence : le Trolox® (acide 6-hydroxy-2,5,7,8-tétraméthylchroman-2-carboxylique), dont la structure moléculaire cyclique est similaire à celle de la vitamine E. L'obtention du radical cation résulte en contact de l'ABTS avec une enzyme de peroxydation. Le radical ABTS \bullet +, en contact avec un donneur de H \bullet conduit à l'ABTS+ et à la décoloration à 734 nm de la solution (LIEN *et al.*, 1999).

D'autres auteurs utilisent l'acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique), ou ABTS \bullet -, à la place de son sel d'ammonium et analysent l'inhibition du radical ABTS \bullet -. La cinétique de réaction de l'antioxydant étudié doit être examinée préalablement pour déterminer la fin de réaction. La capacité antioxydante en équivalent Trolox® (TEAC) correspond à la concentration (mmole/l ou mg/l) de Trolox® ayant la même activité qu'une même concentration unitaire de substance à tester, jus de fruit par exemple (MILLER et EVANS, 1997).

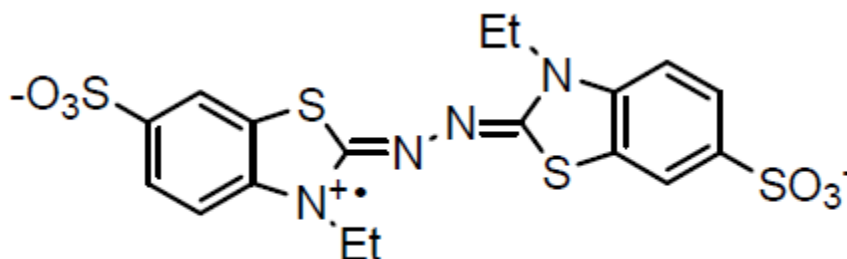


Figure 11 : Structure du radical-cation ABTS \bullet + (MILLER et EVANS, 1997)

PARTIE EXPERIMENTALE

Materiels et méthodes

MATERIELS ET METHODES

1. Matériels utilisés

1.1. Matériel végétal

Le matériel utilisé dans cette étude est comporte trois varieties (Gars, Deglet Nour et Mech-Degla) de palmier dattier “*Phoenix dactylifera* L. Nous avons choisi pour cette étude les noyaux de dattes. L’origine des noyaux des dattes est la région de Biskra ; parmi la plus productive des dattes sur le territoire national. Dans cette étude, Les noyaux étudiés des trois variétés sont séchés à l’aire libre puis finement broyés pour obtenir une poudre fine (Figure 12) et à l’abri de la lumière.



Figure 12 : Aspect des poudres dse variété trois varieties de palmier dattier
“*Phoenix dactylifera* (1 : Gars, 2 : Mech-Degla, 3 : Deglet Nour)

1.2. Site de prélèvement

Les échantillons ont été prélevés à partir une parcelle située dans l’Institut Technique de Développement de l’Agronomie Saharienne (ITDAS) de la région de Ain Ben Naoui-Biskra dans le mois de Novembre et lors de période de la récolte des fruits (**Figure 00, 00, 00**).

Géographiquement, l’extension de l’Institut Technique de Développement de l’Agronomie Saharienne est existe au niveau de Zab El Gharbi de la wilaya de Biskra (Ouest de la wilaya), Ses coordonnées sont : La localisation de notre site de prélèvement (ITDAS) dans le territoire de la wilaya de Biskra

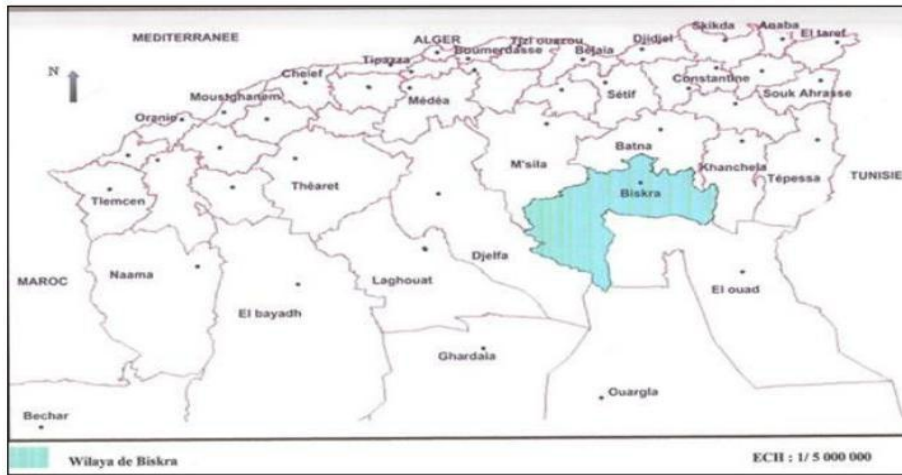


Figure 13 : Situation géographique de la wilaya de Biskra dan l’Algérie (DSA.,2018)

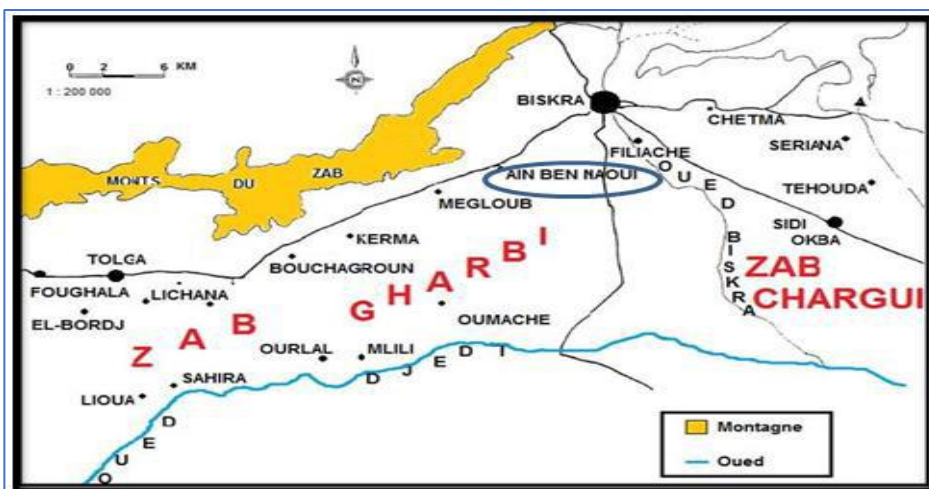


Figure 14 : Localisation géographique de la zone d'étude "Ain Ben Naoui , wilaya de Biskra" (www.researchgate.net).



Figure 15: Image satellite de la région Ain Ben Naoui (www.google.earth.com)

2. Méthodes suivies

2.1. Préparation de l'extrait du noyau des dattes

On met 11g du noix de datte sèche et broyer de chaque variété sont étudiées dans 200 ml d'eau distillé bouillante pendant 10 min puis on fait la filtration par le papier filtre. Après la filtration; le filtrat est conserve dans des flacons ambrés jusqu'a l'utilisation pour les testes *In vitro*.

2.2. Rendement de l'extrait du noyau des dattes

Les rendements des trois extraits obtenus à partir des noyaux des dattes qu'ils sont calculées selon la formule suivante : (Chniti, 2015)

$$(R \%) = \text{PEB}/\text{PMV} \times 100 R.$$

- **R** : rendement (%).
- **PEB** : poids de l'extrait brut (g).
- **PMV** : poids de matière végétale (g).

2.3. Dosage des polyphénols totaux

L'analyse quantitative de phénols totaux des extraits phénoliques a été réalisé par le protocole suivant, pour 125 µL de l'extrait végétal ajouter 500 µL d'eau distillée, la solution a été introduite à l'aide d'une micropipette dans des tubes à essai, suivis d'addition de 125 µL du réactif de Folin- Ciocalteu (FCR) agressent forte. Après 5min ,1250 µL de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à concentration de 7 ,5 g/l sont ajoutés pour favoriser un milieu pour déclencher la réaction d'oxydo-réduction ensuite complété par l'eau distillée jusqu'un 03 ml ensuite le mélange réactionnel agité est maintenu à l'obscurité et incubé pendant 2h à température ambiante. L'absorbance de chaque solution est déterminée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS. (SLINKARD et SINGLETON 1977).

Une courbe d'étalonnage standard a été obtenue à partir des solutions d'acide gallique de différentes concentrations (50 -100 – 150 -200µg/ ml), réalisée par même procédure du dosage, toutes les mesures sont répétées 03 fois.

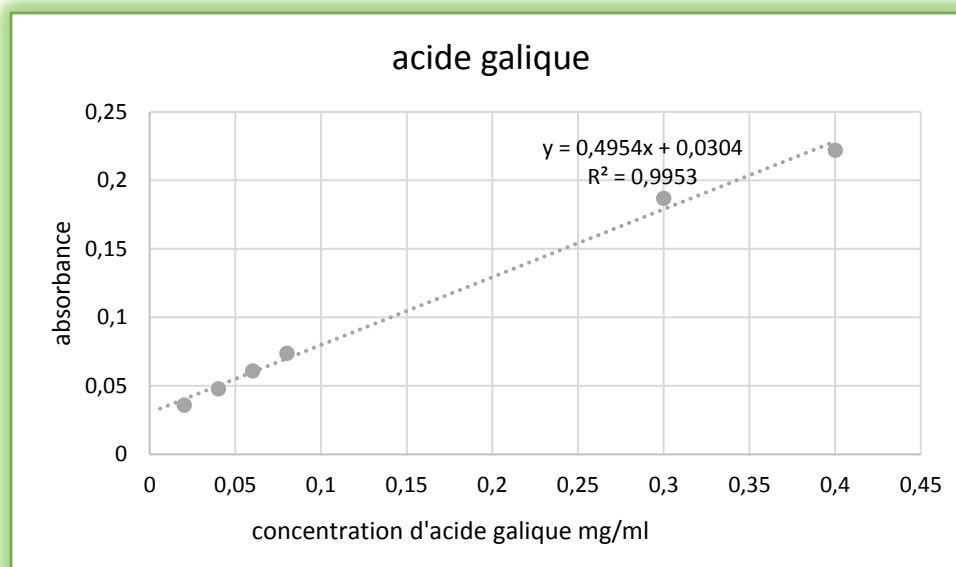


Figure 16 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.

