

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaia



Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Science biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Par : BENKOUMAR Nadia

CHERIET Youssra

GAROUI Ahmed oussama

Thème

**Étude phytochimique et évaluation de l'activité
antioxydante des extraits de *Oudneya africana* R.**

Soutenu publiquement, le / / , devant le jury composé de :

M BOURAS Nouredine	Pr	Univ. Ghardaia	Président
Mme. BAALI Faiza	Maitre Assistant B	Univ. Ghardaia	Directeur
Mme BOUTERFaia Amira	Maitre Assistant B	Univ. Ghardaia	Examineur

Année universitaire : 2021 202

DEDICACES

Je dédie le fruit de ce travail s'il a une récompense chez ALLAH à toutes les personnes qui ont une place particulière pour moi :

La lumière de ma vie, **ma mère** pour son encouragement et sacrifices que le Dieu me la garde et la protège.

A Mon père, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. « que Dieu l'accueille en son vaste paradis In sha Allah »

Mes sœurs : Fati, Ahlem et Djamila et mes **frères** Belkacem et Djaloul qu'ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A toute ma famille, surtout **mes nièces** : Mohamed, Abdel-haï, Mouad, Seif El-islam, Wail, Amani, Ibtihal, Fatima el Zahra

A toutes la famille **BENKOUMAR** et la famille **NOUACER** surtout mes tantes et ma grande mère que le dieu la protège.

A Notre chère et dynamique encadreur Mlle. **BAALI FAIZA**

A ma chère amie et collègue CHERIET Youssra, de m'avoir soutenue et accompagnée aux moments les plus durs.

A **mes amis** qui ont suivi vraiment de très près ces quelques années de ma vie, surtout : Firdaouss, Fatima, Djohaina, Meriem et mes collègues Oussama et Abdelkader.

A toutes les personnes que je connais et que je n'ai pas citées.

A ceux que j'**aime** et qui **m'aiment**.

BENKOUMAR Nadia

DEDICACES

Dédicaces Grace à dieu tout puissant,

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire et plus particulièrement :

A **Ma très cher mère samira** qui m'a soutenu durant toute ma vie, et m'a appris à aimer le travail et le comportement pour son amour infini et sa bienveillance jour et nuit que le Dieu me la garde et la protège. ♥Merci maman ♥.

A **Mon père CHERIET Naceur** Pour sa patience, son amour et son soutien Merci pour vos instructions, aucun de mes mots ne saurait exprimer l'ampleur de ma reconnaissance.

. A mes grand parents **Masseouda et Yamna** que dieu les protèges.

A mes chers frères. **Achraf, Bouchra Et La petite Salma**

A **toute ma famille, surtout** «mes tantes « Mes cousines **CHERIET Hadjer NOUARI kawthar** et **HAMDADOU khouloud** »

A mes meilleures chères amies qui ont suivi vraiment de très près ces quelques années de ma vie : **ZANNANI Meriem, ADANA Miral, HAMADI Floriana, SADJI Selma** et **BOMEHRAS Asmaa**

A ma chère amie et collègue **BEN KOUMAR Nadia**, de m'avoir soutenue et accompagnée aux moments les plus durs.

Atout mes collègues et mes amies SANS EXEPTION

A toutes les personnes que je connais et que je n'ai pas citées.

CHERIET Youssra

DEDICACES

Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

Je dédie ce modeste travail ;

À

Mon très cher père, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, rien de ce que je dirai ne suffira pour lui exprimer ma gratitude alors Merci beaucoup

papa.

À

Ma très chère mère, qui m'a permis de devenir ce que je suis aujourd'hui, à la lumière de mes jours qui me guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite, à la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, Je t'adore maman

À

Ma belle-famille : Soufiane, Bouchra, Sara, Mouad, Houssam, Ritadj.

À

Mes binômes, Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur

À

Abdeldjalil, mon très cher ami et mon bras droit.

À

Ma copine, tu es la parure de ma vie et mon soutien dans ce monde.

Je ne peux oublier de remercier chaleureusement tous les membres de ma grande famille, et à tous mes fidèles amis avec qui j'ai partagé des moments forts.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

GAROUI Ahmed Oussama

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et nous a permis d'accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promotrice, M^{elle} BAALI Faiza pour son aide, ses conseils, son orientation et sa grande gentillesse. Merci pour avoir accepté d'encadrer ce mémoire, pour votre présence et votre disponibilité permanente.

Toutes nos expressions de respect à Pr. BOURAS Norreddine qui nous a fait honneur par sa présence en qualité de présidente de jury.

Nos sincères remerciements et considérations sont exprimés à M^{me} BOUTRFAIA Amira qui a accepté d'examiner ce travail et de consacrer de son temps pour l'évaluer.

On adresse nos sincères remerciements à tout l'ensemble des membres du laboratoire de département de la science de la nature et de la vie de l'université de Ghardaïa.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nos rencontrer et de répondre à nos questions durant ces année d'étude.

Nous remercions gracieusement toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

On remercie également tous nos amis et collègues de la promotion de biologie 2021/2022.

Enfin, on tient à exprimer nos gratitude éternelle à nos familles, parents, frères, tous par leur nom, pour leur patience et leur soutien illimité au cours de nos années scolaires dans les moments difficiles.

ملخص

Oudneya africana المعروف تحت الاسم العلمي : حنة الإبل؛ هو نبات طبي واسع الانتشار في المناطق الصحراوية ويستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي الجزائري. يهدف العمل الحالي إلى الدراسة الكيميائية النباتية وتقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات هذا النبات. نتج عن استخلاص البوليفينول من الجزء الهوائي للنبات المدروس مستخلصان خامان ؛ المستخلص العضوي الميثانولي والمستخلص المائي. . بلغت عائدات المستخلصات الخام حوالي 20.61% و 27.28% على التوالي. وأظهر التقدير الكمي لمجموع البوليفينول والفلافونويدات بطريقة القياس اللوني أن المستخلصات غنية بهذه المركبات. أظهرت النتائج أن أعلى كمية من إجمالي الفينولات والفلافونويد وجدت في المستخلص الميثانولي ، بمعدل 1.33 ± 90.93 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك / GAE / مغ مستخلص و 0.19 ± 10.05 ميكروغرام مكافئ كيرسيتين (QE) /مغ مستخلص، على التوالي. . تم إجراء التقييم ، في المختبر ، للنشاط المضاد للأكسدة للمستخلصين من خلال أربع طرق قياس طيفي ، وهي: اختبار DPPH ، واختبار ABTS ، واختبار النشاط الأرجاعي الفعال، واختبار التبييض β -carotene. أظهرت النتائج أن المستخلصين اللذين تمت دراستهما لهما قوة قوية كمضاد للأكسدة ، وأعلى تأثير مضاد للأكسدة هو تأثير المستخلص الميثانولي. في الختام، *Oudneya africana* لها تأثيرات قوية في كسح الجذور الحرة، في المختبر والتي تدعم استخدامها في الطب التقليدي. يشير هذا بوضوح إلى الفوائد المحتملة للنبات في مكافحة الطبيعية لظاهرة الإجهاد التأكسدي.

الكلمات المفتاحية : *Oudneya africana*، النشاطية المضادة للأكسدة ، المستخلص العضوي الميثانولي والمستخلص المائي.

Résumé

Oudneya africana R. connue sous le nom vernaculaire « Henat l'ibel » est une plante médicinale très répandue dans les régions sahariennes et largement utilisée en médecine traditionnelle algérienne. Le présent travail vise à l'étude phytochimique et d'évaluer l'activité antioxydante des extraits de cette plante. L'extraction des polyphénols de la partie aérienne de la plante étudiée a abouti à deux extraits brut ; l'extrait organique méthanolique et l'extrait aqueux. Les rendements en extraits brutes sont de l'ordre de 20,61% et 27,28% respectivement. L'estimation quantitative des polyphénols totaux et des flavonoïdes par la méthode colorimétrique a montré que les extraits sont riches en ces composés. Les résultats ont montré que la plus grande quantité de phénols totaux et de flavonoïdes a été trouvée dans l'extrait méthanolique, avec un taux de 90.93 ± 1.33 $\mu\text{gEAG/mg}$ d'extrait et 10.05 ± 0.19 $\mu\text{g EQ/mg}$ d'extrait, respectivement. L'évaluation, *in vitro*, de l'activité antioxydante des deux extraits a été réalisée par quatre méthodes spectrophotométrique, à savoir : le test du DPPH, le test d'ABTS, le test de pouvoir réducteur et le test de blanchissement β -carotène. Les résultats ont révélés que les deux extraits étudiés avaient un pouvoir antioxydant puissante dont l'effet antiradicalaire le plus élevé est celui de l'extrait méthanolique. En conclusion, *Oudneya africana* a des effets antioxydants puissants *in vitro* qui soutiennent leur utilisation en médecine traditionnelle. Ce qui indique clairement les bénéfices potentiels de la plante pour lutée naturellement contre le phénomène de stress oxydatif.

Mots clés: *Oudneya africana*, extrait méthanolique, extrait aqueux et activité antioxydante.

Abstract

Oudneya africana known under the vernacular name "Henat l'ibel" is a medicinal plant very widespread in the Saharan regions and widely used in traditional Algerian medicine. The present work aims at the phytochemical study and to evaluate the antioxidant activity of the extracts of this plant. The extraction of polyphenols from the aerial part of the studied plant resulted in two crude extracts; the methanolic organic extract and the aqueous extract. The yields of crude extracts are around 20.61% and 27.28% respectively. The quantitative estimation of total polyphenols and flavonoids by the colorimetric method showed that the extracts are rich in these. The results showed that the highest amount of total phenols and flavonoids was found in the methanolic extract, with a rate of 90.93 ± 1.33 $\mu\text{gEAG/mg}$ extract and 10.05 ± 0.19 $\mu\text{g EQ/mg}$ extract, respectively. The evaluation, in vitro, of the antioxidant activity of the two extracts was carried out by four spectrophotometric methods, namely: the DPPH test, the ABTS test, the reducing power test and the β -carotene bleaching test. The results revealed that the two extracts studied had a powerful antioxidant power whose highest anti-radical effect is that of the methanolic extract. In conclusion, *Oudneya africana* has powerful antioxidant effects in vitro that support their use in traditional medicine. This clearly indicates the potential benefits of the plant for naturally lit up against the phenomenon of oxidative stress.

Keywords: *Oudneya africana*, methanolic extract, aqueous extract and antioxidant activity.

LISTE DES ABREVIATIONS

AA	Activité antioxydante
ABTS	2,2'-azynobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique)
AlCl₃	Aluminium chloride
CAT	Catalase
DPPH	2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl
EAG	Equivalent d'acide gallique
EQ	Equivalent de quercétine
ERO	Espèces Réactives de l'Oxygène
Ex	Extrait
IC₅₀	Concentration inhibitrice de 50 %
E.Aq	Extrait aqueux
E.MEOH	Extrait méthanolique

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Origine extra- et intracellulaire des radicaux libres dérivés d l'oxygène.....	5
Figure 02 : Oxydation des protéines.....	6
Figure 03 : Mécanisme de la peroxydation des lipides.....	7
Figure 04 : Squelette de base des polyphénols.....	11
Figure 05 : Classification des polyphénols.....	12
Figure 06 : Structure chimique des flavonoïdes.....	13
Figure 07 : Les différentes classes des flavonoïdes.....	13
Figure 08 : Classification des tannins.....	14
Figure 09 : Structure de base de coumarine.....	15
Figure 10 : <i>Oudneya africana</i> R. (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara septentrional Est Algérien).....	17
Figure 11 : Piégeage du radical libre DPPH.....	22
Figure 12 Piégeage du radical ABTS.....	23
Figure 13 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	27
Figure 14 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.....	29
Figure 15 : Activité anti-radicalaire au DPPH. a : d'acide ascorbique. b : des extrais methanolique et aqueux.....	30
Figure 16 : Histogramme comparatif de l'IC ₅₀ de l'effet scavenger d'antioxydant de référence (A. ascorbique) et des extraits de <i>Oudneya africana</i> sur le radical DPPH.....	31
Figure 17 : Activité antiradicalaire vis à vis du radical ABTS. a : d'acide ascorbique. b : des extrais methanolique et aqueux.....	32
Figure 18 : Histogramme comparatif de l'IC ₅₀ de l'effet scavenger d'antioxydant de référence (Trolox) et des extraits de <i>Odneya africana</i> sur le radical ABTS.....	33
Figure 19 : Cinétique d'inhibition de blanchissement de β-carotène par les extraits de <i>Odneya africana</i> et l'antioxydant de référence (A. ascorbique).....	34
Figure 20 : Activité antioxydante des extraits de <i>Odneya africana</i> et d'acide ascorbique par le test de β-carotène/acide linoléique.....	34
Figure 21 : Pouvoir réducteur à 700 nm. a : d'acide ascorbique. b : des extrais methanolique et aqueux.....	35
Figure 22 : Histogramme comparatif de A _{0,5} des extraits de <i>Odneya africana</i> et d'acide ascorbique.....	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Différents types des radicaux libres.....	4
Tableau II: Rendement et teneurs en polyphénols et flavonoïdes des extraits de <i>Oudneya africana</i> R.....	26

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Stress oxydant.....	3
1.1. Définition	3
1.2. Radicaux libres et les espèces réactives.....	3
1.3. Formes des radicaux libres.....	3
1.4. Source des radicaux libres.....	4
1.4.1. Sources exogène	4
1.4.2. Sources endogène.....	4
1.5. Cibles des radicaux libres.....	5
1.5.1. Oxydation de l'acide nucléique	5
1.5.2. Oxydation des protéines.....	6
1.5.3. La peroxydation lipidique	6
1.6. Rôles physiologiques des radicaux libres.....	7
1.7. Systemes de defense antioxydants.....	8
1.7.1. Antioxydants enzymatiques.....	8
1.7.2. Antioxydants non enzymatiques.....	9
2. Les composés phenoliques.....	11
2.1. Classification des composés phénolique.....	11
2.1.1. Les acides phénoliques.....	12
2.1.2. Les flavonoïdes.....	12
2.1.3. Les tannins.....	14
2.1.4. Les coumarines.....	15
2.2. Activités biologiques des composés phénoliques.....	16
3. Présentation des plantes étudiées.....	17
3.1. Description botanique.....	17
3.2. Situation géographique.....	17
3.3. Position systématique.....	17
3.4. Utilisation traditionnelle.....	18

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel.....	19
1.1.Végétale	19
1.2.Réactifs et produits chimiques	19
2. Méthodes.....	19
2.1. Extraction des composés phénoliques	19
2.1.1. Extraction par macération	19
2.1.2. Extraction par decoction.....	20
3.5.Calcul du rendement.....	20
3.6.Caractérisation phytochimique.....	20
2.3.1. Dosage des polyphénols totaux.....	20
2.3.2. Dosage des flavonoïdes.....	21
3.7.Etude de l'activité antioxydante <i>in vitro</i>	21
3.7.1. Test d'activité anti-radicalaire (DPPH).....	21
3.7.2. Test de réduction du radical-cation ABTS•+.....	23
3.7.3. Pouvoir réducteur du fer (FRAP).....	24
3.7.4. Test de blanchissement de β-carotène.....	24
3.8. Analyses statistique.....	25

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Extraction des composés phénoliques	26
1.1. Dosage des polyphénols totaux.....	27
1.2. Dosage des flavonoïdes.....	28
2. Etude de l'activité antioxydante <i>in vitro</i>	30
2.1. Activité anti-radicalaire vis-à-vis le radical DPPH	30
2.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis le radical ABTS•+.....	32
2.3. Inhibition de la peroxydation lipidique par le test de β-carotène.....	33
2.4. Pouvoir réducteur du fer (FRAP)	35
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	39

INTRODUCTION

Introduction

Le stress oxydant est défini comme un déséquilibre entre l'exposition aux pro-oxydants et la protection par les antioxydants, conduit à l'induction et/ou l'amplification de plusieurs pathologies tel que : les maladies inflammatoires, le cancer, les maladies neurodégénératives et la peroxydation des différentes biomolécules (Rawane, 2018).