2.4. Dosage des flavonoïdes totaux

Une quantité de 1 ml de chaque échantillon et de standard (préparée dans le méthanol) est ajoutée à 1 ml de la solution d' AlCl_3 (2 % dissous au méthanol). Après 10 minutes, l'absorbance a été mesurée par rapport au blanc préparé de réactif au λ max = 430 nanomètres (AHN et al 2007). Les concentrations des flavonoïdes ont été déduites à partir de la gamme de la courbe d'étalonnage établie avec la quercétine. Réalisée par même procédure du dosage, toutes les mesures sont répétées 03 fois, les résultats sont exprimés en mg équivalent en quercétine / g d'extrait.

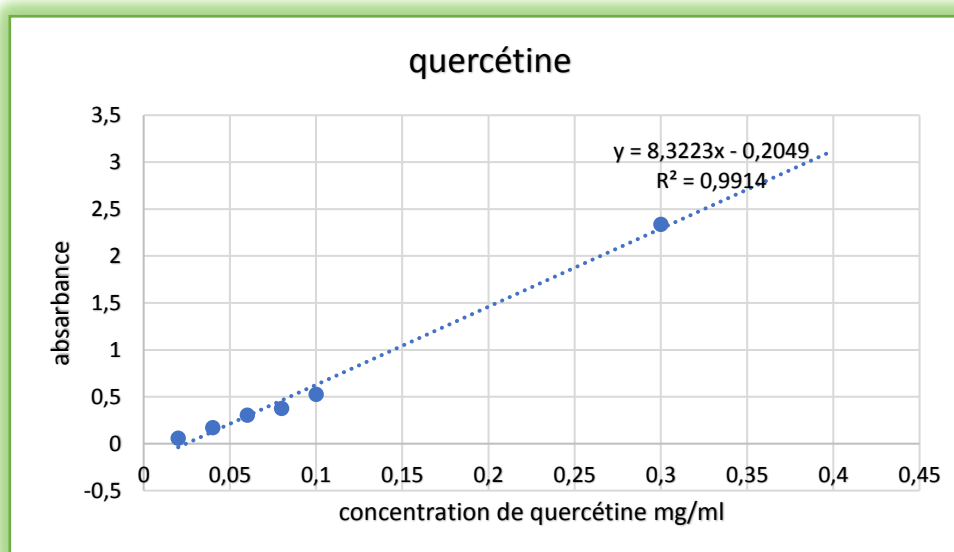


Figure 17: Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux.

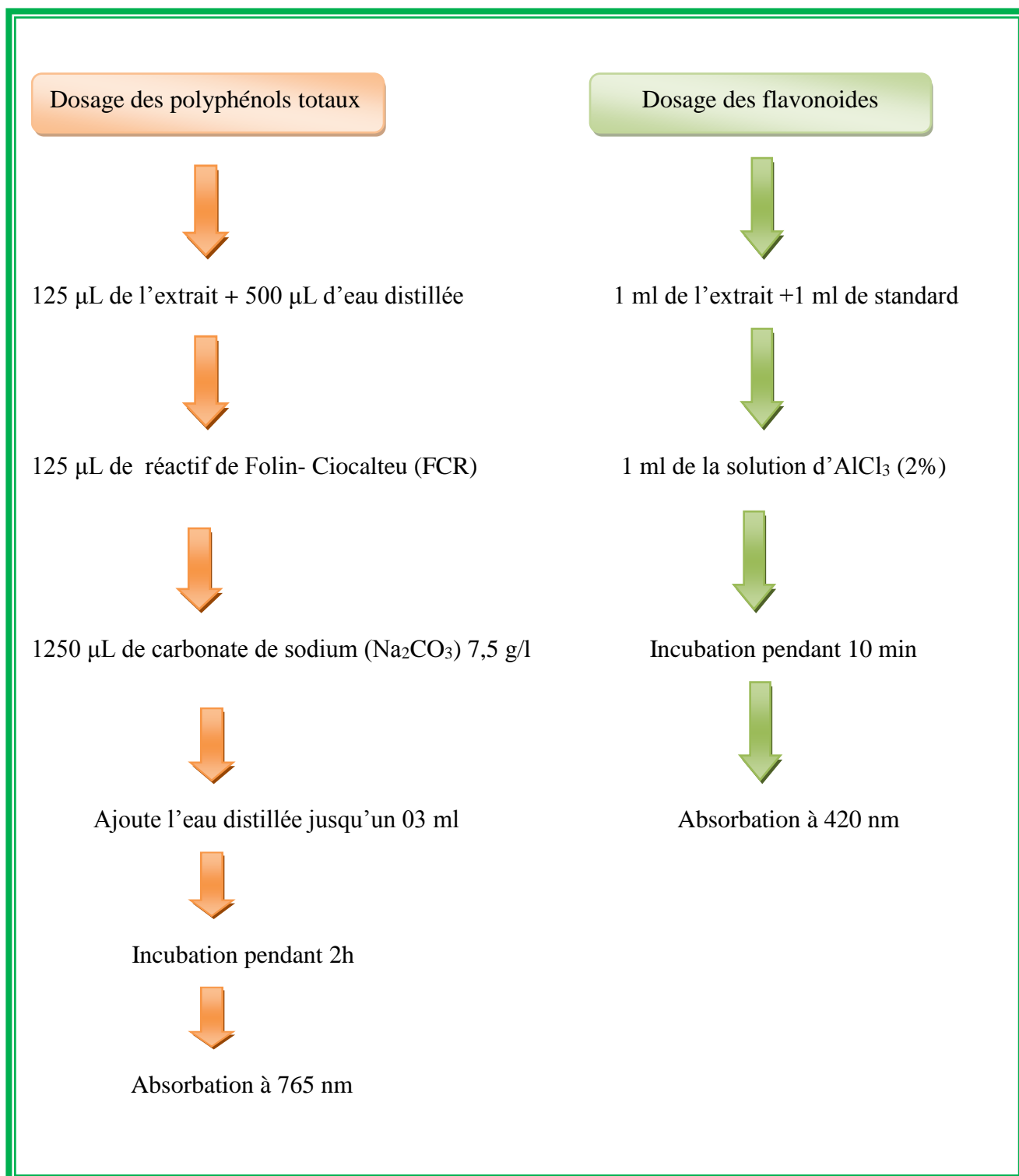


Figure 18: Protocole de dosage des polyphénols et flavonoïdes.

2.5. Détermination de l'effet antioxydant *In vitro* (Test de DPPH)

Principe :

La réduction du radical libre DPPH• (2,2'-Diphényle-1-picryl hydrazyl) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV-Visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par les antioxydants (MOLYNEUX, 2004). En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH. (2.2 Diphényl 1 picryl hydrazyl) de couleur violette se réduit en 2.2 Diphényl 1 picryl hydrazine de couleur jaune (Figure 19) (MAATAOUI *et al.*, 2006).

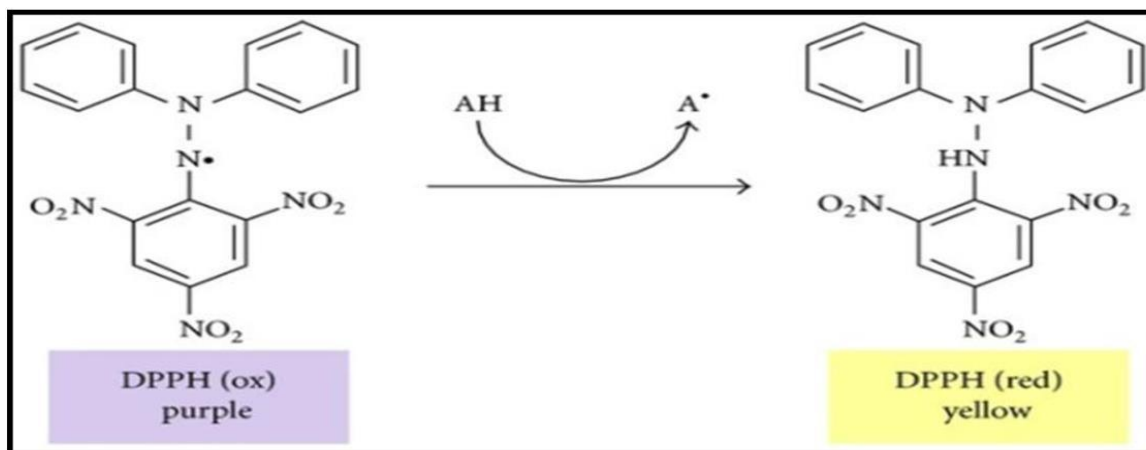


Figure 19 : Réaction de test DPPH (2.2 Diphényl 1 picryl hydrazyl) (CONGO, 2012).

L'activité du piégeage du radical DPPH a été mesurée selon le protocole décrit par LOPES-LUTZ *et al.* (2008). 50µl de chaque solution des extraits à différentes concentrations sont ajoutés à 1,95 ml de la solution méthanoïque du DPPH (0,025g/l). Parallèlement, un témoin négatif est préparé en mélangeant 50µl de méthanol avec 1,95 ml de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 515nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration (BOUGANDOURA, 2013).

Les résultats sont exprimés en tant qu'activité anti-radicalaire ou l'inhibition des radicaux libres en pourcentages (I %) en utilisant la formule suivante :

$$I \% = [1 - (\text{Abs Échantillon} - \text{Abs Contrôle négatif})] \times 100$$

I % : Pourcentage de l'activité anti-radicalaire (AAR%).

Abs Échantillon : Absorbance de l'échantillon.

Abs Contrôle négatif : Absorbance du contrôle négatif (MEDDOUR, 2013).

Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant des extraits aqueux, nous avons introduit le paramètre IC₅₀ (Concentration Inhibitrice 50). L'IC₅₀ est la concentration de l'échantillon testé (Acide ascorbique ou l'extrait) nécessaire pour réduire 50 % du radical DPPH, ils sont calculés graphiquement (SANCHEZ., 1998) par la formule de la régression des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés. Les résultats sont exprimés en mg/ml

2.6. Test de la réduction du fer FRAP (Ferric Reducing-Antioxidant Power)

Principe :

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans l'extrait à donner un électron (LI et *al.*, 2009) qui va réduire le fer ferrique (Fe³⁺) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe²⁺) dans un milieu acidifié par l'acide trichloroacétique (LUQMAN et *al.*, 2012 ; SUSHMA et *al.*, 2013). En ajoutant FeCl₃ dans le mélange, un complexe de couleur bleue spécifique se produit (DORMAN et *al.*, 2003). De ce fait, la forme réduite se traduit par le changement de la couleur jaune vers une couleur bleue (CHUNG et *al.*, 2006) et une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (HUBERT, 2006).