Les antioxydants jouent un rôle majeur dans la protection contre les dommages oxydatifs moléculaires. Les plantes sont aujourd'hui reconnues comme une source riche en composés antioxydants comme les composés phénoliques, les anthocyanines et les flavonoïdes. Il est actuellement admis que la consommation des antioxydants à base de plantes médicinales peut réduire le risque d'apparition de plusieurs maladies humaines liées au stress oxydatif (Tauchen *et al.*, 2015). Elles sont une source importante pour la découverte de nouveaux produits de valeur médicinale pour le développement de médicaments et les métabolites secondaires des plantes sont sources uniques de produits pharmaceutiques et d'additifs alimentaires (Bouzabata, 2019).

De nombreuses plantes médicinales contiennent des composés antioxydants qui protègent les cellules contre les effets dégénératifs des espèces réactives de l'oxygène (ROS), qui sont des radicaux libres tels que l'oxygène singulet, le superoxyde, les radicaux peroxy, et les radicaux hydroxyles Zebidi *et al.* (2018).

L'exploitation très vaste des plantes spontanées depuis des siècles par l'homme pour traiter les différentes pathologies courantes ont poussé les chercheurs à étudier les activités pharmacologiques des différents métabolites végétaux. Ces études ont pour but d'une part, de confirmer les propriétés thérapeutiques et d'autre part l'identification des principes actifs à l'origine de vertus attribuées aux plantes (Tlili, 2015).

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'étude du patrimoine traditionnel, elle est alentour l'étude phytochimique et l'activité antioxydante d'une plante médicinale saharienne (*Oudneya africana* R.) qui pousse dans la région de Ghardaïa. Cette plante appartient à la famille des Brassicaceae. Connues sous le nom vernaculaire « Henat l'ibel ».

L'objectif de la présente étude est de déterminer le contenu en polyphénols et en flavonoïdes de *Oudneya africana* R. ainsi que à l'évaluation *in vitro* de activité antioxydante des extraits brutes (méthanolique et aqueux).

Le travail est subdivisé en trois grandes parties: dont la première partie est consacré à une synthèse bibliographique. Par ailleurs, la deuxième rassemble les matériels et les méthodes utilisées pour réaliser nos expériences et la troisième partie est consacrée pour les résultats obtenus et leurs discussion. Enfin on termine par une conclusion et perspectives.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Stress oxydant

1.1. Définition

Le stress oxydant se définit l'incapacité de l'organisme à se défendre contre l'agression des radicaux libres (comme les ROS) (Sies, 1991); avec le déséquilibre entre la production de radicaux libres (ou espèces réactives de l'oxygène (ROS) et la capacité antioxydante cellulaire.(Migdal et Serres, 2011) ce qui conduit à des dégâts cellulaires irréversibles (Pincemail et *al.*, 1999).

Dans "stress oxydant ou oxydatif", le mot "stress" ne signifie pas la même chose que le stress psychologique ou psychosocial, qui est une attaque chimique oxydative de notre organisme. Le stress oxydatif n'est pas une maladie, mais il crée ou accélère les conditions de la maladie.(Buckenmeyer-Strasbourg, 2022).

1.2. Les radicaux libres

Un radical libre se définit comme tout atome, groupe d'atome ou molécule possédant un électron non apparié (célibataire) sur leur orbitale externe et capable d'existence indépendante (Angelos et *al.*, 2005). En raison de sa structure particulière, il a tendance à attirer les électrons d'autres atomes et molécules pour gagner la stabilité (Delattre et *al.*, 2005).

1.3. Formes des radicaux libres

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint des composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (Tableau I) (Favier, 2003) et d'autre classification basée sur le type de radical en donnant deux groupes principales : des radicaux dérivés de l'oxygène (Reactive oxygen species : ROS) ou d'autres atomes comme l'azote (Reactive nitrogen species : RNS) (Yan, 2013).

Tableau I. Différents types des radicaux libres (Gutowski et Kowalczyk, 2013).

Espèces radicalaires		Espèces non radicalaires	
Nom	Symbole	Nom	Symbole
Anion superoxyde	$O_2^{\cdot-}$	Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2
Acide hypochlorique	HOCl	Radical hydroxyle	$OH\cdot$
Monoxyde d'azote	$NO\cdot$	Peroxyde organique	ROOH
Oxygène singulet	1O_2	Radical peroxyde	$ROO\cdot$
Radical alkoxyde	$RO\cdot$	Peroxynitrite	ONOO-

1.4. Sources de radicaux libres

Les radicaux libres peuvent avoir des origines externes ou internes à l'organisme (Figure 01) :

1.4.1. Sources exogène

Les radiations X ou gamma peuvent par différents mécanismes faire apparaître des radicaux libres en scindant la molécule d'eau en deux radicaux. Les rayonnements UV sont capables de produire l'anion superoxyde ou de l'oxygène singulet après activation des photosensibilisants.

Une large variété de xenobiotiques (toxines, pesticides, herbicides, etc.) et médicaments (antibiotiques, anticancéreux, etc.) l'exposition à des agressions de l'environnement, comme les agents infectieux, la pollution, la fumée de cigarette peuvent contribuer à la production des ROS qui se forment comme un des produits de leur métabolisme (Tamer, 2003 ; Valko *et al.*, 2007).

1.4.2. Source interne

Les radicaux libres nocifs sont produits dans l'organisme au cours du métabolisme normal. Cette production augmente en rapport avec l'élévation de la consommation d'oxygène (Gauche et Hausswirth, 2006). Plusieurs mécanismes et systèmes responsables de la production de radicaux libres ont été identifiés jusqu'à présent, parmi eux nous citons :

Des fuites d'électrons au niveau de la chaîne respiratoire de la mitochondrie (Aurasseau, 2002) ; des processus inflammatoires produits par les cellules phagocytaires activées (Van,

Antwerpen, 2006) ; du système xanthine déshydrogénase/ oxydase activé lors d'ischémie-reperfusion (Valko *et al.*, 2006).

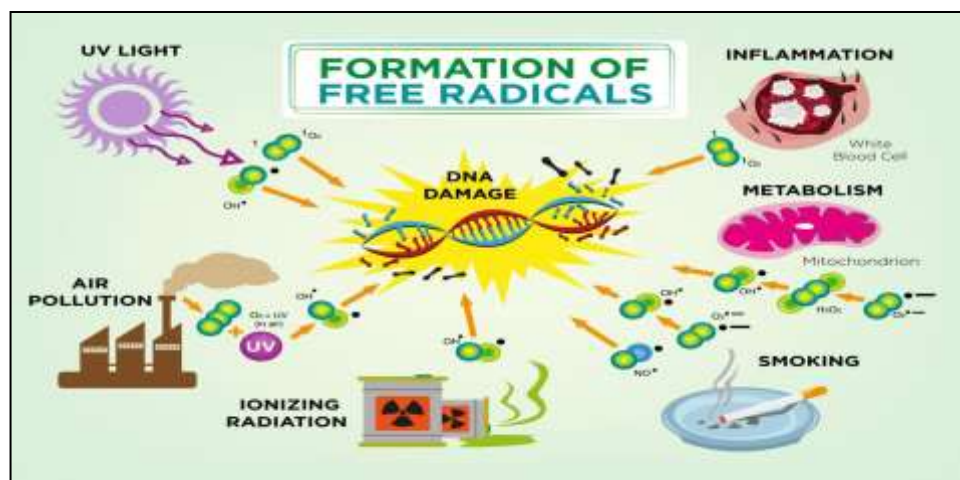


Figure 01. Origine extra- et intracellulaire des radicaux libres dérivés d'oxygène (Afonso *et al.*, 2007).

1.5. Cible des radicaux libres

Malgré que les ERO jouent un rôle positif dans les voies physiologiques normales et les fonctions nécessaires des cellules, leurs concentrations et leur surproduction élevées sont extrêmement toxiques pour la vie cellulaire en endommageant les macromolécules telles que les lipides, l'ADN et les protéines (Gandhi et Abramov, 2012; Kardeh *et al.*, 2014).

1.5.1. Oxydation de l'acide nucléique

Les dommages oxydatifs causés par les radicaux libres ou d'autres agents endommageant l'ADN ont des implications dans les phénomènes de mutagenèse, dans la mort des cellules (somatiques et reproductrices) et dans le vieillissement. Les mécanismes de génération de ces dommages sont de plusieurs types.

Rappelons ici que H_2O_2 et $O_2^{\bullet-}$ ne sont pas assez réactifs pour altérer directement l'ADN mais ils peuvent tous les deux générer le radical OH^{\bullet} . Comme le radical OH^{\bullet} est l'espèce la plus réactive de l'oxygène, sa réaction avec l'ADN est susceptible de conduire à divers processus, tels que l'oxydation des bases et des résidus des sucres ou la formation de cassures de chaîne par arrachement d'un atome d'hydrogène du 2-désoxyribose. (Valko, Leibfritz *et al.*, 2007).

1.5.2. Oxydation des protéines

Les protéines sont les constituants cellulaires les plus abondants et sont par conséquent des cibles importantes du stress. La modification structurale mineure d'une protéine peut induire une modification dans le fonctionnement de celle-ci. Comme pour les lipides, c'est le radical hydroxyle qui est le plus réactif responsable des altérations oxydatives des protéines introduisant de nouveaux groupes fonctionnels telles que les fonctions hydroxyles ou carbonyles qui contribuent aux altérations de la fonction des protéines, la modification de la leur conformation et de leur fragmentation.

L'oxydation des protéines peut également induire des réticulations inter- et intra-protéines par addition d'un groupement lysine sur le groupement carbonyle d'une protéine oxydée, peroxydation d'un groupement sulfhydryle des résidus cystéine formant ainsi des ponts disulfures ou par oxydation des résidus tyrosine formant des ponts Tyr-Tyr (Figure 02) (Pearl, Taylor *et al.*, 2007).

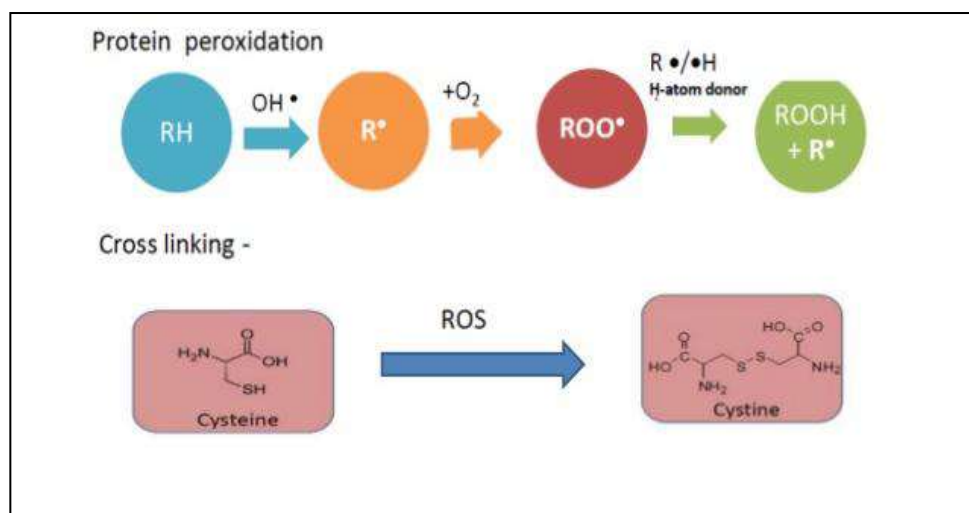


Figure 02. Oxydation des protéines (Pearl *et al.*, 2007).

1.5.3. La peroxydation lipidique

La peroxydation lipidique est une réaction en chaîne des lipides par des ERO. Cette réaction en chaîne est l'une des plus grandes sources de radicaux libres au sein de l'organisme et elle aboutit à l'altération irréversible de la membrane cellulaire entraînant la mort cellulaire (Valko, Leibfritz *et al.*, 2007).

La peroxydation lipidique se produit sur des acides gras polyinsaturés (LH) situés sur les membranes cellulaires, en présence d'oxygène par une réaction radicalaire en chaîne, qui

se décompose en trois étapes: l'initiation, la propagation et la terminaison. La phase d'initiation est due à l'attaque d'une espèce radicalaire ($R\bullet$) suffisamment réactive pour arracher un hydrogène d'une double liaison afin de former un radical lipidique ($L\bullet$) capable de réagir facilement avec l'oxygène pour donner un radical peroxy ($LOO\bullet$) (Cillard et Cillard, 2006).

Ce radical hautement réactif attaque d'autres acides gras ($L'H$) formant des hydroperoxydes lipidiques ($LOOH$), créant ainsi une réaction en chaîne (propagation), les $LOOH$ sous l'action des métaux (Fe^{2+} ou Cu^+), formeront des radicaux alkoxy ($LO\bullet$) et hydroxyles ($HO\bullet$) (Figure 03).

Enfin, des phases terminales de dégradation conduiront à des aldéhydes, parmi lesquels on peut citer le malondialdéhyde (MDA), le 4-hydroxynonéal (4-HNE), ou aux isoprostanes (phase de terminaison), ces composés sont utilisés en tant que marqueurs dans les tests de la peroxydation lipidique. Le dosage de MDA est souvent développé sur la base de sa dérivatisation avec l'acide thiobarbiturique (ATB) (Bonfont-Rousselot *et al.*, 2008).

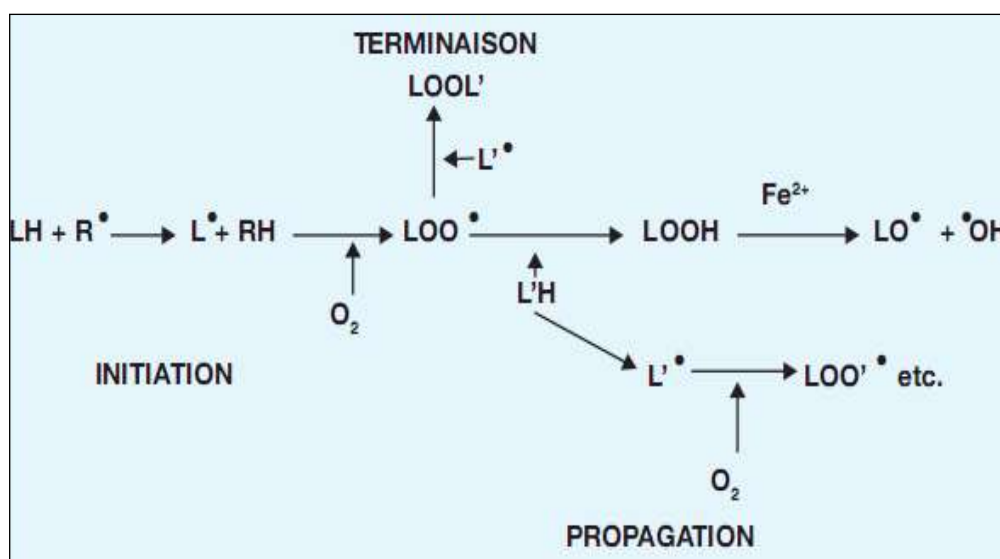


Figure 03. Mécanisme de la peroxydation des lipides (Michel *et al.*, 2008).

1.6. Rôles physiologiques des radicaux libres

Les ERO jouent divers rôles physiologiques importants, elles constituent l'arsenal de défense contre les agents pathogènes comme dans la phagocytose des bactéries par les cellules polynucléaire et seraient impliquées dans la régulation des repenses de la croissance cellulaire comme seconds messagers (Deby-Dupont *et al.*, 2002).

Ils sont également utilisés pour réguler les gènes et participent au fonctionnement de certaines enzymes. La vasodilatation capillaire, le fonctionnement de certains neurones, ou la fécondation des ovules, et enfin la destruction apoptotique des cellules tumorales, un processus naturel qui nécessite la présence de radicaux libres (Favier, 2006).

Les radicaux libres interviennent dans les fonctions vitales nécessaires à une bonne santé. Ils sont notamment impliqués dans la production, la fertilisation et la maturation du mouvement cellulaire l'élimination des déchets toxiques et la défense contre les microbes, les virus et même les cellules tumorales.

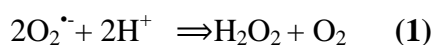
Les radicaux libres et les oxydants ont des effets à la fois toxiques et bénéfiques, c'est-à-dire qu'ils peuvent être nocifs ou bénéfiques pour l'organisme. Lorsque ces substances sont produites en excès, elles peuvent causer des lésions tissulaires associées à différents problèmes de santé. (Boucelha and Djebbar, 2014).

1.7. Systemes de defense antioxydants

1.7.1. Antioxydants enzymatiques

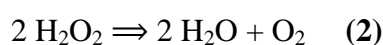
1.7.1.1. Superoxyde dismutases (SOD)

Les SOD sont les premières enzymes à intervenir dans la cascade des ROS. Elle catalyse la catalyse la dismutation d' $O_2^{\cdot-}$ en H_2O_2 (**Equation 1**) (Ighodara *et al.*, 2018). Cette métalloprotéine est classée en trois catégories, la SOD cytosolique (Cu- et Zndépendante), la SOD mitochondriale (Mn-dépendante) et la SOD extracellulaire. (Peltier, Russo-Marie et al.. 1998)



1.7.1.2. Catalases (CAT)

La catalase est une enzyme intracellulaire principalement localisée dans les peroxysomes. Elle catalyse la réaction de détoxification du H_2O_2 oxygène et en eau (généralement produit par la SOD). On la trouve principalement dans les globules rouges et des hépatocytes. Cette enzyme est constituée de quatre chaînes polypeptides, comportant chacune un atome de Fer sous forme ferrique (Fe^{3+}) (fig 13) (Valko, Leibfritz et al. 2007).



1.7.1.3. Glutathion peroxydase (GPx)

Les enzymes de cette famille sont Sélénium (Se)-dépendante. La glutathion peroxydase (GPX) est présente dans le cytoplasme et joue un rôle majeur dans la régulation de l'état redox physiologique intracellulaire des cellules vasculaires ayant la propriété de pouvoir catalyser la réduction des hydroxyperoxydes. Elle se retrouve dans les liquides extracellulaires ainsi que dans les cellules, au sein du cytosol et des mitochondries. Elle est constituée de 4 sous-unités contenant chacune un atome de sélénium. Il existe 5 isoformes de cette enzyme qui diffèrent selon leur localisation dans l'organisme. (Frei *et al.*, 1988).

1.7.2. Antioxydants non enzymatiques

1.7.2.1. Glutathion réduit (GSH)

Le GSH est un tripeptide (L γ glutamy-l-cystéinyl-glycine), c'est l'antioxydant intracellulaire le plus abondant, présent dans toutes les cellules aérobies; eucaryotes et procaryotes (Poljsak *et al.*, 2013). Il peut piéger le peroxyde d'hydrogène, le radical hydroxyle et l'acide hypochloreux (Sung *et al.*, 2013).

1.7.2.2. Acide urique

Produit terminal majeur du métabolisme des purines chez l'homme, il est à pH physiologique majoritairement ionisé sous forme d'urate, un piègeur puissant de radicaux (OH \bullet , ROO \bullet , NOO \bullet ...). Les propriétés antioxydantes de l'urate *in vivo* peuvent être appréciées indirectement par le fait qu'un produit de réaction de l'urate avec l'allantoïne est présent à des taux élevés lors d'un stress oxydant (Haleng *et al.*, 2007).

1.1.1.1. Vitamine C «Ascorbate »

Est une molécule hydrophile que l'on retrouve dans de nombreux fruits comme les oranges, les citrons et les fraises. Son caractère hydrophile ne lui permet pas d'avoir une activité intracellulaire, elle est utilisée comme antioxydant de synthèse dans les industries alimentaire. Elle peut piéger directement l'anion superoxyde O₂ \bullet^- , le radical hydroxyle HO \bullet , l'oxygène singulet et réduit le peroxyde d'hydrogène en eau via l'ascorbate peroxydase (Smirnoff, 2018). Elle protège également les phospholipides membranaires des dommages peroxydante (Pisoschi et Pop, 2015).

1.7.2.2. Vitamine E « α -tocophérol»

La vitamine E est une vitamine liposoluble présente en grande quantité dans les huiles végétales (exemple : l'huile de palme, d'olive et de tournesol), elle va agir comme antioxydant contre les ERO (en parallèle de la vitamine C et du glutathion) et plus particulièrement dans l'inhibition de la peroxydation lipidique. La chaîne carbonée augmente en effet le caractère lipophile de la molécule et ainsi facilite la pénétration dans les bicouches lipidiques, et permet une action directe intracellulaire (Fabre, Bayach *et al.*, 2015).

1.7.2.3. Oligoéléments

Les effets bénéfiques de cet oligo-élément sur l'organisme ne sont connus que depuis un quart de siècle. Il neutralise les métaux toxiques (plomb, mercure). Il aurait aussi une action préventive sur certains cancers.(Jomova and Valko 2011).

1.7.2.4. Caroténoïdes (bêta-carotène, lycopène)

Les caroténoïdes sont des pigments issus des plantes et microorganismes, et sont regroupés en deux grandes familles : les carotènes et les xanthophylles (Nève, 2002 ; Josse, 2003). Ils possèdent une activité pro vitaminique A, et antioxydante possédant la capacité de capter l'oxygène singulier. (Lawlor, 2005).

1.7.2.5. Les polyphénols

Sont des métabolites secondaires ont des propriétés antioxydantes, et en particulier la classe des flavonoïdes qui peuvent agir de différentes façons dans les processus de régulation du stress oxydant : par capture directe des RLs, par chélation de métaux de transition comme ou par inhibition de l'activité de la XO (Li *et al.*, 2014).

2. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols sont l'un des métabolites secondaires qu'ils possèdent un poids moléculaire élevé. Ils sont fort répandus dans le règne végétal ; on les rencontre dans les racines, les feuilles, les fruits et l'écorce (Boizot et Charpentier, 2006). Ils sont caractérisés par la présence d'au moins d'un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre (Figure 04), ou engagé dans une autre fonction tels que : éther, ester, hétéroside...etc. (Bruneton, 1999 ; Lugasi *et al.*, 2003). Ils représentent 2 à 3% de la matière organique des plantes et dans certains cas jusqu'à 10% et même d'avantage.

Ces composés jouent un rôle important dans la croissance et la reproduction, offrant une protection contre prédateurs et agents pathogènes (Bravo, 1998), en plus de contribuer vers la couleur et de caractéristiques sensorielles fruits et légumes. Le bénéficiaire effets dérivés de composés phénoliques a été attribué à leur activité antioxydante.

Ces composés ont été signalés de posséder non seulement une activité anti-oxydante, mais aussi des propriétés antiviraux et antibactériens (Balasundram *et al.*, 2006).

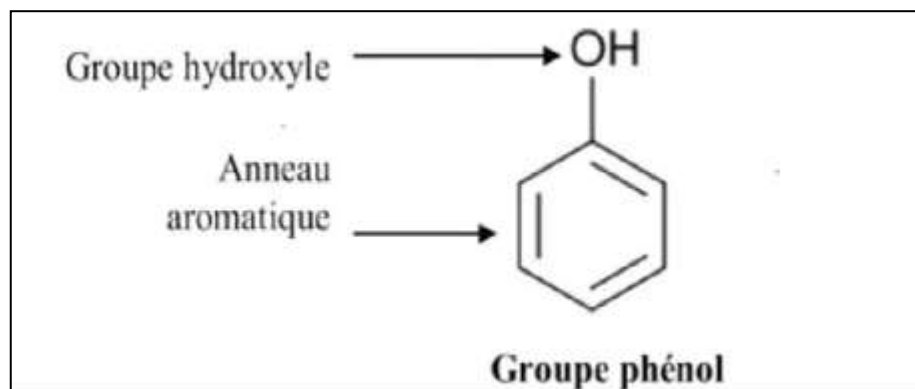


Figure 04. Squelette de base des polyphénols (Vermerris et Nicholson, 2006).

2.1. Classification des composés phénolique

Les principales classes de composants phénoliques sont: les acides phénoliques (acide caféique, acide hydroxycinnamique, acide chlorogénique), les flavonoïdes qui représentent plus de la moitié des polyphénols, les tanins, et les coumarines.

Les composés phénoliques peuvent être classés en fonction du nombre et de la disposition de leurs atomes de carbone en plusieurs groupes (Figure 05).

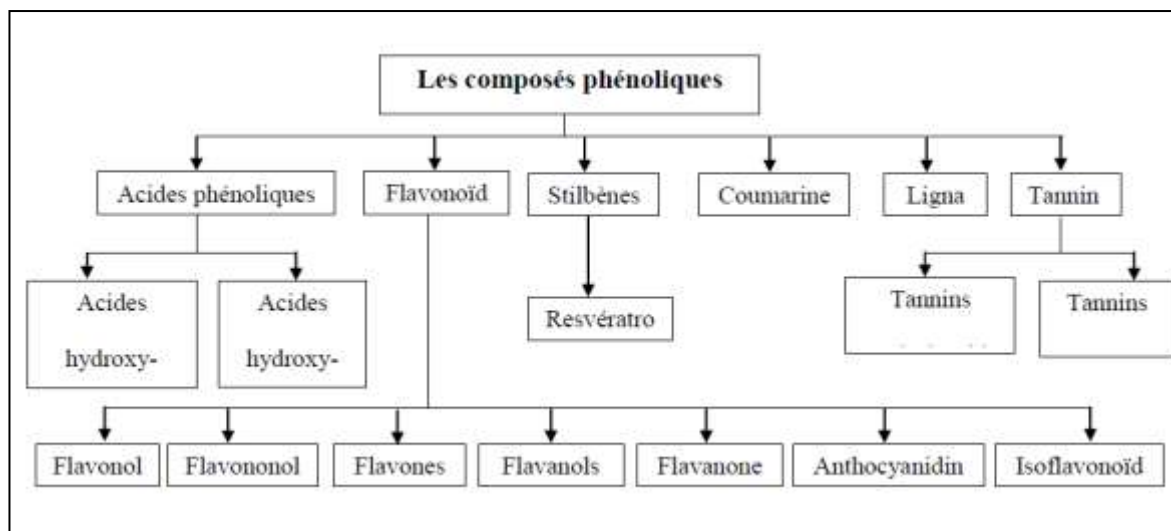


Figure 05. Classification des polyphénols.

2.1.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques, ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols. Ils sont incolores et plutôt rares dans la nature. Ils se divisent en deux catégories (Bruneton, 2009).

- **les acides hydroxybenzoïques (C6-C1)**; Dérivés de l'acide benzoïque, dont les plus répandus sont l'acide cinnamique, l'acide salicylique, l'acide gallique et l'acide vanillique, (Macheix *et al.*, 2005). Ils existent fréquemment sous forme d'esters ou de glucosides et peuvent également être intégrés dans des structures complexes comme certains tanins (Gresele *et al.*, 2001).
- **les acides hydroxycinnamiques (C6-C3)**; Dérivés de l'acide cinnamique, sont plus abondants que les acides hydroxybenzoïques (El Gharras, 2009). Ils sont principalement composés d'acide *p*-coumarique, l'acide caféique et l'acide férulique (Lafay et Gil-Izquierdo, 2008).

2.1.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes désignent une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des composés phénolique. (Marfak, 2003). Ils sont amplement répandus dans le règne végétal tant les graines que les fleurs, les fruits et les feuilles (Dacosta, 2003) ces molécules sont considérées comme des pigments universels des végétaux.

Les flavonoïdes sont responsables de la couleur variée des fleurs, des fruits et des feuilles et représentent une source importante d'antioxydants. Chimiquement, les flavonoïdes sont formés par une structure C6-C3-C6 ; qui se compose de deux cycles benzéniques (A et

B) liés par une chaîne à trois atomes de carbone qui forment un hétérocycle oxygéné (Figure 06).

Les flavonoïdes peuvent être subdivisés en plusieurs classes dont les plus importantes sont : flavonone, flavanols, flavanones, Isoflavones, Flavones et anthocyanidins (Abotaleb *et al.*, 2019).

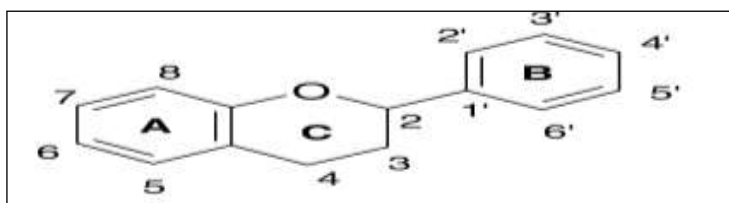


Figure 06. Structure chimique des flavonoïdes (Balasundram N. *et al.*, 2006).

En générale les flavonoïdes se trouvent soit à l'état libre et ils sont dits aglycones, soit sous forme de C- ou O-glycosides, et dans ce cas ils sont liés à des sucres tels que le glucose, le rhamnose, l'arabinose (Figure 07), ils peuvent en outre être des monomères ou des oligomères (Dacosta, 2003).

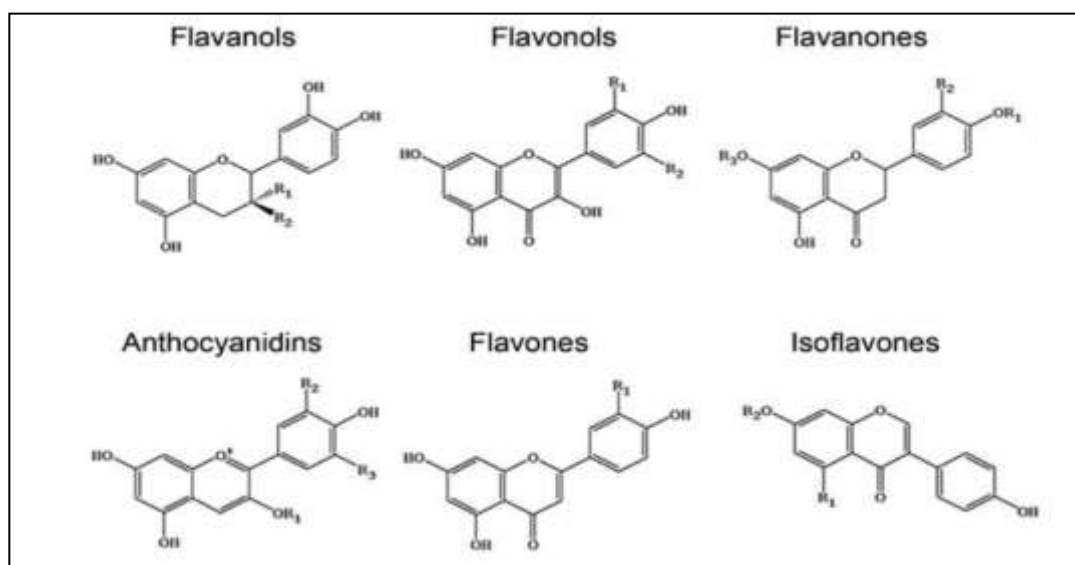


Figure 07. Les différentes classes des flavonoïdes (Abotaleb *et al.*, 2019).

Les flavonoïdes montrent des propriétés intéressantes fongicides et insecticides qui protègent la plante contre l'attaque des champignons et des insectes (Merghem, 2009) et ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales (Iserin *et al.*, 2001). On peut également noter que les flavonoïdes montrent à des propriétés dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec les diverses

hormones végétales de croissance (Merghem, 2009), Aussi ils assurant la protection des tissus contre les rayonnements solaires nocifs. (Crozier *et al.*, 1997; Stobieck *et al.*, 2006).