0,25 ml de l'extrait à différentes concentrations est mélangé avec 0,625 ml d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH : 6,6) et 0,625 ml d'une solution de ferricyanure de potassium K₃Fe(CN)₆ à 1%. L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min ensuite, 0,625 ml d'acide trichloroacétique à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction. Les tubes sont centrifugés à 3000 rpm pendant 10min. Un aliquote (0,625ml) de surnageant est combinée avec 0,625 ml d'eau distillée et 0,125 ml d'une solution aqueuse de FeCl₃ (Chlorure ferrique) à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (Spectrophotomètre UV-VIS). Le contrôle positif est représenté par un standard d'un antioxydant ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons. (Oyaizu et *al.*, 1986)



Lavage, séchage, broyage



Poudre des noyaux



Extraction (Infusion)

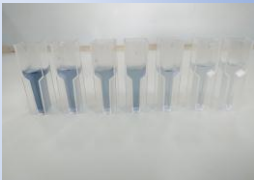
Calcule le rendement

$$(R\%) = \frac{PEB}{PMV} \times 100 R.$$

Dosage des polyphénols et flavonoïdes

Test antioxydant in vitro (DPPH /FRAP)

Polyphénole



765nm



Flavonoïde



430nm



DPPH



515nm



FRAP



700nm

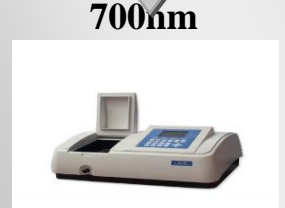


Figure20 : Plan expérimental d'étude.

RESULTATS

Résultats

1. Rendement de l'extrait brut

Les valeurs obtenues des rendements des extraits bruts sont représentées dans la figure suivante.

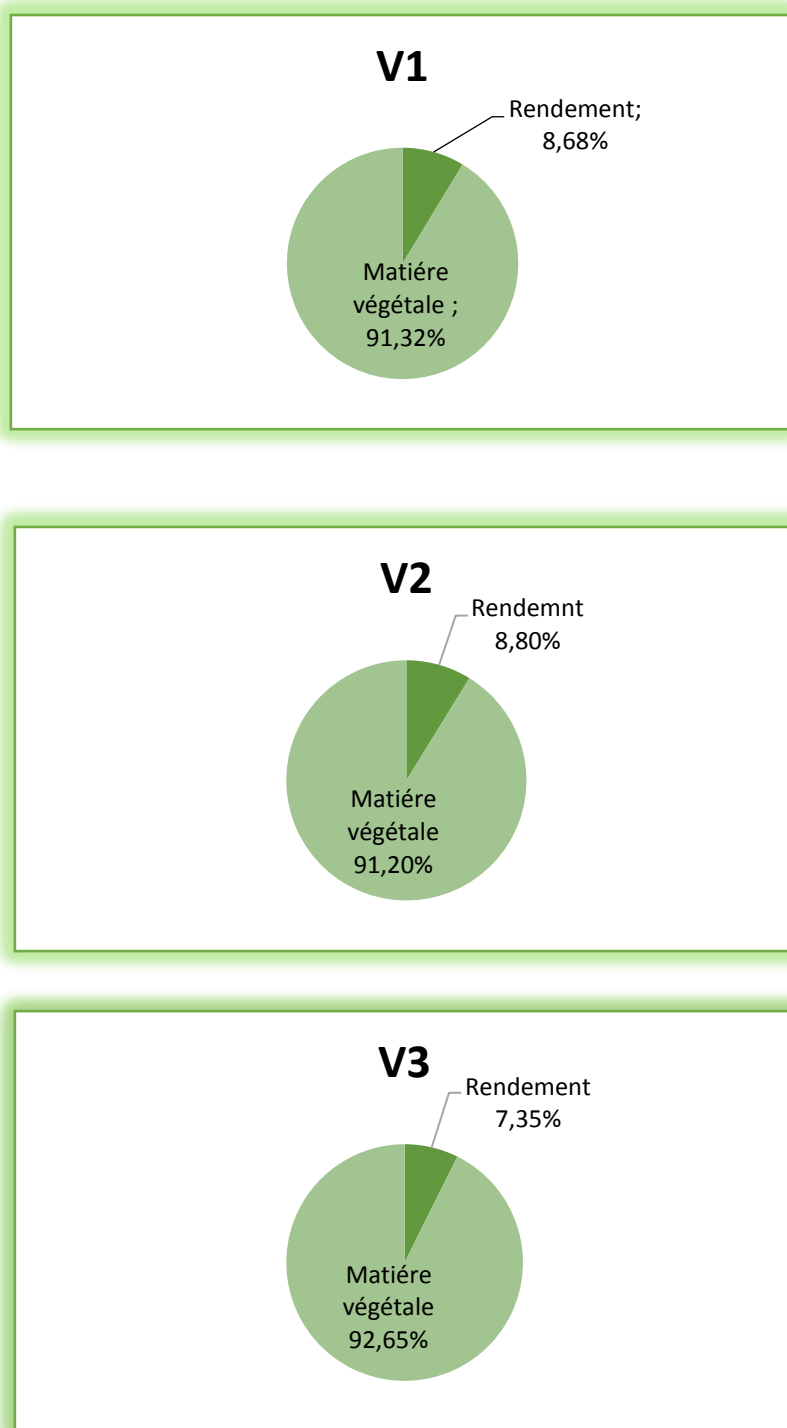


Figure 21: Rendement de l'extrait brut des noyaux des dattes(Ghars V1, Deglet-Nour V2, Mech-Degla V3).

RESULTATS

La préparation de l'extrait brut a donné des rendements de l'ordre de : 8,68%, 8,80% et 7.35% pour les trois variétés : V₁ (Ghars), V₂ (Deglet-Nour) et V₃ (Mech-Degla) successivement. Dans notre étude, la méthode d'extraction suivie c'est l'infusion qui nous donne des rendements considérables. On remarque que la deuxième variété nous donne un pourcentage important par rapport les deux autres variétés.

2. Teneur des composés phénoliques totaux

Le tableau (06) a présenté la teneur en polyphénols totaux obtenus à partir de l'extrait brut des noyaux des dattes (Ghars, Deglet-Nour et Mech-Degla), qui est calculé par l'équation $y = 0,4954x + 0,0304$ avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9953$, obtenue par une courbe d'étalonnage basé sur l'acide gallique comme étalon.

Tableau 05 : Teneur en polyphénols totaux de l'extrait des noyaux des dattes.

Extrait brut	Teneur en composés phénoliques (mgEAG/ml d'extrait)		
	V1	V2	V3
	75,87135 ± 3,238113	82,46535 ± 5,376123	71,16135 ± 9,965554

3. Teneur en Flavonoïdes

La teneur en Flavonoïdes estimée à partir d'une gamme d'étalonnage effectuée par la quercétine à différentes concentrations (Equation standard de courbe : $y = 5.67x - 0.0546$). Les résultats obtenus sont ainsi exprimés en milligramme de la quercétine par gramme d'extrait sec (mg d'EQC/g d'extrait sec). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9928$. Les résultats de dosage des Flavonoïdes dans l'extrait brut des noyaux des dattes sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 07).

Tableau 06: Teneur des flavonoïdes de l'extrait des noyaux des dattes.

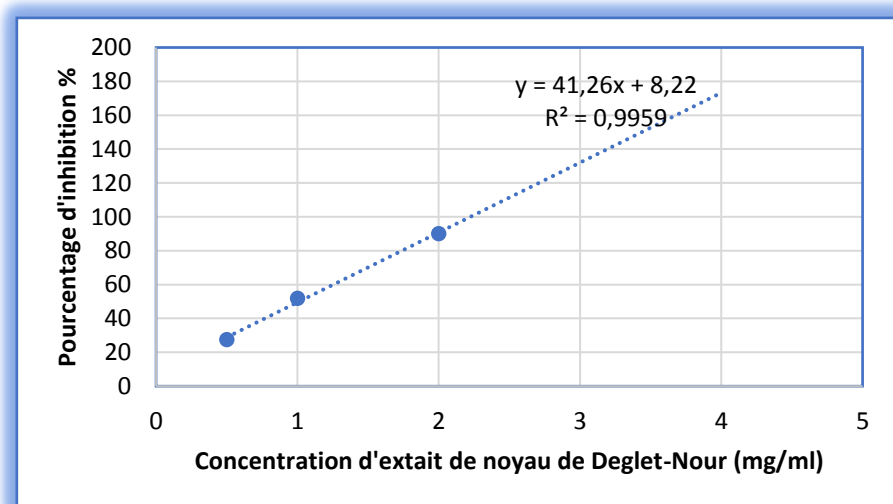
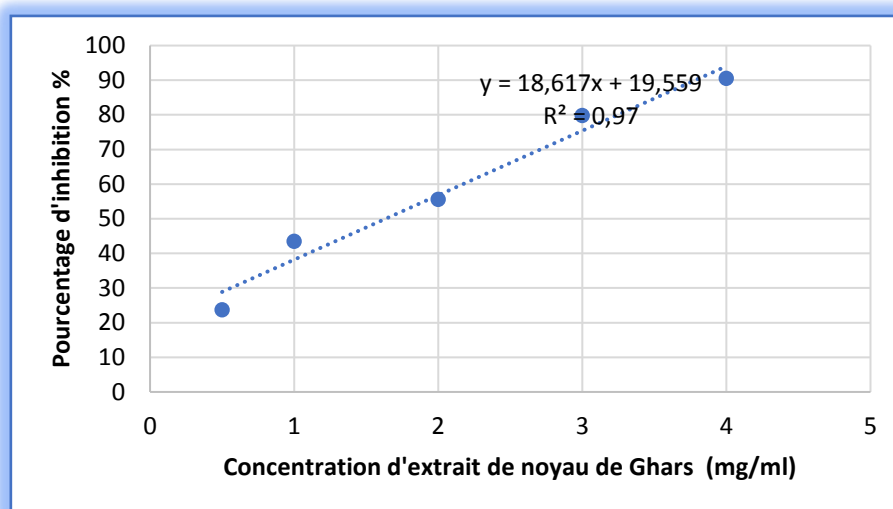
Extrait brut	Teneur en Flavonoïdes (mg d'EQC/g d'extrait sec)		
	V1	V2	V3
	13,16637 ± 0,234862	13,39447 ± 1,368558	21,84832 ± 1,319337

4. Etude de l'activité antioxydant

Dans notre étude deux tests différents ont utilisé pour déterminer le pouvoir antioxydant de l'extrait brut des noyaux des dattes (Ghars, Deglet-Nour et Mech-Degla): le test de piégeage du radical DPPH, le test de FRAP (Ferric Reducing Power).