2.1.3. Les tannins

Les tanins sont des polymères phénoliques, hydrosolubles, de masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da, ils sont formés de nombreuses unités flavonoïdes et ne sont hydrolysés qu'en présence d'acides forts. (Atefeibu, 2002). Ces composés interviennent dans l'inhibition de la peroxydation lipidique, aussi dans l'oxydation de l'acide ascorbique (Perret, 2001).

Ces métabolites secondaires sont localisés dans les feuilles, l'écorce et les fruits de nombreuses plantes. Ils font ainsi partie intégrante de notre alimentation (vin, thé, divers fruits...) (Simon, 2003). Caractérisées par leur astringence, ils ont la propriété de précipiter les protéines (fongiques ou virales) et les métaux lourds.

On distingue habituellement, chez les végétaux supérieurs, trois groupes de tanins différents par leur structure : les tanins hydrolysables, les tanins complexes et les tanins condensés (Figure 08) (Vermerris et Nicholson, 2006).

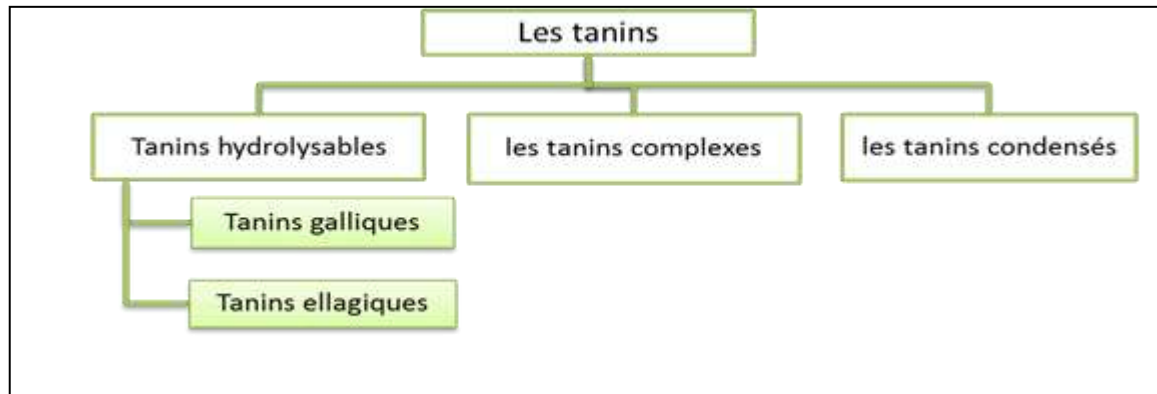


Figure 08. Classification des tannins.

A. Tannins hydrolysables

Les tannins hydrolysables sont des polyesters de glucides et d'acides phénols, ils sont facilement scindés par les enzymes de tannases en oses et en acide phénol, selon la nature on distingue :

- ✓ **Les tannins galliques** : Ils donnent par l'hydrolyse des oses et de l'acide gallique ou l'un de ces dérivés.

- ✓ **Les tannins ellagiques** : Ils sont scindés par les enzymes en oses et en acide ellagique (Bruneton, 1999).

B. Tanins non hydrolysable ou tanins condensé

Ce sont des tannins non hydrolysables (Dits catéchiques et proanthocyaniques), ils sont plus complexes que les tanins galliques, ils possèdent une squelette phényl-2- chromane de flavonoïdes (Alilou, 2012).

Ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader. Ainsi par traitement acide à chaud, ils se transforment en pigments rouges (Jacques Macheix et *al.*, 2005).

2.1.4. Les coumarines

La coumarine (1,2-benzopyrone) est un composé d'origine naturelle, étant présent dans une grande variété de plante notamment dans les racines, ainsi que dans les tissus âgés ou lésés. Environ 1620 dérivés de coumarine ont été isolés à partir de plusieurs espèces de plantes et de microorganismes (Sproll, 2008).

Les coumarines sont caractérisées par une structure qui comporte le noyau benzo- α pyrone (coumarine), famille de molécules, qui se composent d'un noyau benzénique relié à un noyau pyrone (Figure 09) (Jain and Joshi, 2012).

Les coumarines de différents types se trouvent dans de nombreuses espèces végétales et possèdent des propriétés très diverses. Elles sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (Igor, 2002)

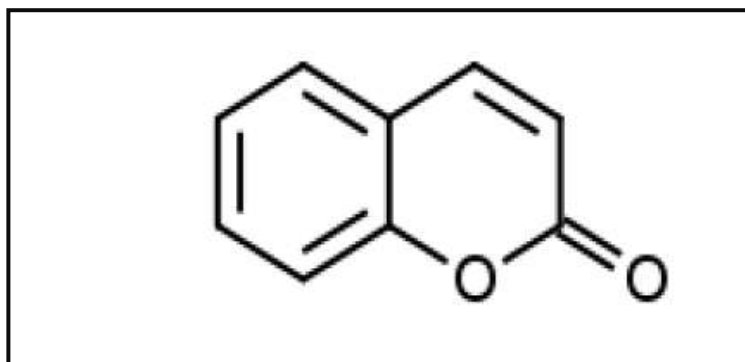


Figure 09. Structure de base de coumarine.

2.2. Activités biologiques des composés phénoliques

Les effets bénéfiques des polyphénols intéressent particulièrement dans deux domaines : la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (Leong et Shui, 2002).

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs divers propriétés physiologiques comme les activités anti-allergique, anti-atherogénique, anti-inflammatoire, hépatoprotective, anti-microbienne, anti-virale, anti-bactérienne, anti-cancérogénique, anti-thrombotique, cardioprotective et vasodilatatoire (Middleton et *al.*, 2000 ; Ksouri et *al.*, 2007).

3. Présentation des plantes étudiées

Notre travail porte sur l'étude de l'espèce de la famille des Brassicaceae: *Oudneya africana* R.

3.1. Description botanique

Oudneya africana R. est une plante vivace (Chehema et Djebbar, 2008) buissonnante glabre très rameuse. Feuilles nombreuses allongées en spatule un peu charnues, alternes, sessiles, rétrécies à la base. Fleurs à quatre pétales de couleur mauve ou violette. Fruit cylindrique étroit. Plante pérenne, ligneuse, en période chaude (mars et avril), qui régénèrera dès que les conditions seraient favorables (Figure 10) (Quézel et Santa, 1962).



Figure 10. *Oudneya africana* R. (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara Septentrional, Est Algérien)

3.2. Situation géographique

Oudneya africana R. est une plante endémique du Sahara septentrional qui appartient à la famille Brassicaceae (Berghioua *et al.*, 2009), elle se rencontre en Algérie, en Tunisie, au Maroc et en Libye. En Algérie elle se trouve dans les régions du Ghardaia, Ouargla et Biskra. La floraison s'effectue pendant l'hiver et le printemps (Smadi, 2003). Elle possède une taille d'environ de 50 cm à 1,50 m.

3.3. Position systématique

La position systématique d'*Oudneya africana* R. Selon Quezel et Santa (1963) est la suivante :

- **Règne** Végétal
- **Embranchement** Spermaphytes
- **Classe** Dicotyledone
- **Ordre** Parietales
- **Famille** Brassicaceae
- **Genre** Oudneya
- **Espèce** *Oudneya africana R.*
- **Nom vernaculaire** Henat l'ibel

3.4. Utilisation traditionnelle

Oudneya africana, connue sous le nom arabe "Hannet l'ibel", elle est largement utilisée en Algérie et au Maroc le plus souvent dans la médecine traditionnelle par les populations locales pour traiter la cicatrisation de la plaie et contre les piqûres des insectes (Scorpion) (Bouhadjera, 2005), et elle est consommé comme bon traitement pour les maladies de l'intestin (Smadi, 2003). Au sud Algérien, les habitants utilisent cette plante comme pâte (pâte = plante séchée et réduite en poudre et humectée à l'eau) contre les maladies de la peau.

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

1.1. Matériel végétal

La partie aérienne de la plante médicinale : *Oudneya african* a été récoltées durant la période février 2022 de la région de Oued metlili, wilaya de Ghardaia.

L'identification botanique de l'espèce a été effectuée par le botaniste Dr. BENSAMAOUNE Youcef au niveau du département des sciences de biologie, Université de Ghardaia, utilisant la flore d'Algérie (Quezel et Santa, 1962).

La plante fraîchement collectées a été séchées à l'abri de la lumière et conservées dans un endroit sec et à température ambiante.

1.2. Réactifs et produits chimiques

Trichloride d'aluminium ($AlCl_3$), Réactif Folin Ciocalteu ($3H_2O$, P_2O_5 , $13WO_3$, $5MoO_3$, $10H_2O$), Méthanol, Chloroforme - β -carotène, Acide trichloracétique (TCA) - Butylhydroxytoluene (BHT), Chlorure ferreux ($FeCl_3$) - 2, 2'-azinobis (3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic) (ABTS), 2,2 diphényl-1-picryle hydrazyl (DPPH) - Carbonate de sodium ($NaCO_3$), Acide ascorbique ($C_6 H_8O_6$), Acide Gallique ($C_7H_6O_5$), Quercitine dyhydraté ($C_{15}H_{10}O_7$). Les réactifs et les produits chimiques sont provenus de Sigma, Sigma-Aldrich et Fluka.

2. Méthodes

2.1. Extraction des composés phénoliques

La macération est une opération qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs. C'est une extraction qui se fait à température ambiante (Lagnika, 2005).

2.1.1. Extraction par macération

Une quantité de 10 g de la poudre végétale a été mélangé avec 100 ml du solvant méthanol. Le mélange est maintenu sous une agitation magnétique pendant 24h à température ambiante (ratio 1 :10). La solution obtenue est ensuite filtrée sur papier filtre (Wattman N°1 de diamètre 0,2 μm). Le filtrat récupéré a été ensuite, évaporés à sec au moyen d'un

évaporateur rotatif (BÜCHI) à 40 °C. Les extraits obtenus sont séché puis stockés à température de 4°C jusqu'à leurs utilisations (Kamil Hussain *et al.*, 2019).

2.1. 2. Extraction par decoction

Une pesée de 20 g de poudre de la plante est trempée dans 200 ml d'eau distillée bouillante pendant 4 heures sous agitation continue (Konkon *et al.*, 2006). Le mélange est filtré sur un papier Whatman. Les filtrats obtenus sont additionnés et évaporés à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif "BÜCHI" à une température de 40 °C. Les extraits obtenus sont séché puis stockés à température de 4°C jusqu'à leurs utilisations

2.1. Calcul du rendement

Le rendement en extraits méthanolique et aqueux (R) est le rapport entre la masse de l'extrait et la masse de la matière végétale utilisée multiplié par 100.

Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = [(P1 - P2) / P3] \times 100$$

P1 : poids du ballon après évaporation.

P2 : poids du ballon avant évaporation.

P3 : poids de la matière végétale de départ.

2.3. Caractérisation phytochimique

2.3.1. Dosage des polyphénols totaux

La teneur en composés phénoliques dans les extraits de *Oudneya african* a été estimée par la méthode de folin-Ciocalteau (Li *et al.*, 2007). Ce réactif de couleur jaune est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lorsque les polyphénols sont oxydés, ils réduisent le réactif de Folin-Ciocalteau en un complexe ayant une couleur bleue constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. Cette couleur bleue, dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en composés phénoliques du milieu, produit un maximum d'absorption à 760 nm.

Brièvement ; 1ml de réactif de folin (10 fois dilué) est ajouté à 200 µl des extraits ou standard avec des dilutions convenables. Après 4 minutes d'incubation, 800 µl d'une solution

de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (7,5%) sont additionnées au milieu réactionnel. Après 2 heures d'incubation à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 765nm.

La concentration des **polyphénols** totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-90 $\mu\text{g/ml}$) et est exprimée en μg d'équivalent d'acide gallique par mg d'extrait (μg EAG/mg Ex).

2.3.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes dans les extraits de *Oudneya africana* a été effectué selon la méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) (Djeridane *et al.*, 2006). Les flavonoïdes ont un groupe hydroxyle libre (OH) en 5^{ème} position, qui peut former des complexes colorés avec le chlorure d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes jaune pâle en chélatant les métaux (fer et aluminium). Cela reflète le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour se lier aux deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons.

Un volume de 1 ml des extraits ou standard (Quercétine) dilué dans le méthanol est ajouté à 1 ml de la solution AlCl_3 (2% dans le méthanol). Après 10 min d'incubation à température ambiante, l'absorbance est lue à 430 nm.

La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine (0 – 40 $\mu\text{g/ml}$) et est exprimée en μg d'équivalent de quercétine par mg d'extrait (μg EQ/mg d'extrait).

1.4. Etude de l'activité antioxydante *in vitro*

L'activité antioxydante d'un extrait correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer, *in vitro*, l'activité antioxydante. Dans notre travail, nous avons opté pour le test de piégeage du radical libre DPPH, test d'ABTS, la réduction du fer et le test de blanchissement de β -carotène.

1.4.1. Test d'activité anti-radicalaire (DPPH)

Le DPPH (2,2 diphényl-1-picryl hydrazyl) est un radical libre instable à un électron seul sur l'atome d'azote, caractérisé par une couleur violette avec un maximum d'absorption à 517 nm. En présence de l'antioxydant, un composé phénolique, les électrons isolés sont souvent appariés, ce qui fait que le DPPH change de couleur d'un violet foncé initial (la forme radicale

du DPPH) au jaune pâle. (Forme réduite DPPH-H) (Figure 11). Cette décoloration est due à la capacité de l'échantillon à piéger ce radical libre (Ramadan, 2010).

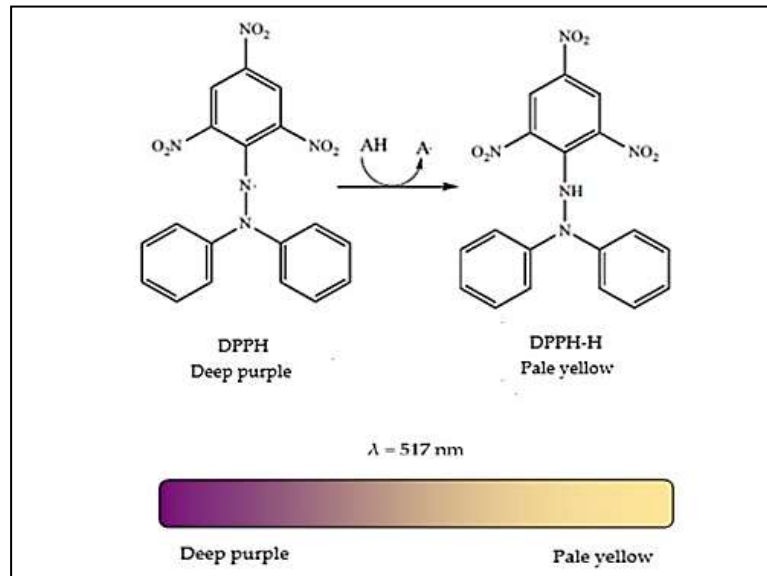


Figure 11. Piégeage du radical libre DPPH (Munteanu *et al.*, 2021).

La capacité des extraits d'*Oudneya africana* à piéger les radicaux libres DPPH a été évaluée à l'aide de la méthode décrite par Qu *et al.* (2006). Un volume de 500 µL de la solution de DPPH• 0.1 mM est ajouté à 500 µL des extraits à différentes concentrations ou du standard (Acide ascorbique), le mélange est vigoureusement agité puis laissé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min. L'absorbance est lue à 517 nm contre un blanc (contenant 500 µL du méthanol et 500 µL de la solution DPPH•). Les essais sont réalisés en triplicata et les résultats sont exprimés selon la relation qui suit :

$$PI \% = [(A_0 - A) / A_0] \times 100$$

Où :

PI : Pourcentage d'inhibition exprimé en %.