4.1. Test du piégeage du radical libre DPPH

L'activité anti-oxydante de chaque extrait est exprimée en IC₅₀, qui est déterminée graphiquement à partir des droites représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations croissantes de l'extrait (Figure 21). L'efficacité est estimée à partir de l'activité de l'acide ascorbique comme référence standard. Les résultats obtenus pour le teste de DPPH, exprimés en termes de concentration inhibitrice de 50 % des radicaux (IC₅₀), sont présentés dans la Figure 22.



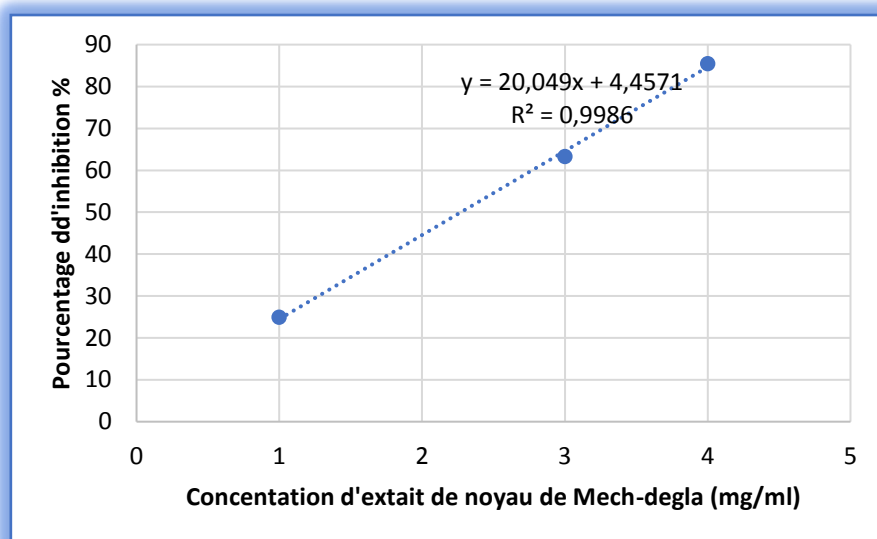


Figure 22 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits de trois variétés.

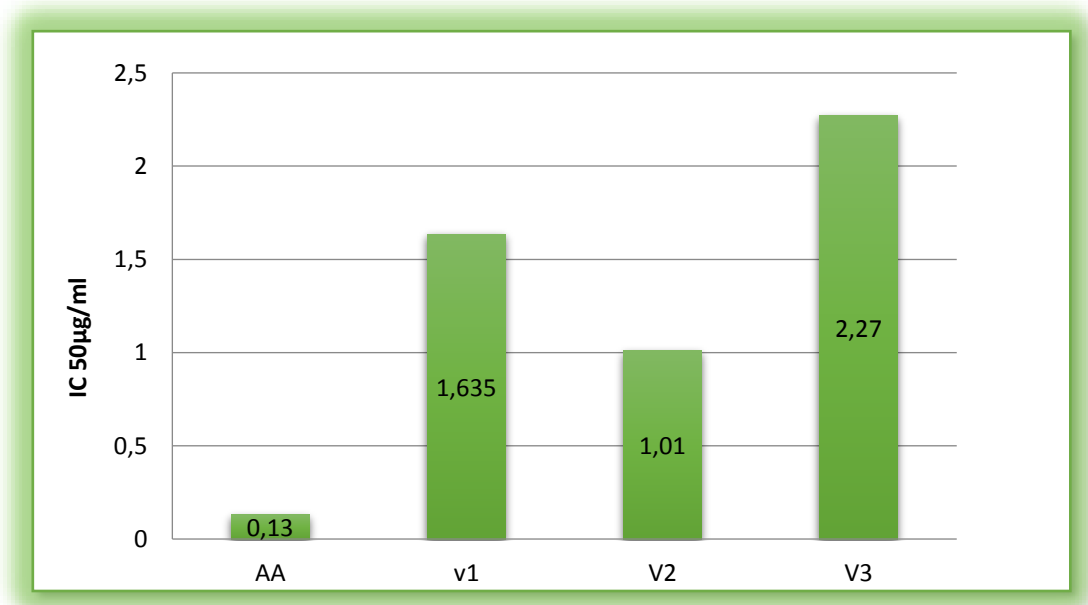


Figure 23: Valeur IC₅₀ de trois extraits des cultivas et de composé standard Acide Ascorbique (AA)

3.2. Test de la réduction du fer FRAP

Les pouvoirs réducteurs des extraits brut de noyau a été estimée grâce à une courbe d'étalonnage, réalisée avec un extrait de référence ; Acide ascorbique à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en mg Equivalent en Acide Ascorbique par g de l'extrait (mg EAA/g d'extrait). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9881$

RESULTATS

Les résultats des pouvoirs réducteurs des extraits bruts des noyaux des dattes (Ghars, Deglet-Nour et Mech-Degla) sont présentés dans la figure 27.

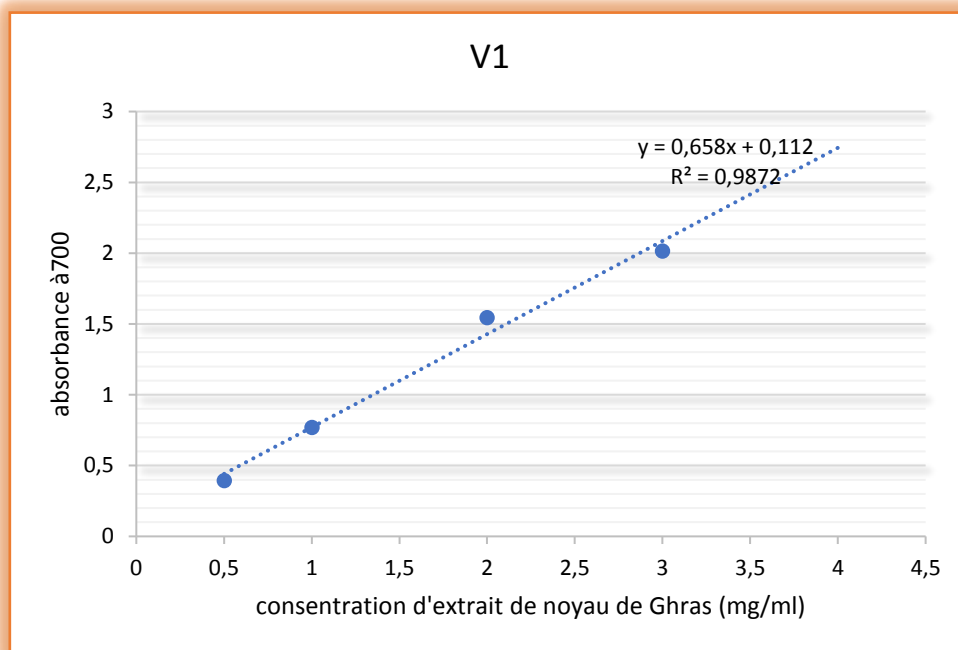


Figure 24 : Pouvoir réducteur de l'extrait de noyau de Ghars.

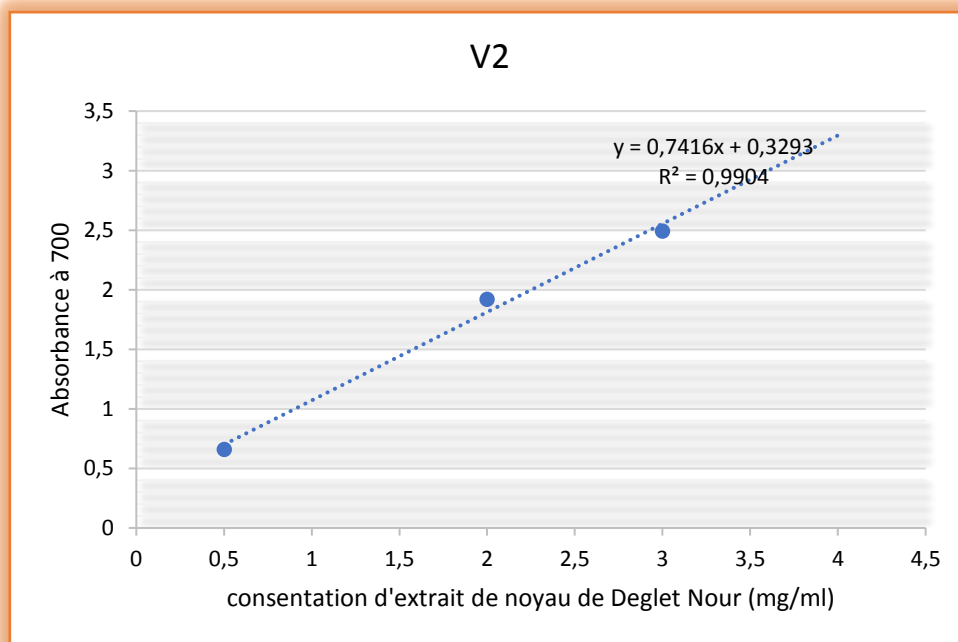


Figure 25 : Pouvoir réducteur de l'extrait de noyau de Deglet Nour.