A₀: Absorbance de la solution du DPPH sans échantillon (contrôle négatif).

A : Absorbance de la solution du DPPH en présence de l'échantillon.

La concentration inhibitrice (IC₅₀) est la concentration des extraits testés nécessaire pour réduire et neutraliser 50% du radical DPPH. Ce paramètre est également défini comme la concentration d'antioxydant requise pour diminuer la concentration initiale de 50%, il est inversement lié à la capacité antioxydante.

Les IC50 sont calculées graphiquement par les régressions linéaires ou logarithmiques des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations de chacun des extraits testés (Scherer et Godoy, 2009). Cette valeur est comparée à celle trouvée pour le composé de référence (BHT).

Les valeurs IC50 sont rapportées sous forme de moyenne plus ou moins erreur standard (SD). Une faible valeur IC50 indique une forte capacité de l'extrait à agir comme piègeur de DPPH.

1.4.2. Test de réduction du radical-cation ABTS^{•+}

Cette méthode a été décrite pour la première fois par Miller et Rice-Evans (1993), puis améliorée en 1999. Il consiste en la réduction d'un radical cationique coloré (acide 2' 2 azobis 3 éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) appelé ABTS. + Provoque une décoloration de l'ABTS-H⁺ et de la solution. L'évolution de sa concentration a été suivie à 734 nm lors de sa réaction avec les antioxydants (Figure 12).

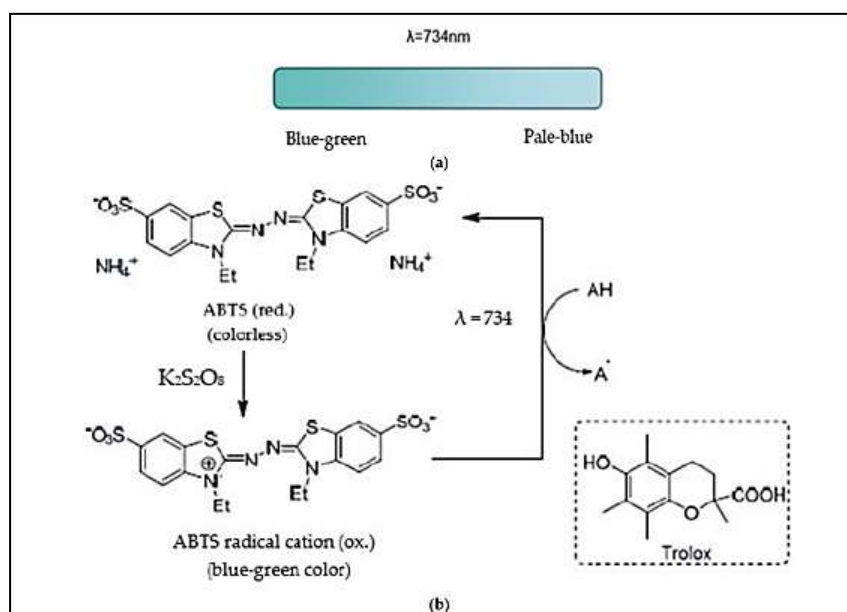


Figure 12. Piégeage du radical ABTS (Munteanu *et al.*, 2021).

Ce test a été réalisé selon le protocole décrit par Re *et al.* (1999). La solution du radical cationique ABTS^{•+} a été préparée en mélangeant 2,45 Mm d'ABTS avec 7 mM de persulfate de potassium. Après 16 heures d'incubation la solution ABTS^{•+} est diluée avec l'eau déminéralisée, afin d'obtenir une absorbance de 0,7±0,05 à 734 nm. Un volume de 2,9 ml de cette solution fraîchement préparée est ajouté à 0,1 ml de différents extraits et l'absorbance est mesurée après 7 min d'incubation à température ambiante. Le trolox a été utilisé comme

antioxydant de référence. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition et en activité antiradicalaire (IC50) de la même façon que ceux décrits précédemment pour le test DPPH.

1.4.3. Pouvoir réducteur du fer (FRAP)

L'activité réductrice d'un extrait est évaluée par la réaction oxydoréduction entre l'extrait et les ions métalliques de transition, notamment le fer du ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ fournit des ions Fe^{3+} qui seront réduits en Fe^{2+} par les antioxydants présents dans l'extrait végétal (Huang *et al.*, 2005). Par conséquent, Fe^{2+} peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu dans le milieu réactionnel à 700nm. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés. Le pouvoir réducteur est déterminé selon la méthode décrite par Oyaizu. (1986).

2,5 ml de différents extraits ou de l'antioxydant standard (Acide ascorbique) à différentes concentrations est mélangé avec 2,5 ml d'une solution tampon phosphate (0.2M, pH 6.6) et 2,5 ml d'une solution de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%. Le mélange est incubé au bain-marie (MEMMERT) à une température de 50°C pendant 20 min, ensuite 2,5 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction puis les tubes sont centrifugés (SIGMA) à 3000 rpm pendant 10 min. Un aliquote de (2,5 ml) du surnageant est combiné à 2,5 ml d'eau distillée et 0.5 ml d'une solution aqueuse de $FeCl_3$ à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel est faite à 700nm contre un blanc préparé en remplaçant l'extrait par méthanol.

1.4.4. Test de blanchissement de β -carotène

La capacité des extraits à inhiber la peroxydation lipidique a été étudiée par le test au β -carotène/acide linoléique (Miraliakbari *et al.*, 2008). Elle consiste à mesurer à 490 nm la décoloration du β -carotène résultant de son oxydation par les produits de décomposition de l'acide linoléique. Brièvement, 0,5 mg de β -carotène dans 1 ml de chloroforme est mélangée avec 25 μ l d'acide linoléique et 200 mg de Tween 40. Le chloroforme est évaporé sous pression réduite à 45°C au rotavapeur, "BÜCHI", ensuite 100 ml d'eau distillée saturée en oxygène sont ajoutés et le mélange obtenu est agité vigoureusement.

Le mélange réactionnel a été par la suite aliquoté (2,5 ml) dans des tubes à essai, et 350 μ L de chacun des extraits préparés (2 mg/ml) ont été ajoutés. La même procédure a été répétée avec l'hydroxytoluène butylé (BHT ; 2 mg/ml) comme un contrôle positif et avec le

l'eau distillée comme des contrôles négatifs. Les absorbances ont été lues à 490 nm après 20 min, 40 min, 60 min, 80 min, 100 min et 120 min d'incubation à température de 50⁰C à l'obscurité. Le pourcentage de l'activité antioxydante (% AA) a été calculé ainsi :

$$AA\% = (AE / AEt_0) \times 100$$

AE : absorbance en présence de l'extrait ou BHT

AEt₀ : absorbance en absence de l'extrait ou BHT à t₀

Les valeurs de % AA prises pour la comparaison sont ceux calculées à 2 h.

1.5. Analyses statistique

Les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne ± SD ou SEM. L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel Graph pad Prism7. Les différences ont été considérées statistiquement significatives pour p < 0,05 dans l'ensemble des analyses statistiques en utilisant l'analyse de la covariance « One way » suivie du test de Dunnett pour les comparaisons avec les standards ou test de Tukey's pour les comparaisons multiples.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Extraction des composés phénoliques

L'extraction est l'étape principale dans la récupération et l'isolement des composés phytochimiques bioactifs. Dans la présente étude, les méthodes utilisées est celle de l'extraction par macération et décoction, en utilisant des solvants de plus en plus polaires (Eau distillée et méthanol) afin d'obtenir des extraits enrichis en molécules d'intérêt.

Cette étape permet de séparer les polyphénols selon leur structure et leur degré de polymérisation; en les affrontant par plusieurs solvants spécifiques allant du moins polaire au plus polaire.

Les résultats du rendement d'extraction de la plante étudié par macération avec méthanol et l'eau distillée sont représentés dans le tableau II.

Tableau II. Rendement et teneurs en polyphénols et flavonoïdes des extraits de *Oudneya africana* R.

Extrait	Rendement (%)	Polyphénols ($\mu\text{g EAG/mg Ex}$)	Flavonoïdes ($\mu\text{g EQ/mg Ex}$)
Extrait méthanolique	20,61 ^b	90,93 \pm 1,33 ^a	10,05 \pm 0,19 ^a
Extrait aqueux	27,28 ^a	57,36 \pm 0,67 ^b	2,38 \pm 0,05 ^b

L'extrait aqueux de la partie aérienne de *Oudneya africana* a donné un rendement de 27,28 %, qui est relativement élevé par rapport à celui de l'extrait méthanolique (20,61 %). Ce rendement relativement grand pourrait être aussi expliqué selon Stalikas (2007) par la grande polarité de l'eau, la température et l'agitation durant l'extraction.

Ces résultats sont très importants et nettement supérieurs à celui rapporté sur l'extrait préparé par Rouari *et al.* (2022), qui ont obtenus des rendements de 13,37 % pour l'extrait méthanolique et 6,51% pour l'extrait aqueux.

Les variations des rendements d'extraction peuvent être liées à la diffusion des solvants dans la poudre de plante dans l'étape de macération et probablement à la nature et la polarité des solvants utilisés pour l'extraction. Aussi, la taille des particules et la composition chimique des composés dans la plante (Barroso *et al.*, 2014).

En général, d'autres facteurs peuvent influencer l'efficacité de l'extraction à côté de la méthode d'extraction, tel que: le pH, la température, le temps d'extraction, etc. (Do *et al.*, 2014).

Toutefois, il est difficile de comparer les résultats du rendement, car ce dernier est relatif, dépendant de la méthode utilisée et les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée (type de solvant, température et durée de l'extraction,...).

1.1. Dosage des polyphénols totaux

La détermination de la teneur en phénols totaux est estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu, une méthode qui satisfait aux critères de faisabilité et de reproductibilité, c'est un test largement pratiqué dans les laboratoires de recherche d'antioxydants alimentaires à travers le monde (Khadhri *et al.*, 2012).

Le contenu en polyphénols totaux est déterminé à partir l'équation de la régression linéaire ($y=ax+b$) de la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique à différentes concentrations (Figure 13). Les résultats sont exprimés en μg équivalent d'acide gallique (EAG) par mg d'extrait (μg EAG /mg d'extrait).

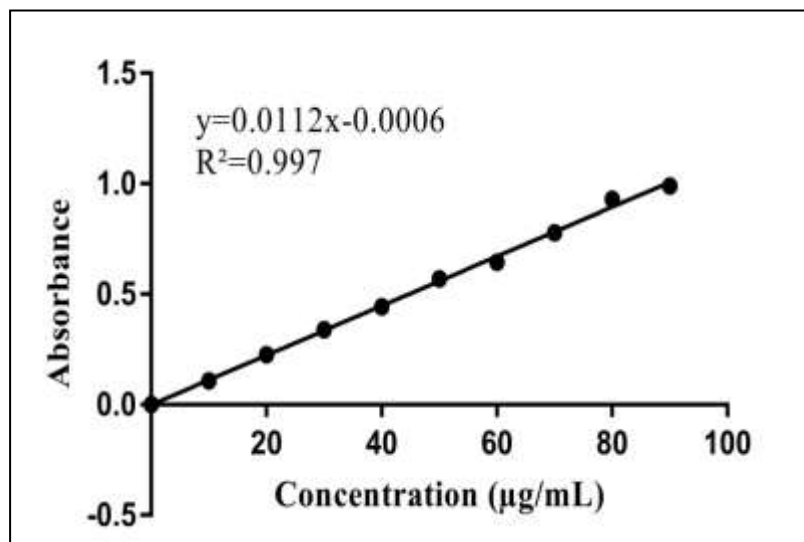


Figure 13. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Chaque valeur représente la moyenne \pm SD ($n = 3$).

D'après les résultats mentionné dans le tableau I, on observe une variabilité des teneurs en polyphénols totaux des différents extraits bruts, l'extrait méthanolique donne la teneur la plus élevée ($90,93 \pm 1,33 \mu\text{g}$ EAG/mg Ex), tandis que l'extrait aqueux

(57,36±0,67µg EAG/mg Ex), ces résultats montrent que les extraits de la plante étudié, sont riches en polyphénols totaux. Ces teneur reste faible à celle trouvée dans les travaux de Nabti et Belhatta (2016) qui ont obtenus un teneur de 137,16 µg EAG /mg et 108,6 µg EAG /mg Ex pour l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux, respectivement.

Derbel et collaborateurs (2010), ont trouvé que l'extrait méthanolique des feuilles de *O.africana* issue du sud Tunisien contient une quantité de polyphénols supérieure à celle de notre extrait (275,37 µg EAG/mg d'extrait respectivement).

Les résultats obtenus montrent que les différents solvants d'extraction utilisés présentent des différences dans leur capacité à extraire les composés phénoliques. Où la solubilité des polyphénols totaux est gouvernée par le type de solvant utilisé (la polarité), leur degré de polymérisation en raison de l'augmentation du nombre de groupements hydroxyles, ainsi que de leur interaction avec d'autres constituants et la formation de complexes insolubles (Falleh *et al.*, 2008).

Des études récentes ont montré que la teneur en polyphénols totaux extraire des plantes était affectée par la polarité du solvant, l'eau et le méthanol sont souvent recommandés pour la préparation d'extraits en raison de leur polarité, par conséquent, ils ont été sélectionnés comme solvants dans cette l'étude.Zeghad *et al.* (2019).

1.2. Dosage des flavonoïdes

La détermination de la teneur en flavonoïdes est estimée par la méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl₃). Dans cette méthode les flavonoides totale présente dans l'extrait forment un complexe avec AlCl₃ même en présence d'autres composés phénoliques (Matyushchenko et Stepanova, 2003).

Les concentrations des flavonoïdes contenus dans les extraits de la plante sont calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue à partir l'équation de la régression linéaire ($y=ax+b$) en utilisant la quercétine comme standard (Figure 14), les résultats sont exprimés en µg équivalent en quercétine/ mg d'extrait (µg EQ/mg d'extrait).

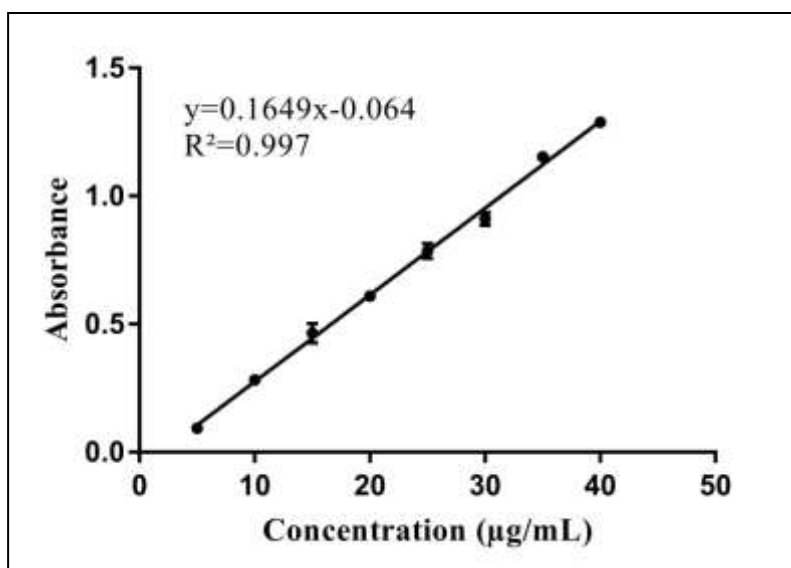


Figure 14. Courbe d'étalonnage de la quercétine. Chaque point représente la moyenne \pm SD (n=3).

Les résultats du dosage quantitatif des flavonoïdes (Tableau I) montrent que les teneurs en flavonoïdes varient considérablement entre les différents extraits bruts. Ces résultats montrent que l'extrait méthanolique possède la plus haute teneur en flavonoïdes ($10,05 \pm 0,19 \mu\text{g EQ/mg Ex}$), suivie à l'extrait aqueux ($2,38 \pm 0,05 \mu\text{g EQ/mg Ex}$). Mais notre teneur reste plus faible à celle trouvée dans les travaux de Nabti et Belhatta (2016) ; Zebidi *et al.* (2018) qui ont obtenus un teneur de 21,96 et 6,43 $\mu\text{g EQ/mg Ex}$ pour l'extrait méthanolique et aqueux, respectivement.

Hajlaoui *et al* (2019) ont également trouvé que l'extrait aqueux contient 3,97 $\mu\text{g EQ/mg Ex}$. Ces teneurs sont proches à nos résultats.

Les résultats du dosage montrent que la proportion en polyphénols est nettement supérieure à celle des flavonoïdes, ceci suggère que les polyphénols présents ne sont pas tous des flavonoïdes, il peut y avoir présence d'autres polyphénols tels que les tanins catéchiques ainsi que les coumarines (Al-Khateeb *et al.*, 2012). Ces rapports permettent de conclure que la variation des flavonoïdes n'est pas relative à celles des polyphénols, cela peut être expliqué par la prépondérance des polyphénols non flavonoïdes.

2. Etude de l'activité antioxydante *in vitro*

2.1. Aactivité anti-radicalaire vis-à-vis du radical DPPH

Le DPPH est le radical libre largement utilisé comme modèle pour estimer la capacité antioxydante des plantes (Kasote *et al.*, 2019). La méthode est utile en raison de sa grande reproductibilité, de son efficacité et de sa rapidité (Akar *et al.*, 2017).

L'activité anti-radicalaire a été exprimée en IC_{50} , qui exprime la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire la concentration en DPPH de 50%. Ces IC_{50} sont calculées par les équations linéaires des pourcentages d'inhibition (I%) en fonction de différentes concentrations des extraits bruts et du standard ; une valeur faible d' IC_{50} indique une activité antioxydant forte (**Figure 15**).

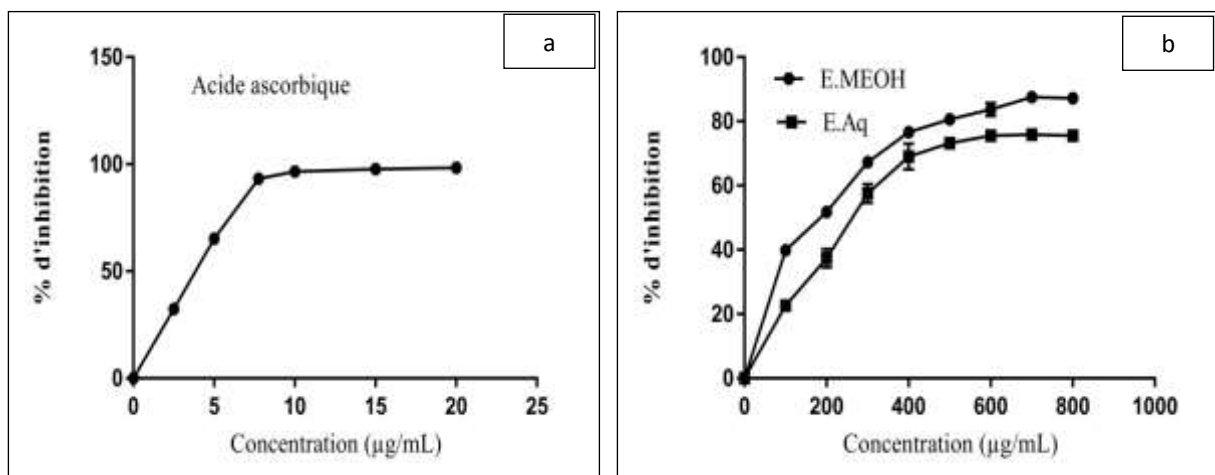


Figure 15. Activité anti-radicalaire au DPPH. **a** : d'acide ascorbique. **b** : des extraits méthanolique et aqueux. Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n = 3).

Les valeurs d' IC_{50} pour les deux extraits et de l'acide ascorbique sont indiquées dans la figure 16.

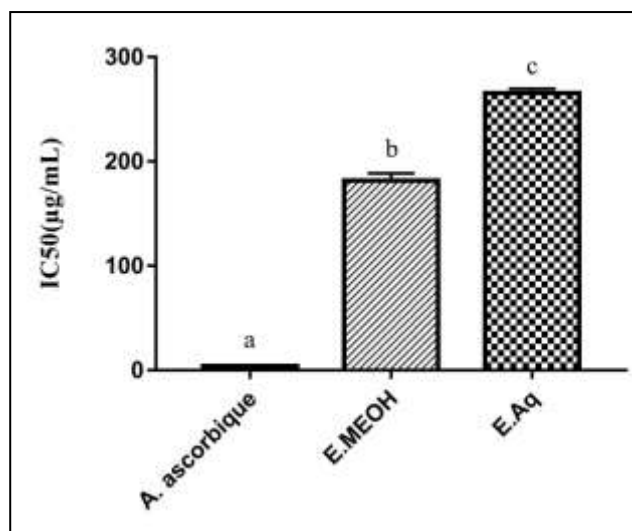


Figure 16. Histogramme comparatif de l'IC₅₀ de l'effet scavenger d'antioxydant de référence (A. ascorbique) et des extraits de *Oudneya africana* sur le radical DPPH. Chaque valeur représente moyenne \pm SD (n=3). Des lettres différentes représentent des différences significatives $p < 0.05$ (Test de Tukey).

Les IC₅₀ de l'extrait méthanolique et aqueux ($181,70 \pm 6,91$ et $271,93 \pm 15,75$ µg/ml) sont significativement inférieure à celle de l'acide ascorbique ($4,08 \pm 0,15$ µg/ml, respectivement). La purification des principes actifs pourrait donner des activités antiradicalaires plus élevées.

Nabti et Belhattab (2016) ; Zebidiet *al.* (2018) ont obtenus des valeurs des IC₅₀ légèrement supérieur à la nôtre pour l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux (IC₅₀= 12,05 µg/ml et IC₅₀= 45.41 µg/ml, respectivement).

En effet, les composés phénoliques et plus particulièrement les flavonoïdes sont considérés commedes substances potentiellement antioxydants ; possèdent une capacité de piéger les espèces radicalaires et les formes réactives de l'oxygène et cette capacité anti radicalaire est due principalement à leur pouvoir de donner d'atome d'hydrogène à partir des groupements hydroxyle (Djahra, 2014).

D'autre part, Angraini *et al.* (2019) ont montré que la capacité de piéger du radical DPPH diffère considérablement selon le solvant, qui influence sur la qualité des composés extraits et elle est lié aux les effets antioxydants

2.2. Activité anti-radicalaire vis-à-vis le radical ABTS•+

Divers méthodes sont utilisées pour évaluer la capacité antiradicalaire/antioxydante de produits naturels à partir de plantes. Ces méthodes chimiques sont basées sur la capacité des composés à éliminer les radicaux libres synthétiques. L'ABTS sont des radicaux libres largement utilisé comme modèle pour estimer la capacité antioxydante de plusieurs extraits de plantes (Olszowy et Dawidowicz, 2018; Kasote *et al.*, 2019).

A partir des valeurs obtenues de l'Abs, les PI des différents extraits et l'antioxydant standard (Trolox) ont été calculés (Figure 17). L'activité anti-radicalaire est estimé par la valeur IC₅₀ qui se liee à la capacité antioxydante.

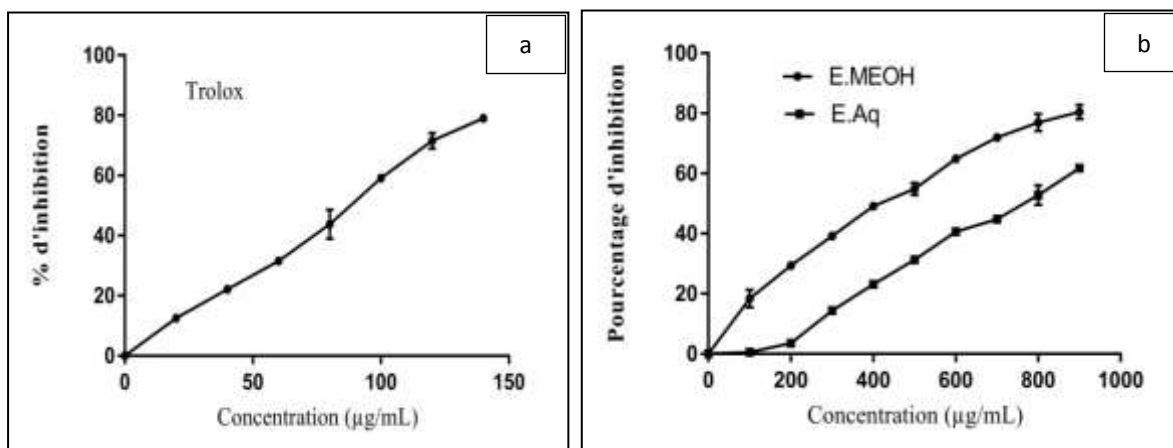


Figure 17. Activité antiradicalaire vis à vis du radical ABTS. **a** : d'acide ascorbique. **b** : des extraits methanolique et aqueux. Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n = 3).

Les valeurs d'IC₅₀ pour les deux extraits et de Trolox sont indiquées dans la figure 18.

L'extrait methanolique et aqueux ont montré une bonne activité anti-radicalaire vis à vis du radical ABTS (IC₅₀ =323,40 µg/ml et 521,81µg/ml, respectivement). Ce pouvoir antioxydant reste inferieur à celui d'acide ascorbique ($p \leq 0,001$) dont l'IC₅₀ est de 20,95 \pm 0,16 µg/ml.

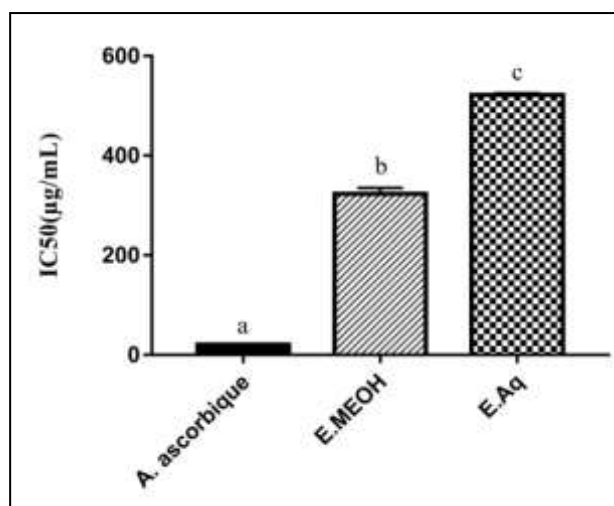


Figure 18. Histogramme comparatif de l'IC₅₀ de l'effet scavenger d'antioxydant de référence (Trolox) et des extraits de *Odneya africana* sur le radical ABTS. Chaque valeur représente moyenne \pm SD (n=3). Des lettres différentes représentent des différences significatives $p < 0,05$ (Test de Tukey).

Hajlaoui *et al.* (2019) ont obtenus des valeurs légèrement inférieure à la nôtre pour l'extrait aqueux et acetonique (IC₅₀=761,15 ; 1761,10 µg/ml, respectivement).

Les résultats montrent une corrélation modérée entre l'activité de piégeage des radicaux ABTS des extraits et leur teneur en polyphénols et en flavonoïdes. De tels résultats suggèrent que l'activité antiradicalaire pourrait être liée ne seulement aux teneurs en polyphénols d'extraits mais al à la nature (structure) de composés trouvés dans ces extraits (Li *et al.*, 2018).

Le mécanisme de la réaction entre antioxydant et radical ABTS dépend de la conformation structurale de l'antioxydant L'activité antiradicalaire d'antioxydants naturels tels que l'acide phénolique et les flavonoïdes pourrait être due à leur richesse en cycle hydroxyle. La configuration spatiale et le nombre de groupes OH de structures flavonoïdes peuvent influencer différents mécanismes antioxydants (Huyut *et al.*, 2017).

2.3. Test de blanchissement de β -carotène

La méthode de blanchissement β -carotène est largement utilisée pour mesurer l'inhibition de la peroxydation lipidique/l'activité antioxydante des extraits de plantes. Dans ce système, les radicaux libres peroxydes ont été générés par l'oxydation de l'acide linoléique. Ces radicaux libres vont par la suite oxyder le β -carotène hautement insaturé entraînant ainsi la disparition de sa couleur rouge, qui est suivie spectrophotométriquement à 490 nm (Fidelis *et al.*, 2019).

Le blanchissement du β -carotène suivi pendant 2 heures, est ralenti fortement durant toute cette période en présence des deux extraits E.MEOH et E.Aq (Figure 19).

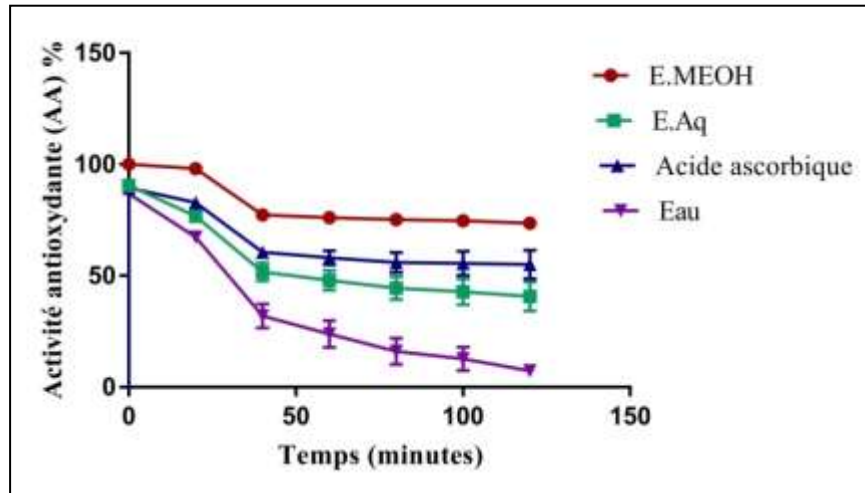


Figure 19. Cinétique d'inhibition de blanchissement de β -carotène par les extraits de *Odneya africana* et l'antioxydant de référence (A. ascorbique). Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n = 3).

D'après les résultats, il est évident que tous les extraits testés et les standards inhibent d'une manière efficace l'oxydation couplée de l'acide linoléique et du β carotène. à la même concentration (2 mg/ml) (Figure 20). Le pourcentage d'inhibition le plus élevé est celui de E.MEOH ($73,6 \pm 1,83$ %), légèrement supérieur à celui d'acide ascorbique, suivi de E.Aq ($40,69 \pm 6,49\%$).

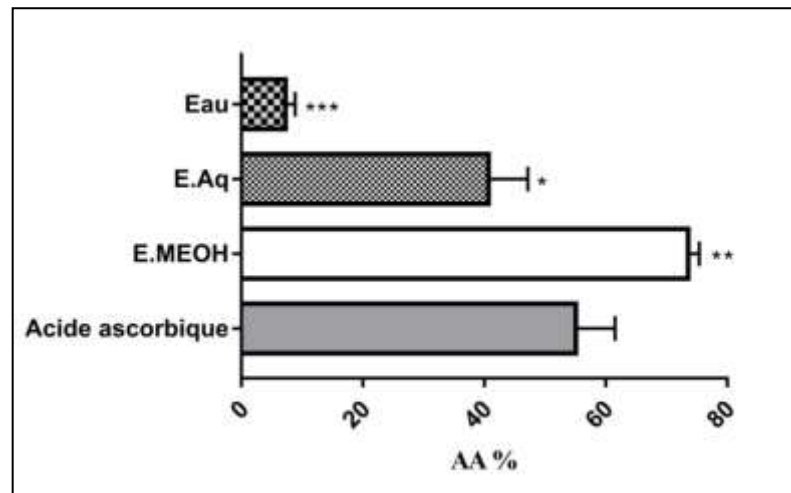


Figure 20. Activité antioxydante des extraits de *Odneya africana* et d'acide ascorbique par le test de β -carotène/acide linoléique. Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n = 3). * : $p \leq 0,05$, * : $p \leq 0,01$, *** : $p \leq 0,001$, comparé avec le contrôle acide ascorbique.