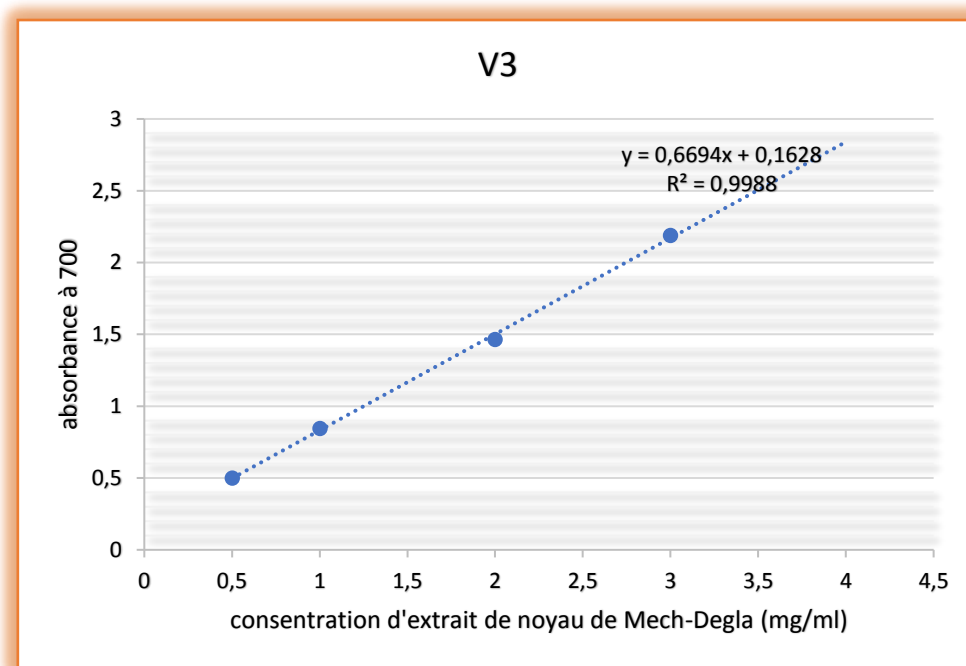


Figure 26 : Pouvoir réducteur de l'extrait de noyau de Mech-Degla.

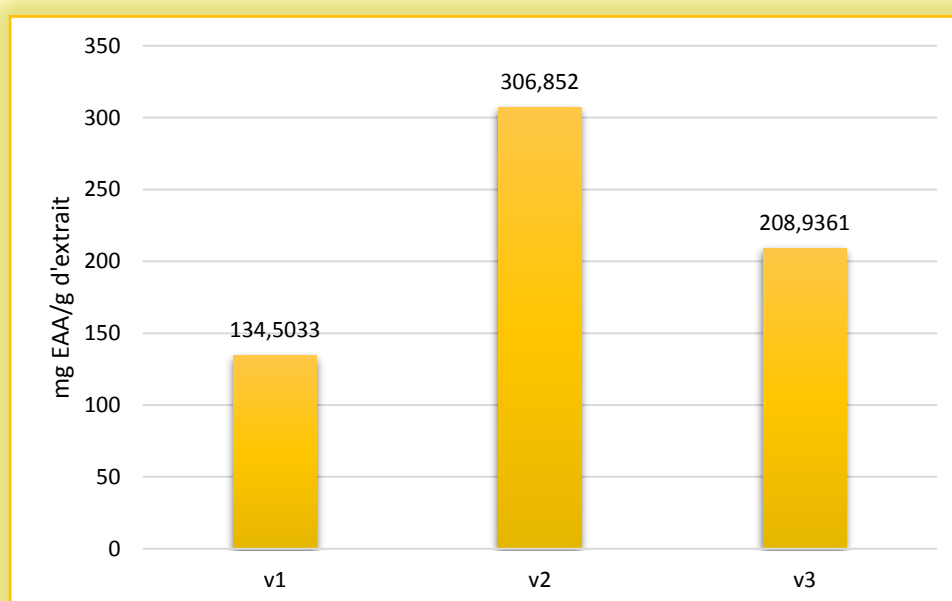


Figure 27 : Pouvoirs réducteurs des extraits bruts des noyaux des dattes

DISCUSSION

DISCUSSION

A la recherche de nouveau composée biologique actifs, de nouveaux agents phytothérapie et biothérapie, pourrait être utilisés pour améliorés l'antioxydant du traitement médicamenteux standard.

Les noyaux des dattes renferment des composants extractibles à valeur ajoutée élevée. Ils sont aussi riches en principes actifs comme les composés phénoliques peuvent être utilisés pour l'amélioration de la valeur nutritionnelle des produits incorporés. (Al DHAHERI, 2004).

Les travaux antérieurs montrent que les solvants tel que : le méthanol, l'éthanol et l'eau ainsi que leur mélange à différents ratios sont les solvants les plus utilisés pour une haute récupération de composés phénoliques (SAHREEN et *al.*, 2010). L'eau est le solvant utilisé dans cette étude pour obtenir l'extrait brut à partir des noyaux de datte de trois variétés vient de l'espèce végétale "*Phoenix dactylifera L.*". La méthode d'extraction suivie *permettre* de *donner* des rendements considérables des trois variétés par ordres Deglet-Nour, Ghars et Mech-Degla avec des pourcentages de rendement est égale à (8.80%, 8,68% et 7,35%) successivement.

Les polyphénols sont des métabolites secondaires largement distribués dans le règne végétal et ils ont une activité antioxydante en raison de leur capacité à donner de l'hydrogène et à former des radicaux intermédiaires stables. Les résultats montrent que les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux à Deglet-Nour ($82,46535 \pm 5,376123$ mg d'EAG/g d'extrait) suivis par le Ghars ($75,87135 \pm 3,238113$ mg d'EAG/g d'extrait) et Mech-Degla ($71,16135 \pm 9,965554$ mg d'EAG/g d'extrait). Nos résultats sont nettement inférieurs au résultat trouvé par SABEUR ET SAIDI (2019) qui est de l'ordre de $183,35 \pm 10,80$ mgEAG/g de noyau de datte pour l'extrait aqueuse de la variété deglet nour. Toutefois, les résultats du dosage des composés phénoliques n'indiquent pas les valeurs exactes des teneurs en polyphénols, puisque malgré sa grande sensibilité, la méthode Folin-Ciocalteu peut présenter des problèmes d'interférence, en effet le réactif Folin-Ciocalteu peut réagir avec les acides aminés (tyrosine, tryptophane), les sucres réducteurs comme le glucose et le fructose (BOIZOT ET CHARPENTIER, 2006).

Les différentes teneurs en polyphénols totaux de la variété de dattes résultent de l'effet d'un certain nombre de facteurs dont les principaux sont : Les facteurs climatiques et environnementaux : la lumière, les précipitations, la topographie, la saison et le type de sols

DISCUSSION

(HARRIS, 1977), Le patrimoine génétique : la concentration des polyphénols est très variable d'une espèce à une autre et d'une variété à autre et diminue régulièrement durant la maturation ainsi que la période de récolte et le stockage par différentes voies du brunissement (MACHEIX et *al.*, 1990), La méthode d'extraction et la méthode de quantification (LEE et *al.*, 2003). Les flavonoïdes sont les plus actifs parmi les antioxydants végétaux alimentaires (GRAILLE, 2003). Ils ont en outre, des actions pour le traitement des inflammations, des infections virales et du cancer (NDHLALA et *al.*, 2006 ; MORELLE, 2003).

Les concentrations des flavonoïdes sont très faibles dans les extraits dans leur majorité, les teneurs en flavonoïdes sont de $21,84832 \pm 1,319337$ mg EQC /g d'extrait dans l'extrait Mech Degla suivie de celles des extraits Deglet-Nour et Ghars avec $13,39447 \pm 1,368558$ et $13,16637 \pm 0,234862$ mg EQC /g d'extrait respectivement. Nos valeurs sont supérieures à la valeur trouvée par SABEUR ET SAIDI (2019) qui est égale à $1,92 \pm 0,13$ mgEQ/g et $3,09 \pm 0,01$ mgEQ/g pour l'extrait aqueux et cétonique de noyau de dattes de la variété Deglet-Nour. Cette différence dans les teneurs peut être expliquée par les facteurs extrinsèques (tels que les facteurs géographiques et climatiques), la période de récolte ainsi que par les facteurs génétiques et les conditions expérimentales (BOUDJOUREF, 2011 ; HAMIA et *al.*, 2014), ainsi que les différentes maladies qui peuvent affecter la plante, la maturité de la plante, la méthode d'extraction et les solvants utilisés (TIRICHINE, 2010; PARK ET CHA, 2003).

Concernant l'effet antioxydant *In vitro* obtenu à partir le test de DPPH, révèlent que l'extrait de noyau de Ghars confirme un IC_{50} qui est de 1.635 mg/ml, L'extrait de noyau de Deglet-Nour confirme un IC_{50} qui est de 1.01mg/ml et L'extrait de noyau de Mech-Degla confirme un IC_{50} qui est de 2.27 mg/ml. On remarque que l'acide ascorbique possède un IC_{50} plus faible égale à 0,13 mg/ml En comparant les extraits et les témoins l'acide ascorbique reste le plus efficace avec un faible IC_{50} , suivi le noyau de Deglet-Nour, Ghars, Mech-Deglat.

On explique l'utilisation de la technique DPPH par sa rapidité à donner les résultats, comme elle est employée pour le criblage des molécules douées d'activités antioxydantes présentes dans les extraits de végétaux (YI et *al.*, 2008 ; NABAVI et *al.*, 2010) L'acide ascorbique est un réducteur très puissant et possède de ce fait un pouvoir antioxydant, qui est au centre de son activité biochimique .Sa structure est composée d'une fonction ène-diol en C2, celle-ci est très sensible à l'hydrolyse. Elle est responsable de l'acidité de la molécule et de son pouvoir antioxydant. L'effet antioxydant *In vitro* des substances naturelles existant dans les extraits végétaux peut attribuer selon le contenu en polyphénol (NIZAN et MUSHFIQ, 2012). Une relation proportionnelle entre le contenu en polyphénol de V2 (Deglet-Nour) et l'effet

DISCUSSION

antioxydant In vitro de la même variété, ce résultat est similaire avec les travaux de (FARASAT *et al.*, 2014).

La variation de l'activité de piégeage des radicaux libres DPPH entre notre extrait pourrait être due à la structure et au type de composés phénoliques et à leur concentration dans les échantillons testés (DEBOUBA *et al.*, 2012 ; KHAN *et al.*, 2012). De plus, Les travaux de BAGHDADI et BELLABIDI (2019) sur l'activité anti-oxydante des noyaux de datte de trois variétés (Ghars Deglet-Nour Mech-Degla), où les IC50 sont comprises entre 0.231 µg/ml et 0.296 µg/ml, Ces valeurs sont approximatives nos résultats. Aussi d'après l'étude réalisée par LAOUINI (2014) sur les feuilles de la même espèce végétale, montre que l'IC50% d'extrait méthanolique est 2.98 µg/ml Pour l'extrait de la variété Ghars, IC50 = 3.74 µg/ml Pour l'extrait de la variété Deglet Nour. Cette variation Peut expliquer que l'activité anti-oxydante des extraits dépend essentiellement du taux de polyphénols et flavonoïdes accumulés durant le cycle végétatif de la plante (BURDA ET OLESZEK, 2001); Il peut également être attribué à la méthode d'extraction et au type de solvant utilisé.

Le test de réduction du fer (FRAP) est une méthode rapide, facile et reproductible et largement utilisée pour évaluer l'activité antioxydante des plantes médicinales (PRIOR *et al.*, 2005; GHEDADBA *et al.*, 2015).

Les propriétés antioxydantes d'un composé dépend non seulement de sa structure chimique mais aussi selon le type du radical généré qu'il peut neutraliser. Pour cette raison, nous avons testé le potentiel antioxydant des extraits des noyaux de datte de la variété Ghars, Deglet Nour et Mech-Degla de *Phoenix dactylifera* L ce type de radical. Les dattes étudiées présentent une puissance de réduction qui varie de 306,852 à 134,5033 mg équivalent de l'acide ascorbique/g d'extrait. En effet, l'activité antioxydante la plus élevée est celle de l'extrait de noyau de datte du cultivar Deglet Nour. Après ce résultat, on peut considérer que les extraits des noyaux de datte des la variété Ghars, Deglet Nour et Mech-Degla possèdent une activité de réduction ferrique très remarquable. Le pouvoir réducteur des extraits de la plante est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants (BOUGANDOURA et BENDIMERAD, 2012).

Ce processus d'autoxydation dépend de multiples paramètres tels que la concentration de l'ion métallique et du polyphénol, la température, le pH, la présence d'agents complexants (GHEDADBA *et al.*, 2015). Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir

DISCUSSION

réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (BOUGANDOURA et BENDIMERAD, 2012).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les plantes médicinales sont la source de la majorité des antioxydants naturels et elles restent encore sous exploitées dans le domaine médicale. l'industrie et pharmaceutique, sachant que les antioxydants sembleraient de manière significative à la prévention des maladies (les vieillissements, réduisent les risques de cancers et de maladies cardio-vasculaires...), le développement de nouveaux médicaments à base d'antioxydants d'origine naturelle doit être à l'ordre de jour.

Il est bien connu que les avantages des dattes pour la santé, même que les noyaux des dattes qu'ils sont affirmés à partir de notre étude, les résultats obtenus mettent en exergue l'effet prometteur de l'extrait brut des trois variétés de l'espèce végétal "*Phoenix dactylifera L.*" des noyaux des dattes (Ghars, Deglet-Nour et Mech-Degla).

D'après les résultats obtenus à partir de notre étude ; la méthode d'infusion nous donne des rendements considérables des trois variétés étudiées (8,68%, 8,80% et 7,35%) successivement. La quantification du contenu des composés phénoliques a révélé que l'extrait brut du noyau de Deglet Noor enregistre la teneur totale la plus élevée en polyphénols $82,46535 \pm 5,376123$ mg d'EAG/g d'extrait. D'autre part, l'étude du pouvoir antioxydant par la méthode de piégeage du radical libre DPPH a montré que cet l'extrait est le plus actif, avec une valeur d'IC₅₀ de l'ordre de 1,01 mg/mL, comparable à celle de l'acide ascorbique IC₅₀ = 0,13mg/mL, en plus la méthode du pouvoir antioxydante du fer (FRAP) La valeur la plus élevée aussi a été enregistrée en faveur de cette variété avec une valeur estimée à $306,852 \pm 3,464317$ Mg d'EAA/g d'extrait. Elles sont résultats très élevées par rapport à la Ghars et Mech-Degla. Pour les flavonoïdes, la valeur la plus élevée a été enregistrée en faveur de l'extrait brut de la variété Mech-Degla avec une valeur estimée à $21,84832 \pm 1,31933$ Mg d'EQC/g d'extrait.

L'évaluation des propriétés antioxydante révèle que toutes ces variétés manifestent une forte capacité et plus particulièrement les extraits de noyau de la variété Deglet-Nour. De plus, une corrélation positive entre l'activité antioxydante et la teneur en composés polyphénoliques a été établie. Ainsi L'étude de l'activité antioxydante de polyphénols du noyau de datte algérienne montre que la datte possède un fort pouvoir antioxydants, ce qui supporte son usage comme aliment et substance fonctionnels prêts à leur valorisation à l'échelle industrielle et pharmacologique.

Nos perspectives pour l'avenir :

- L'effet antioxydant *in vitro* observé pourrait être amélioré par d'autres tests.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- Approfondir les études concernant l'identification de ces principes actifs du point de vue qualitatif et quantitatif.
- Envisager des expériences in situ en testant ces principes sur des cas pathologiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

A

- ABDEL-SATTAR E.A., MOUNEIR S.M., ASAAD G.F., & ABDALLAH H.M., (2012). Protective effect of *Calligonum comosum* on haloperidol-induced oxidative stress in rat. *Toxicology and Industrial Health*. 30(2):147-153.
- ACOURENE S., TAMA M., (1997). Caractérisation physicochimique des principaux cultivars de datte de la région de Ziban. *Revue recherche Agronomique*, Edition. INRAA. N° 1. P 59-66.
- ADDON A., KRAEHENBUEHL F., STOECKLI HF., EHRBURGER P., DONNET JB., (1986). The use of immersion calorimetry in the determination of micropore distribution of carbons in the course of activation. *Carbon* 24(4) : 483-488.
- AL DHAHERI G. AL HADRAMI N. ABO ALNAGA I. WASFI M., (2004). El Ridi Chemical composition of date pits and reproductive hormonal status of rats fed date pits. *Food Chem.*86: 93-97.
- AL-FARSI M.A., LEE C. Y., (2001). Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*. 108(3): 977-985.
- ALGECIRAS-SCHIMNICH A., COOK W. J., MILZ T. C., SAENGER A. K., & KARON B. S., (2007). Evaluation of hemoglobin interference in capillary heel-Stick samples collected for determination of neonatal bilirubin. *Clinical Biochemistry*. 40: 1311 – 1316.
- ALHAMED Y.A., (2009). Adsorption kinetics and performance of packed bed absorber for phenol removal using activated carbon from dates' stones. *Journal of Hazardous Materials*. 170 : 763-770.
- ALMANA H.A., MAHMOUD R.M., (1994). Palme date seeds as an alternative source of dietary fibre in saudi bread. *Ecology of Food and Nutrition*. 32 : 261-270.
- AL-QARAWI A.A., ABDEL-RAHMAN H., ALI B.H., MOUSA H.M., EL-MOUGY S.A., (2004). Nephroprotective action of *phoenix dactylifera* L. on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *The international Journal of applied Research in Veterinary Medicine*. 3 : 176-180.
- AL-SHAHIB W., MARSHALL R.J., (2003). The fruit of the date palm: it's possible use as the best food for the future *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 54 : 247-259.
- ANONYME., (2002). Statistiques agricoles. Superficies et productions. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Série A. p5-6.
- ATTI I., (2014). Evaluation des activités antioxydant et antiradicalaire d'un mélange d'épices « Ras el hanout ». Mémoire master ACADEMIQUE. Université KASDI MERBAH Ouargla. P29.
-

- BAGHDADI I., BELLABIDI R., (2019). Etude de l'activité protectrice des produits naturels issus de noyau de date de l'espèce végétale "Phoenix dactylifera L." vis-à-vis l'hépatotoxicité par le tétrachlorure de carbone "CCl4" chez les rats wistar albinos. Master Académique en Sciences Biologiques. Université Echahid Hamma Lakhdar – El-OUED. P 43
- BEAUDEUX J. L., GENEVIEVE D., (2011). Biochimie médicale. Marqueurs actuels et perspectives. 2ème édition. Edition *Lavoisier Chantal Arpino*. P 130 , 131.
- BEHREND L., HENDERSON G. and ZWACKA R. M., (2003). Reactive oxygen species in oncogenic transformation. *Biochem Soc Trans.* 31(Pt 6): 1441-1444.
- BELGUEDJ M., (2002) -(b). Les ressources génétiques du palmier dattier. Caractéristiques des cultivars de dattier dans les palmeraies du Sud-Est Algérien *Revue annuelle de L'INRAA N°1/2002*. P 28-289.
- BELGUEDJ M., (2007). Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie. *INRAA El-Harrach*. P 60.
- BELGUEDJ M., TRICHINE A., GUERRADI M., (2008). Le cultivar du palmier dattier dans les oasis de GHARDAIA (Algérie). *INRAA El-Harrach*. Alger p 96.
- BEN ABBES F., (2011). Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques d'extraits de dattes « Phoenix dactylifera L. ». Mémoire de Magister en Génie des procédés pharmaceutiques. Université Ferhat Abbas-Setif. P 1-11.
- BENCHABANE mA., MEFTAH F., SAADI A., (1995). (a) Les composés pariétaux de la datte au cours de la maturation. *Options méditerranéennes. Série A. séminaires méditerranéens*. P 28.
- BENTINGER M., Tekle M. and Dallner G., (2010). Coenzyme Q—biosynthesis and functions. *Biochem Biophys Res Commun.* 396(1): 74-79.
- BENZIOUCHE S.E., CHERIET F., (2012). Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. *New. Medit.* 11 : 49-57.
- BESBES S., BLECKER C., DEROANNE C., DRIRA N E., ATTIA H., (2004). Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry.* 84: 577–584.
- BOIZOT N., CHARPENTIER J P., (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *methodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques. N° spécial* : 79-83.
- BOUCHELTA C., MOHAMED S.M., ODILE B., JEAN PIERRE B., (2008). Preparation and characterization of activated carbon from date stones by physical activation with steam. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.* 82 : 70-77.

- BOUDECHICHE L., ARABA A., TAHAR A., OUZROUT R., (2009). Etude de la composition chimique des noyaux de dattes en vue d'une incorporation en alimentation animale. Institut d'Agronomie Centre Universitaire d'El Tarf.
- BOUDJOUREF M., (2011). Etude de l'activité antioxydant et antimicrobienne d'extrait d'*Artemisia campestris* L. Thèse de Magister en Biochimie. Université Ferhat Abbes Sétif. Algérie. P 99.
- BOUGANDOURA N., & BENDIMERAD N. (2012). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. Nature & Technologie. (9) : 14 – 19.
- BOUGUEDERI L., MAANANI F., MISSAOUI M., BOUNAGA N., DORE J. C., (1994). Analyse typologique d'une population de palmiers dattiers males (*Phoenix dactylifera* L.) au moyen de différentes approches multiparamétriques. Revue du réseau pour l'amélioration de la productivité agricole en milieu aride. 6 : 263-280.
- BOUZIANE M., (2002). Caractérisation structural de quelques molécules organiques dans la plante: *Cotula cinerea* de la region d'Ouargla. Thèse de magistère. Université Ouargla. P 53.
- BOYD B., FORD C., KOEPKE M.C., GARY K., HORN E., MCANALLEY S., and MCANALLEY B., (2003). Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose sur des personnes en bonne santé. Glycoscience& Nutrition. 4 (6):7.
- BURDA S., & OLESZEK W. (2001). Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. Journal of Food chemistry, 49(6):2774-2779.