Egalement, les études menées par, Nabti et Belhatta (2016), montrent que après 2 h, l'E.MEOH et l'E.Aq présentent une forte activité antioxydante (AA =81,04 % et AA =

85,93% respectivement. Ces résultats confirment que les extraits des deux plantes étudiées sont largement efficaces.

Certains auteurs ont signalé, qu'une synergie possible entre les composés polyphénoliques et les autres composants présents dans les extraits pourrait contribuer à l'activité antioxydante globale (Arina et Azrina, 2016).

Les flavonoïdes et autres polyphénols ont la capacité de piéger les radicaux libres et par conséquent, retarder l'auto-oxydation des lipides (Gao *et al.*, 2005).

2.4. Test du pouvoir réducteur de fer (FRAP)

L'activité antioxydante des extraits brutes de la plante étudiée, a été évaluée en utilisant la méthode de FRAP. Le pouvoir réducteur est souvent utilisé pour évaluer la capacité d'un antioxydant à donner des électrons. Ce test permet de définir la capacité d'un antioxydant à inhiber l'initiation des réactions radicalaires par les ions métalliques. d'extrait.

Les résultats obtenus (Figure 21), montrent que la capacité de réduction du fer est proportionnelle à la concentration des deux extraits et de l'acide ascorbique utilisé comme standard.

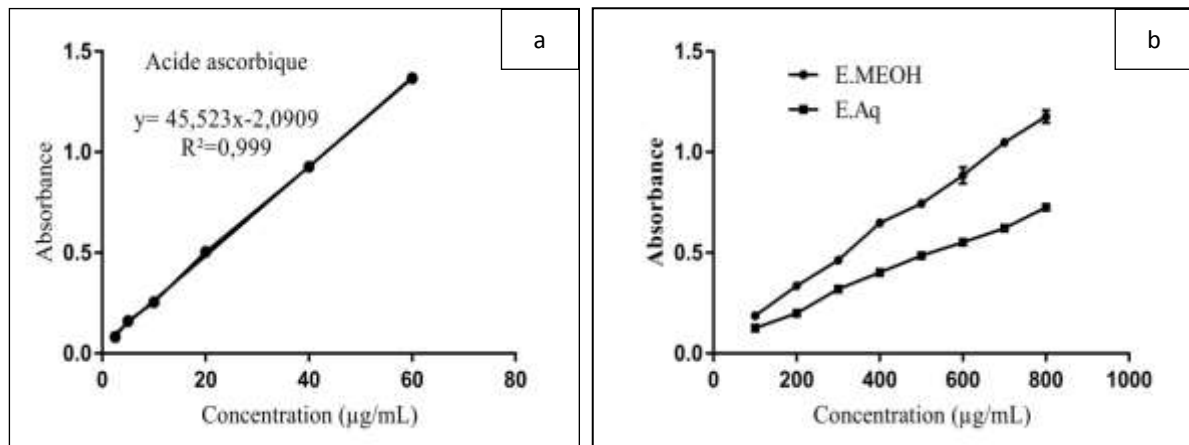


Figure 21. Pouvoir réducteur à 700 nm. **a** : d'acide ascorbique. **b** : des extraits méthanolique et aqueux. Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n=3).

Les valeurs d'IC50 pour les deux extraits et de Trolox sont indiquées dans la figure 22.

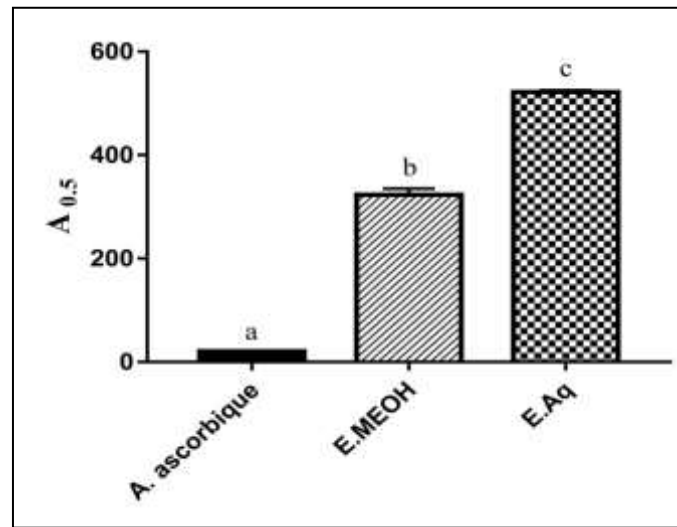


Figure 22. Histogramme comparatif de $A_{0,5}$ des extraits de *Odneya africana* et d'acide ascorbique. Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n=3).

Les $A_{0,5}$ des extraits montrent que E.MEOH possède le pouvoir réducteur le plus puissant ($A_{0,5} = 323,4 \pm 11,71$) suivi par E.Aq ($A_{0,5} = 521,4 \pm 3,31$). Ce pouvoir réducteur reste inférieur à celui de la Vit C ($p \leq 0,001$) dont l' $A_{0,5}$ est $20,95 \pm 0,16$

Les extraits brutes de la plante étudiée possèdent un pouvoir réducteur très intéressant, par comparaison aux résultats déterminés par plusieurs auteurs menés sur les mêmes espèces. Notamment, les travaux de Nabti et Belhatta (2016), trouvent que l'extrait aqueux possède un pouvoir réducteur le plus puissante de ($EC_{50} = 826,12 \pm 0,58 \mu\text{g/ml}$) pour l'extrait méthanolique et ($EC_{50} = 247,11 \pm 7,79 \mu\text{g/ml}$) pour l'extrait aqueux.

Les composés phénoliques et les flavonoïdes en particulier sont connus pour leurs propriétés réducteurs/antioxydantes (Weidner *et al.*, 2018). Il existe une variabilité de la capacité des extraits végétaux pour réduire le complexe Fer ferrique, cette variabilité est doutée à variabilité dans les composés phenoliques. Les propriétés réductrices sont généralement associées à la présence de reductones, qui ont la capacité de faire donner d'une électron à les radicaux libres et de les convertir en des formes plus stables (Abirami *et al.*, 2014).

**CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES**

Conclusion et perspectives

La connaissance et l'usage des plantes médicinales constituant un vrai patrimoine de l'être humaine. Leur utilisation en phytothérapie a reçu un grand intérêt dans la recherche biomédicale et est devenu aussi importante dans le domaine médical et l'industrie pharmaceutique. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs et, d'autre part du besoin de la recherche d'une meilleure médication par une thérapie plus douce et sans effets secondaires.

L'objectif primordial assigné par cette étude englobe le même contexte afin d'évaluer les propriétés antioxydantes de la plante *Oudneya africana*, largement utilisées en médecine traditionnelle en Algérie.

Les rendements d'extraction des polyphénols à partir de la partie aérienne de *Oudneya africana* sont 27,28% pour l'extrait aqueux et 20,61% pour l'extrait méthanolique.

L'estimation quantitative des polyphénols totaux contenus dans l'E.MEOH et l'E.Aq a montré que ces derniers sont relativement riches en polyphénols, avec un taux de $90,93 \pm 1,33$ et $57,36 \pm 0,67$ μg EAG/mg Ex, respectivement. Les résultats de cette étude ont montré également que les mêmes extraits l'E.MEOH et l'E.Aq renferment chacun une teneur intéressante en flavonoïde ($10,05 \pm 0,19$ et $2,38 \pm 0,05$ μg EQ/mg Ex, respectivement),

Le criblage préliminaire *in vitro* réalisé par les quatre tests (DPPH, ABTS, FRAP, et β -carotène) a montré que l'E.MEOH a exhibé une forte activité antioxydante alors que l'E.Aq s'est montré moins efficaces.

La richesse des extraits E.MEOH et E.Aq de *Oudneya africana* R. en composés phénoliques et leurs pouvoirs antioxydant pourraient justifier le bien-fondé de certaines vertus thérapeutiques accordées à ce plantes en médecine traditionnelle.

Le présent travail rapporte donc une contribution à la connaissance des deux espèces et il ouvre de nombreuses perspectives.

Des études complémentaires approfondies sont envisagées pour mieux cerner les molécules impliquées dans chacune des activités observées et les mécanismes par lesquels ces composés agissent.

Ces investigations peuvent être résumées comme suite :

- Isolement et caractérisation des composés actifs dans l'extrait méthanolique de *Oudneya africana* R par des méthodes plus spécifiques (HPLC/SM) afin d'établir une relation structure-activité
- Etude de la pharmacocinétique des principes actifs pour la détermination des doses préventives et thérapeutiques ;
- Etude approfondie de la toxicité chronique de la plante afin de déterminer la sécurité de son utilisation comme médicament.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. Abirami, A., Nagarani, G., & Siddhuraju, P. (2014). In vitro antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from Citrus hystrix and C. maxima fruits. *Food Science and Human Wellness*, 3(1), 16-25.
2. Abotaleb, M., Samuel, S. M., Varghese, E., Varghese, S., Kubatka, P., Liskova, A., Büsselberg, D. (2018). Flavonoids in cancer and apoptosis. *Cancers*, 11(1), 28.
3. Afonso, V., Champy, R., Mitrovic, D., Collin, P., & Lomri, A. (2007). Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases: rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du rhumatisme*, 74(7), 636-643.
4. Akar, Z., Küçük, M., & Doğan, H. (2017). A new colorimetric DPPH• scavenging activity method with no need for a spectrophotometer applied on synthetic and natural antioxidants and medicinal herbs. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, 32(1), 640-647.
5. Alilou, H. (2012). Etude phytochimique et antifongique de deux plantes du Sud du Maroc: Asteriscus graveolens subsp. odorus (Schousb.) Greuter et Asteriscus imbricatus (Cav.) DC.
6. Al-Khateeb, E., Ohan, A. A., & Al-Ani, H. (2012). Cytotoxicity studies of Tamus communis root and berries HEP-2 and AMN-3 carcinoma cell. *Hygei: Journal for drugs and medicines*, 4(2), 1-5.
7. Angelos, M.G., Kutala, V.K., Torres, C.A., He, G., Stoner, J.D., Mohammed, M., Oerannan, K. (2006). Hypoxic reperfusion of the ischemic heart and oxygen radical generation. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 290(1), 341-347.
8. Anggraini, D., & Sihotang, H. T. (2019). Decision Support System For Choosing The Best Class Guardian With Simple Additive Weighting Method: Decision Support System For Choosing The Best Class Guardian With Simple Additive Weighting Method. *Jurnal Mantik*, 3(3), 1-9.
9. Anggraini, T., Wilma, S., Syukri, D., & Azima, F. (2019). Total phenolic, anthocyanin, Catechins, DPPH radical scavenging activity, and toxicity of Lepisanthes alata (Blume) Leenh. *International Journal of Food Science*, 2019.
10. Arina, A. N., & Azrina, A. (2016). Comparison of phenolic content and antioxidant activity of fresh and fried local fruits. *International Food Research Journal*, 23(4), 1717.
11. Atefeibu, E.. (2002). Contribution à l'étude des tanins et de l'activité antibactérienne d'Acacia Nilotica Var Andesonii. Mémoire de Doctorat en pharmacie, Université cheikh Anta Diop, Dakar. Cité par Boudjellal, K.H.
12. Arousseau, B. (2002). Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits.
13. Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99(1), 191-203.
14. Barroso, M. R., Barros, L., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., Fernandes, I. P., Ferreira, I. C. (2014). Exploring the antioxidant potential of Helichrysum stoechas (L.) Moench phenolic compounds for cosmetic applications: Chemical characterization, microencapsulation and incorporation into a moisturizer. *Industrial crops and products*, 53, 330-336.
15. Berghioua, a., cheriti, a., belboukhari, n., et marouf, a., (2009). Aperçu Ethnopharmacologique Et Chimique Des Brassicaceae. *Annales De L'Université De Bechar*. (5).13-25.

16. Boizot, N., Charpentier, J. P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.
17. Boucelha, L., Djebbar, R. (2015). Influence de différents traitements de prégermination des graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. *BASE*.
18. Bouhadjera K. (2005). Contribution A L'Etude Chimique Et Biologique De Deux Plantes Médicinales Sahariennes *Oudneya Africana* R.Br. Et *Aristida Pungens* L. Thèse De Doctorat En Chimie Organique Appliqué. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. Algérie.
19. Bouzabata, A., M. Yavuz (2019). Médecine traditionnelle et ethnopharmacologie en Algérie: de l'histoire à la modernité. *Ethnopharmacologia*, (62).
20. Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333.
21. Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 4ème éd. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
22. Bruneton, J., (1999). Pharmacognosie, Phytochimie-Plantes Médicinales (5è Ed). Paris: Techniques Et Documentations
23. Chehma, A., & Djebar, M. R. (2008). Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien: distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 17, 36-45.
24. cherer, R., & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food chemistry*, 112(3), 654-658.
25. Cillard, J., Cillard, P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations. *Oleagineux, corps gras, lipides*, 13(1), 24-29.
26. Crozier, A., Jensen, E., Lean, M. E., McDonald, M. S. (1997). Quantitative analysis of flavonoids by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 761(1-2), 315-321.
27. Deby-Dupont, G., Deby, C., Lamy, M. (2002). Données actuelles sur la toxicité de l'oxygène. *Réanimation*, 11(1), 28-39.
28. Delattre, J., Beaudoux, J.L., Bonnefont, J.R. (2005). Radicaux Libres Et Stress Oxydant: Aspects Biologiques Et Pathologiques. Lavoisier Edition Tec And Doc Editions Medicales Internationales Paris, 1 - 405.
29. Derbel, S., Bouaziz, M., Dhoub, A., Sayadi, S., & Chaieb, M. (2010). Chemical composition and biological potential of seed oil and leaf extracts of *Henophyton deserti* Coss. & Durieu. *Comptes rendus chimie*, 13(4), 473-480.
30. Djahra, A. B., Bordjiba, O., & Benkherara, S. (2015). Activité antibactérienne des flavonoides d'une plante médicinale spontanée *Marrubium vulgare* L. de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 24, 29-37.
31. Djeridane, A., Yousfi, M., Brunel, J. M., & Stocker, P. (2010). RETRACTED: Isolation and characterization of a new steroid derivative as a powerful antioxidant from *Cleome arabica* in screening the in vitro antioxidant capacity of 18 Algerian medicinal plants.
32. Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of food and drug analysis*, 22(3), 296-302.
33. Docosta E., (2003). Les phytonutriments bioactifs, Yves Dacosta (Ed). Paris. P. 317.