G

- CHAIBI N., (2002). Potentialités androgénétiques du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L., et culture *In vitro* d'anthères. Biotechnologie, agronomie, société et environnement.6 (4). 201-207.
- CHAIRA N., FERCHICHI A., MRABET A., SGHAIROUN M., (2007). Chemical Composition of the Flesh and the Pits of Date Palm Fruit and Radical Scavenging Activity of Their extracts. Pakistan Journal of Biological Sciences.10(13) : 2202-2207.
- CHNITI S. (2015). Optimisation de la bioproduction d'éthanol par valorisation des refus de l'industrie de conditionnement des dattes (Université Rennes 1).
- CHOE, E., D. B. Min (2005). Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. *Journal of Food Science* 70(9): R142-R159.
- CONGO M., (2012). Etude des propriétés antiradicalaire et antiproliférative d'extraits de feuilles et de rameaux de *Salvadora Persica* L. (Salvadoraceae). Thèse de pharmacie. Université d'Ouagadougou Burkina Faso. P 42.

D

- DAVIDE G. W., (2015). Encyclopedia of Mind Enhancing, Foods, Drugs and Nutritional Substances. Second edition. Edition Mcfarland & Company, Inc, Publishers Jefferson, North Carolina. p 166.
- DEBOUBA M., BALTI R., HWIWI S., & ZOUARI S., (2012). Antioxidant capacity and total phenols richness of *Cistanche violacea* hosting *Zygophyllum album*. International Journal of Phytomedicine. 4(3) : 399-402.
- DELATTRE J., BEAUDEUX J.L., BONNEFONT-ROUSSELOT D., (2005). Radicaux libres et stress oxydant, aspects biologiques et pathologiques. Première édition. Ed. Tec et Do., Lavoisier. Paris. 547 pages.
- DJERBI M., (1994). Précis de phéniculture, F.A.O. Rome. P 191-192.
- DJIBRIL S., (2013). La culture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au Sahel. Approche méthodologique pour la multiplication par embryogenèse somatique des cultivars d'intérêt. Edition : Press Académique Francophones. Allemagne. P6.
- DORMAN H. J. D., KOŞAR M., KAHLOS K., HOLM Y., & HILTUNEN R. (2003). Antioxidant Properties and Composition of Aqueous Extracts from Mentha Species, Hybrids, Varieties, and Cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51(16): 4563–4569.
- DROGE W., (2016). Free radicals in the physiological control of cell function, *Cellular Physiol. Rev.* 82:47-95.
- DSAEE MA., (2001). Statistiques agricoles : Superficies et productions. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Série A. 5-6 pp.

E

- EL NEMR AA., KHALED A., ABDELWAHAB O., EL-SIKAILY A, (2007). Treatment of wastewater containing toxic chromium using new activated carbon developed from date palm seed. Journal of Hazardous Materials. 152 : 263-275.

F

- FARASAT M., Khavari-Nejad RA., NABAVI SM.B, NAMJOOYAM F., (2014). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from Northern Coasts of the Persian Gulf. Gulf. Iranian journal of pharmaceutical research. 13 : 163-170.
- FAVIER A., (2003). Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique. 17 : 501– 512.

G

- GEORGIEVA, S., BOYADZHIEV L., ANGELOV G. (2010). Caractérisation des vins bulgares par leur capacité antioxydant. Revue de génie industriel. 5 : 124-132.

- GHEDADBA N., HAMBABA L., AYACHI A., ABERKANE M. C., BOUSELSALA H., OUELD-MOKHTAR S.M., (2015). Polyphénols totaux, activités antioxydante et antibactérienne des feuilles de Marrubium desrti de Noé. *Phytothérapie* 13 :118-129.
- GRAILLE J., (2003). *Lipides et corps gras alimentaires*. Ed. Tec et Doc-Lavoisier. 389 p.
- GULCIN I., (2012). Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Arch Toxicol* 86(3): 345-391.



- HALENG J., PINCEMAIL J., DEFRAIGNE, J. O., CHARLIER C., & Chapelle J. P., (2007). Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liège*. 62 : 628 – 638.
- HALLIWELL B., & GUTTERIDGE J. M. C., (2007). *Free Radicals in biology and medicine*. Fourth Edition New York, Oxford University Press. p 851.
- HALLIWELL B., 1989. Free radicals. reactive oxygen species and human disease: a critical evaluation with special reference to atherosclerosis. *Br J Exp Pathol*.70:737-757.
- HAMIA C., GUERGAB A., RENNANE N.ELH., BIRACHE M., HADDA M., SAIDI M., & YOUSFI M., (2014). Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du *Rhanterium adpresium*. *Annales des Sciences et Technologie*. 6(1):33-39.
- HANACHI S., KHITRI D., BENKHALIFA A., BRAC DE PERRIERE R.A., (1998). Inventaire variétal de la Palmeraie Algérienne. 225 p.
- HARRIS R S., AND KARMAS E. (1977). *Nutritional evaluation of food processing*. The Avi Publishing company Inc. New York. 612p.
- HENK J., ZWIR E., RIK L., (2003). Caroténoïdes et flavonoïdes contre le stress oxydatif. *Arômes Ingrédients Additifs*. 44 : 42-45.
- HENNEBELLE T. (2006). Investigation chimique, chimiotaxonomique et pharmacologique de Lamiales productrices d'antioxydants. *Chimie Organique et Macromoléculaire Docotrat*. 303p.
- HUBERT N., & RENNO J.F. (2006). Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*. 33(8): 1414–1436.
- HUSSEIN A.S., ALHADRAMI G.A., (2003). Effet of Enzyme Supplementation and Diets Containing date Pits on Growth and Feed Utilization of Broiler Chicks. *Agricultural and Marine Sciences*. 8(2): 67-71.



- JASSIMS A A., NAJI M A., (2010). *In vitro* Evaluation of the Antiviral Activity of an Extract of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Pits on a Pseudomonas Phage. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. General Authority for Health services for the Emirate of abu Dhabi. 7: 57-62.

K

- KHAN R.A., KHAN M.R., SAHREEN S., & AHMED M., (2012). Assessment of flavonoids contents and in vitro antioxidant activity of *Launaea procumbens*. Chemistry Central Journal. 6(1):1-11.
- KOEHLIN-RAMONATXO C., (2006). Oxygène, stress oxydant et suppléments anti-oxydants ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. Nutrition clinique et métabolisme. 20 : 165-177.

L

- LACOLLEY P., BABUTY D., BOULANGER C., GHALEH B., LOIRAND G., PINET F., & SAMUEL J.L., (2007). Biologie et pathologie du cœur et des vaisseaux. Edition John Libbey Eurotext. Paris. p312, 316, 317.
- LECHEB F., (2010). Extraction et caractérisation physico-chimique et biologique de la matière grasse du noyau des dattes : essai d'incorporation dans une crème cosmétique de soin. Thèse Magister. Université M'HAMED BOUGARA. Boumerdès. 114 p.
- LEE J., KOO N and MIN D B., (2004). Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 3 (1) : 21-33.
- LEE K.W., KIM Y.J., LEE H.J. and LEE C.Y., (2003). Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. Food chem. 51: 7292-7295.
- LEOPOLDINI M., RUSSO N., TOSCANO M., (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. Food Chem. 125(2):288-306.
- LI J., CARLSON B. E., & LACIS A. A., (2009). A study on the temporal and spatial variability of absorbing aerosols using Total Ozone Mapping Spectrometer and Ozone Monitoring Instrument Aerosol Index data. Journal of Geophysical Research. 114(D9).
- LIEN E. J., REN. S., BUI H. H., WANG R., (1999). Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. Free Radic. Biol. Med. 26: 285-294.
- LINDAU-SEHPARD B., & SHAFFER J., (1993). Expression of human catalase in acatalasemic murine SVB2 cells confers protection from oxidative damage. Free Radic. Biol. Med. 8: 15 – 581.
- LISU W., JUI-HUNG Y., HSIAO-LING L., MING-JIUAN W., (2003). Antioxidant effect of methanol extracts from Lotus Plumage and Blossom (*Nelumbo nucifera* Gertn). Journal of food and drug analysis. 11: 60-66.

M

- MAATAOUI B S., HMYENE A., HILALI S., (2006). Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). Lebanese Science Journal. (1) : 3-8.
- MACHEIX J. J., FLEURIET A. and BILLOT J., (1990). Fruit phenolics. Boca Raton. CRC Press. 378p.

- MAKHLOUFI A., (2010). Etude des activités antimicrobienne et antioxydants de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de Bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Aboubaker Belkaid. Tlemcen. P 166.
- MANSOURI A., GUENDEZ E., KOKKALOU E. and Kefalas P., (2005). Phenolic profile and-antioxidant activity of Algerian ripe date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Food chemistry.89 : 411-420.
- MARTINEZ M. T., (2004). Valorisation d'hydrolysats de co-produits de crevettes. Étude de l'activité antiradicalaire et antioxydante. Fractionnement des substances actives. Effet de la glycation. These Doctorat. P188.
- MAZAT J.P., RANSAC S., (2010). Le complexe *bc1* de la chaîne respiratoire mitochondriale fonctionne selon l'hypothèse du cycle Q de Mitchell. La preuve par une approche stochastique. Med Sci (Paris). 26 : 1079-86.
- MEDART J., (2009). Manuel pratique de nutrition. l'alimentation préventive et curative. 2^{ème} édition. Edition de Boeck Université. P 51 - 52.
- MEDDOUR A., YAHIA M., BENKIKI N., AYACHI A., (2013). Étude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du capparid spinosa L. Lebanese Science Journal. 14 (1) : 52p.
- MENA S., A. ORTEGA ET J. M. ESTRELA., (2009). Oxidative stress in environmental-induced carcinogenesis. Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. 674(1-2): 36-44.
- MILLER N J ; SAMPSON J ; CANDEIAS L P ; ET AL., (1996). Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS Lett.* 384 : 240-2.
- MILLER N.J., et RICE-EVANS C.A., (1997). The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink, Food Chem. 60: 331-337.
- MOLYNEUX P., SONGKLANAKARIN J., (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Sciences Technology. Vol 26 (2) : 211-219.
- MORELLE J., (2003). L'oxydation des aliments et la santé. Ed. Nouvelle imprimerie laballery. Paris. 250 p.
- MOURE A., CRUZ J. M., FRANCO D., MANUEL DOMINGUEZ J., SINEIRO J., DOMINGUEZ H., NUNEZ M.J., CARLOS PARAJOJ., (2001). Natural antioxidants from residual sources. Food Chemistry. 72(2) :145-171.
- MUNIER P., (1973). Le palmier dattier, Maison neuve et larose, Paris. 25-28-31-32-40- 48-141-142-221-367p.

N

- NABAVI, KESSELS H. W., NGUYEN L. N. S., &MALINOW R., (2010). The prion protein as a receptor for amyloid- β . *Nature* 466(7308): E3.
- NDHLALA A.R., KASIYAMHURI A., MUPURE C., CHITINDINGU K., BENHURA M.A., MUCHUWETI M., (2006). Phenolic composition of *Flacourtia indica*, *Opuntia megacantha*and *Sclerocarya binea*.
- NIKI, L., REYNAERT S. W., AESIF T. M., AMY B., EMIEL F. M., WOUTERS C. G., IRVIN., YVONNE M. W., & JANSSEN-HEININGER., (2007). Catalase over expression fails to attenuate allergic airways disease in the mouse. *The journal of Immunology*. 178: 3814 – 3821.
- NIZAN I, MUSHFIQ M., (2012). Antioxidant activity of five different solvent extracts of the edible fruits of *ficus racemosa*. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*. 12 : 189-195.
- NOUI Y. M., (2017). Fabrication et caractérisation des produits alimentaires élaborés a base de dattes (phoenix dactyléfira-L). Batna : Université de Batna L'hadj Lakhdar.
- NOUI Y., (2007). Caractérisation physico-chimique comparative des deux principaux tissus constitutifs de la pulpe de datte Mech-Degla. Mémoire de magister, université Mohamed BOUGUERA - Boumerdès, 112 p.

O

- OULAMARA H., (2001). Essai d'incorporation de la farine de date en panification. Mémoire magister. IN.T.A. A. Constantine. P90.
- OYAIZU M., (1986). Studies on product of browning reaction from glucose amine. 44: 307-315.

P

- PACKER K.J., (2015). Protective role of vitamin E in biological systems, *Am. J. Clin.Nutr.* 53: 1050S.
- PACKER L., KRAEMER K., & RIMBACH G., (2001). Molecular aspects of lipoic acid in the prevention of diabetes complications. *Nutrition*. 17 (10): 888 – 895.
- PAREJO I; VILADOMAT F; BASTIDA J; ROSAS-ROMERO A; FLERLAGE N; BURILLO J; CODINA C., (2002). Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J Agric Food Chem*. 50 : 6882–90.
- PARK H. J., & CHA H. C., (2003). Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho. *Korean journal of biological society*. 7 : 327-330.
- PRIOR R. L., WU X., SCHAICH K., (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *J. Agric. Food Chem*. vol 53: 4290-4302.

R

- RAHMAN M.S., KASAPIS S., AL-KHARUSI N.S.Z., AL-MARHUBI I.M., KHAN A.J., (2007). Composition characterisation and thermal transition of date pits powders. *Journal of Food Engineering*. 80 : 1-10.
- RAZI M., (1993). Contribution à l'étude de la valeur nutritive du jus de dattes de quatre variétés molles « Ghars, Litima, Tansilt et Takermoust » en comparaison avec le miel d'abeilles. Mémoire d'Ingénieur, I.T.D.A.S. OUAREGLA. 66p.
- REDLER R. L. and DOKHOLYAN N. V., (2012). The complex molecular biology of amyotrophic lateral sclerosis (ALS). *Prog Mol Biol Transl Sci*. 107: 215-262.
- RIEDACKER A., (1990). Physiologie des arbres et arbustes en zone aride, Edition. J. Libbey, Paris. P 323-327.
- ROBERFROID M. B., COXAM V., & DELZENNE N. M., (2008). Aliments fonctionnels. 2ème édition. Edition *Lavoisier TEC & DOC*. P 209, 215
- ROUSSEL A M., (2009). Qui manque d'antioxydants et comment le savoir ? Cahiers de nutrition et de diététique. P 7.



- SAAL Z., SOUALMI S., (2013). Composition biochimique et activités biologiques de la datte (*Phoenix dactylifera L.*). Mémoire d'ingénieur. Université Abderrahmane MIRA Bejaia. P6.
- SABEUR I., SAIDI S., (2019). Contribution à l'étude de l'activité antiinflammatoire de noyaux des dattes (*Phoenix dactylifera*) variété « Deglet Nour » Etude *in vivo*- chez les souris NMRI. Mémoire Master en biologie Pharmaco-Toxicologie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. P47-48.
- SAHREEN S., KHAN M R ET KHAN R A., (2010). Evaluation of antioxidant activities of various solvent extracts of *Carissa opaca* fruits. *Food Chemistry*. Vol (122): 1205-1211.
- SIBOUKEUR O., (1997). Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Thèse de magister. INA. El-Harrach. Alger. 106 p.



- TIRICHINE H. S., (2010). Etude ethnobotanique, activité antioxydante et analyse phytochimique de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) du Sud Est algérien. Thèse de Magister en Biologie. Université d'Oranes-Es Senia. Oran. Algérie. 88 p.
- TOUTAIN G., (1979). Eléments d'Agronomie saharienne I.N.R.A. Editions des Allées des zones arides. Paris. 273p.



- UHL N.Z et DRANSFIEID J., (1987). Genera *palmarum*: A classification of palms based on the work of Harold E. Moore, *Journal Anesthesia Progress*. 610p.

V

- VALKO M., RHODES C.J., MONCOL J., IZAKOVIC M., ET MAZUR M., (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*. 160: 1-40.

W

- WARDMAN P., ET L P., CANDEIAS., (1996). Fenton chemistry: An introduction. *Radiation Research* 145(5): 523-531.

Y

- Yi W., Ren Z. A., Lu W., Yang J., Shen X. L., Li Z. C., ... & Zhao, Z. X. (2008). Superconductivity at 55 K in iron-based F-doped layered quaternary compound Sm [O_{1-x}F_x] FeAs. *arXiv preprint arXiv:0804.2053*.

Annexe

Courbes d'étalonnage

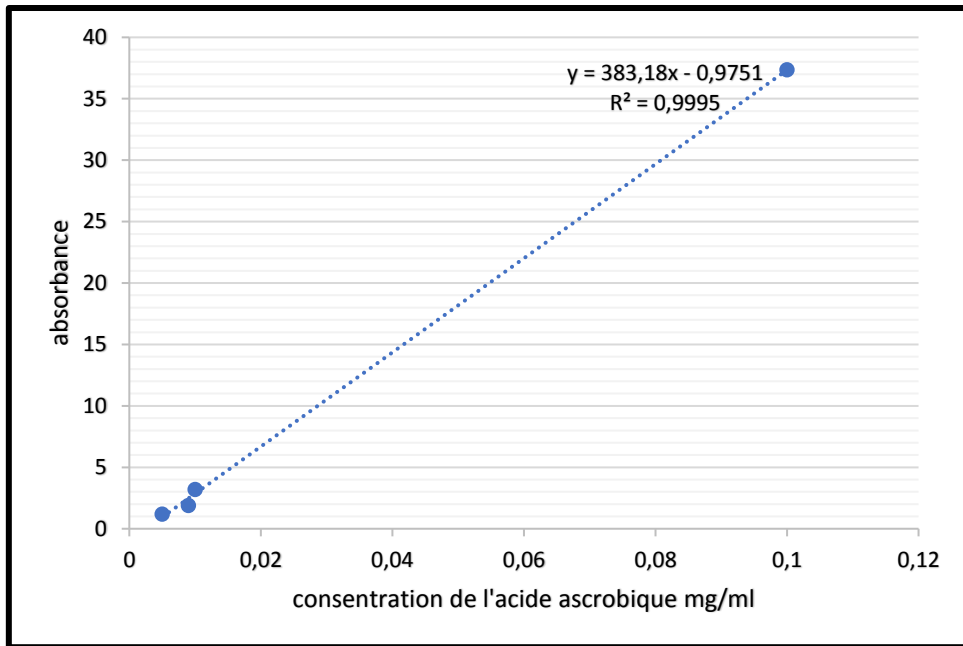


Figure: Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique (test DPPH).

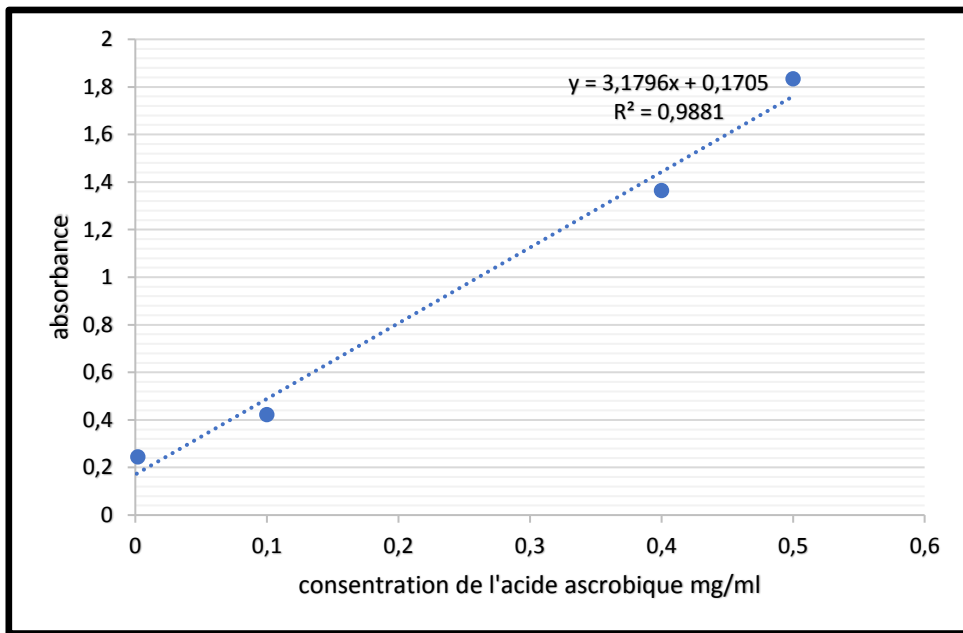


Figure : Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique (test FRAP).