34. El Gharras, H. (2009). Polyphenols: food sources, properties and applications—a review. *International journal of food science & technology*, 44(12), 2512-2518.
35. Fabre, G., Bayach, I., Berka, K., Paloncýová, M., Starok, M., Rossi, C., Trouillas, P. (2015). Synergism of antioxidant action of vitamins E, C and quercetin is related to formation of molecular associations in biomembranes. *Chemical Communications*, 51(36), 7713-7716.
36. Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372-379.
37. Favier, A. (2003). Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualité chimique*, (11/12), 108-117.
38. Favier, A. (2006). Stress oxydant et pathologies humaines. In *Annales pharmaceutiques françaises* (Vol. 64, No. 6, pp. 390-396). Elsevier Masson.
39. Fidelis, Q. C., Faraone, I., Russo, D., Aragão Catunda-Jr, F. E., Vignola, L., de Carvalho, M. G., ... & Milella, L. (2019). Chemical and Biological insights of *Ouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Baill: A source of bioactive compounds with multifunctional properties. *Natural product research*, 33(10), 1500-1503.
40. Frei, B., Stocker, R., & Ames, B. N. (1988). Antioxidant defenses and lipid peroxidation in human blood plasma. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(24), 9748-9752.
41. Gandhi S., Abramov A.Y. (2012). Mechanism of oxidative stress in neurodegeneration. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 1-11.
42. Gao, L. P., Wei, H. L., Zhao, H. S., Xiao, S. Y., & Zheng, R. L. (2005). Antiapoptotic and antioxidant effects of rosmarinic acid in astrocytes. *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 60(1), 62-65.
43. Gauche, É., Hausswirth, C. (2006). Stress oxydant, complémentation nutritionnelle en antioxydants et exercice. *Movement Sport Sciences*, (2), 43-66.
44. Gresele, P., Cerletti, C., Guglielmini, G., Pignatelli, P., de Gaetano, G., & Violi, F. (2011). Effects of resveratrol and other wine polyphenols on vascular function: an update. *The Journal of nutritional biochemistry*, 22(3), 201-211.
45. Gutowski M. & Kowalczyk S., (2013). A study of free radical chemistry: their role and pathophysiological significance. *ACTA biochimica polonica*, 60(1); 1-16.
46. Hajlaoui, H., Arraouadi, S., Mighri, H., Chaibia, M., Gharsallah, N., Ros, G., Kadri, A. (2019). Phytochemical constituents and antioxidant activity of *Oudneya africana* L. leaves extracts: Evaluation effects on fatty acids and proteins oxidation of beef burger during refrigerated storage. *Antioxidants*, 8(10), 442.
47. Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10), 628-38.
48. Huang, D. J., Hsien-Jung, C., Chun-Der, L. I. N., & Yaw-Huei, L. I. N. (2005). Antioxidant and antiproliferative activities of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) constituents. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 46.
49. Huyut, Z., Beydemir, ğ., Gülçin, Ğ. (2017). Antioxidant and antiradical properties of selected flavonoids and phenolic compounds. *Biochem Res Intern*, 35-45.
50. Ighodaro, O. M., & Akinloye, O. A. (2018). First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria journal of medicine*, 54(4), 287-293.

51. Igor, S., Timofeev, E. V., Sakai, J. I., Takayama, K. (2002). Artificial wind—A new framework to construct simple and efficient upwind shock-capturing schemes. *Journal of Computational Physics*, 181(1), 354-393.
52. Iserin P., Masson M., Restellini J. P., Ybert E., De Laage De Meux A., Moulard F., Zha E., De La Roque R., De La Roque O., Vican P., Deesalle -Feat T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloth J., Botrel A., (2001). *Larousse Des Plantes Médicinales : Identification, Préparation, Soins. 2éme Edition Devuef, Hong Kong: 335.*
53. Jain, P. K., & Joshi, H. (2012). Coumarin: chemical and pharmacological profile. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(6), 236-240.
54. Jomova, K., Valko, M. (2011). Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. *Toxicology*, 283(2-3), 65-87.
55. Josse, E. M. (2003). Caractérisation d'une oxydase terminale plastidiale impliquée dans la biosynthèse des caroténoïdes et dans la réponse au stress (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).
56. Kamil Hussain, M., Saquib, M., & Faheem Khan, M. (2019). Techniques for Extraction, Isolation, and Standardization of Bio-active Compounds from Medicinal Plants. In *Natural Bio-Active Compounds* (pp. 179-200). Springer, Singapore.
57. Kardeh S., Ashkani-Esfahani S., Alizadeh A.M. (2014). Paradoxical action of reactive oxygen species in creation and therapy of cancer. *European journal of pharmacology*, 735, 150-168. Kardeh, S., Ashkani-Esfahani, S., & Alizadeh, A. M. (2014).
58. Kasote D.M., Jayaprakasha G.K., Patil B.S. (2019). Leaf disc assays for rapid measurement of antioxidant activity. *Sci Rep.* 9(1): 1884-1893.
59. Kasote, D. M., Jayaprakasha, G. K., & Patil, B. S. (2019). Leaf disc assays for rapid measurement of antioxidant activity. *Scientific reports*, 9(1), 1-10.
60. Khadhri, A., El Mokni, R., & Smiti, S. (2013). Composés phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon à glu: *Atractylis gummifera*. *Revue Soc Sci Nat de Tunisie*, 39, 44-52.
61. Konkon, N. G., Simaga, D., Adjoungova, A. L., N'Guessan, K. E., Zirihi, G. N., & Kone, B. D. (2006). Etude Phytochimique de *Mitragyna inermis* (Willd.) O. Ktze (Rubiaceae), plante à feuille antidiabétique. *Pharm. Méd. Trad. Afr*, 14, 73-80.
62. Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., Abdelly, C. (2007). Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(3-4), 244-249.
63. Laamari, F., Mestfaoui, Ch. (2016). Contribution à l'étude de quelques paramètres biochimiques et biologiques (antioxydante et anti bactérienne) de *Oudneya africana* R de la région de Ghardaïa. Université Echahiid Hamma Lakhdar --El OUED. p (51)
64. Lafay, S., Gil-Izquierdo, A. (2008). Bioavailability of phenolic acids. *Phytochemistry Reviews*, 7(2), 301-311.
65. Lagnika, L. (2005). *Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises* (Doctoral dissertation, Strasbourg 1).
66. Lagnika, L., Weniger, B., Senecheau, C., & Sanni, A. (2009). Antiprotozoal activities of compounds isolated from *croton lobatus* l. *African Journal of Infectious Diseases*, 3(1).
67. Lawlor, D. (2005). Antioxidant Vitamins and Health. Cardiovascular Disease, Cancer, Cataracts, and Aging. Claude Fernand Bourgeois, Hnb Pub, 2003, pp. 310, \$72.00 (HB), ISBN: 0966428668. *International Journal of Epidemiology*, 34(3), 715-716.

68. Leong, L. P., & Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food chemistry*, 76(1), 69-75.
69. Levizou, E., Drilias, P., & Kyparissis, A. (2004). Exceptional photosynthetic performance of *Capparis spinosa* L. under adverse conditions of Mediterranean summer. *Photosynthetica*, 42(2), 229-235.
70. Li, A. N., Li, S., Zhang, Y. J., Xu, X. R., Chen, Y. M., Li, H. B. (2014). Resources and biological activities of natural polyphenols. *Nutrients*, 6(12), 6020-6047.
71. Li, H. B., Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102(3), 771-776.
72. Li, Q., Dong, D. D., Huang, Q. P., Li, J., Du, Y. Y., Li, B., Huyan, T. (2017). The anti-inflammatory effect of *Sonchus oleraceus* aqueous extract on lipopolysaccharide stimulated RAW 264.7 cells and mice. *Pharmaceutical biology*, 55(1), 799-809.
73. Macheix, J. J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. PPUR presses polytechniques.
74. Marfak, A. (2003). Radiolyse gamma des flavonoïdes: étude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation de depsides. *Université de LIMOGES*.
75. Merghem, R. (2009). *Eléments De Biochimie Végétale. Bahaeddine. Algérie. Documentation. Paris: Lavoisier*
76. Michel, F., Bonnefont-Rousselot, D., Mas, E., Draï, J., Thérond, P. (2008). Biomarqueurs de la peroxydation lipidique: aspects analytiques. In *Annales de Biologie Clinique* (Vol. 66, No. 6, pp. 605-620).
77. Middleton, E., Kandaswami, C., & Theoharides, T. C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological reviews*, 52(4), 673-751.
78. Migdal, C., Serres, M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *médecine/sciences*, 27(4), 405-412.
79. Miraliakbari, H., & Shahidi, F. (2008). Antioxidant activity of minor components of tree nut oils. *Food Chemistry*, 111(2), 421-427.
80. Miraliakbari, H., & Shahidi, F. (2008). Antioxidant activity of minor components of tree nut oils. *Food Chemistry*, 111(2), 421-427.
81. Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380.
82. Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380.
83. Nabti, L. Z., & Belhattab, R. (2016). In vitro antioxidant activity of *Oudneya africana* R. Br. aerial parts. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, 4, 58-64.
84. Nève, J. (2002). Optimisation of dietary intake of anti-oxidants. *Nutrition clinique et métabolisme*, 16(4), 292-300.
85. Olszowy, M., & Dawidowicz, A. L. (2018). Is it possible to use the DPPH and ABTS methods for reliable estimation of antioxidant power of colored compounds?. *Chemical Papers*, 72(2), 393-400.

86. Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese journal of nutrition and dietetics*, 44(6), 307-315.
87. Pearl, P. L., Taylor, J. L., Trzcinski, S., & Sokohl, A. (2007). The pediatric neurotransmitter disorders. *Journal of child neurology*, 22(5), 606-616.
88. Peltier, A. P., Russo-Marie, F., & Polla, B. (1998). *L'inflammation*. John Libbey Eurotext.
89. Perret, C. (2001). *Analyse de tannins inhibiteurs de la stilbène oxydase produite par Botrytis cinerea Pers.: Fr* (Doctoral dissertation, Université de Neuchâtel).
90. Pincemail, J., Meurisse, M., Limet, R., Defraigne, J.O. (1999). L'évaluation Du Stress Oxydatif D'un Individu: Une Réalité Pour Le Médecin. *Vaisseaux, Coeur, Poumons*, 4(5), 7.
91. Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European journal of medicinal chemistry*, 97, 55-74.
92. Poljsak, B., Šuput, D., Milisav, I. (2013). Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 1-11.
93. Quezel P., Santa S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. *Ed. CNRS*, Paris.
94. Ramadan, M. F. (2010). Rapid antiradical method for screening deep fried oils. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5(1), 47-50
95. Rawan, E. A. (2017). *Effets des protéines virales sur l'organisation nucléaire des lymphocytes B du sang périphérique humain* (Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE); École Doctorale des Sciences et de Technologie (Beyrouth)).
96. Rouari ,L. Gouzi,H., Ghermaoui M. , Benaceur ,F. , Kemassi,A. ,Merabti, B., Messahli,I. , Rezzoug, A. , Rouari, A. et Chaibi ,R. (2022). Première étude de l'activité larvicide des extraits algériens d' Oudneya africana contre les larves de C.
97. Rouari, L., Gouzi, H., Ghermaoui, M., Benaceur, F., Kemassi, A., Merabti, B., ... & Chaibi, R. (2022). First study of larvicidal activity of Algerian Oudneya africana extracts against Culex pipiens larvae. *Ukrainian Journal of Ecology*, 12(1), 65-70.
98. Sies, H. (1991). Oxidative stress: from basic research to clinical application. *The American journal of medicine*, 91(3), 31-38.
99. Simon, C. (2003). *Structure et dynamique de protéines de la salive humaine en interaction avec les tanins du vin de Bordeaux* (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).
100. Smadi, A. (2006). *Etude de l'extrait chloroformique d'oudneya africana* (Doctoral dissertation, Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des Sciences).
101. Smirnoff, N. (2018). Ascorbic acid metabolism and functions: A comparison of plants and mammals. *Free Radical Biology and Medicine*, 122, 116-129.
102. Sproll, C., Ruge, W., Andlauer, C., Godelmann, R., & Lachenmeier, D. W. (2008). HPLC analysis and safety assessment of coumarin in foods. *Food chemistry*, 109(2), 462-469.
103. Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 30(18), 3268-3295.
104. Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 30(18), 3268-3295.
105. Stobiecki, M., Skirycz, A., Kerhoas, L., Kachlicki, P., Muth, D., Einhorn, J., & Mueller-Roeber, B. (2006). Profiling of phenolic glycosidic conjugates in leaves of Arabidopsis thaliana using LC/MS. *Metabolomics*, 2(4), 197-219.

106. Sung C.C., Hsu Y.C., Chen C.C., Lin Y.F., Wu C.C. (2013). Oxidative stress and nucleic acid oxidation in patients with chronic kidney disease. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 1-15.
107. Tamer Fouad, M.D., (2003). Free radicals, Types, sources and damaging reactions, Internal Medicine Articles. (<http://www.doctorslounge.com/primary/articles/>).
108. Tauchen J., Duskocil I., Caffi C., Lulekal E., Marsik P., Havlik J., Van Damme P., Kokoska L. (2015). In vitro antioxidant and anti-proliferative activity of Ethiopian medicinal plant extracts. *Industrial Crops and Products*, 74, 671-679.
109. Tlili, A., Blondiaux, E., Frogneux, X., Cantat, T. (2015). Reductive functionalization of CO₂ with amines: an entry to formamide, formamidine and methylamine derivatives. *Green Chemistry*, 17(1), 157-168.
110. Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 39(1), 44-84.
111. Valko, M., Rhodes, C. J. B., Moncol, J., Izakovic, M. M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, 160(1), 1-40.
112. Van Antwerpen P. (2006). Contribution à l'étude du pouvoir antioxydant de divers agents d'intérêt thérapeutique: Ciblage du système myeloperoxydase / peroxyde d'hydrogène /chlorure. *Thèse de doctorat en Sciences Pharmaceutiques*, Académie universitaire Wallonie-Bruxelles.
113. Vermerris, W., & Nicholson, R. (2007). *Phenolic compound biochemistry*. Springer Science & Business Media.
114. Weidner, S., Król, A., Karamać, M., Amarowicz, R. (2018). Phenolic compounds and the antioxidant properties in seeds of green-and yellow-podded bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 373-380.
115. Yan J., Zhang G., Hu Y., Ma Y., (2013). Effect of luteolin on xanthine oxidase: inhibition kinetics and interaction mechanism merging with docking simulation. *Food chemistry*, 141(4), 3766-3777.
116. Zebidi, M., Seghiri, I., Mehellou, Z., Derouiche, S. (2018). Evaluation of in-vitro Antioxidant and Anti-diabetic activities of leave aqueous extracts of *Oudneya Africana*. *World Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48-53.
117. Zeghad, N., Ahmed, E., Belkhiri, A., Vander Heyden, Y., & Demeyer, K. (2019). Antioxidant activity of *Vitis vinifera*, *Punica granatum*, *Citrus aurantium* and *Opuntia ficus indica* fruits cultivated in Algeria. *Heliyon*, 5(4), e01575.

Oudneya africana المعروف تحت الاسم العامي : حنة الإبل؛ هو نبات طبي واسع الانتشار في المناطق الصحراوية ويستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي الجزائري. يهدف العمل الحالي إلى الدراسة الكيميائية النباتية وتقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات هذا النبات. نتج عن استخلاص البوليفينول من الجزء الهوائي للنبات المدروس مستخلصان خامان ؛ المستخلص العضوي الميثانولي والمستخلص المائي. . بلغت عائدات المستخلصات الخام حوالي 20.61% و 27.28% على التوالي. وأظهر التقدير الكمي لمجموع البوليفينول والفلافونيدات بطريقة القياس اللوني أن المستخلصات غنية بهذه المركبات. أظهرت النتائج أن أعلى كمية من إجمالي الفينولات والفلافونويد وجدت في المستخلص الميثانولي ، بمعدل 90.93 ± 1.33 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك / GAE / مغ مستخلص و 10.05 ± 0.19 ميكروغرام مكافئ كيرسيتين (QE) / مغ مستخلص، على التوالي. تم إجراء التقييم ، في المختبر ، للنشاط المضاد للأكسدة للمستخلصين من خلال أربع طرق قياس طيفي ، وهي: اختبار DPPH ، واختبار ABTS ، واختبار النشاط الأرجاعي الفعال، واختبار التبييض β -carotene. أظهرت النتائج أن المستخلصين اللذين تمت دراستهما لهما قوة قوية كمضاد للأكسدة ، وأعلى تأثير مضاد للأكسدة هو تأثير المستخلص الميثانولي. في الختام، *Oudneya africana* لها تأثيرات قوية في كسح الجذور الحرة، في المختبر والتي تدعم استخدامها في الطب التقليدي. يشير هذا بوضوح إلى الفوائد المحتملة للنبات في مكافحة الطبيعة لظاهرة الإجهاد التأكسدي.

الكلمات المفتاحية: *Oudneya africana* ، النشاط المضاد للأكسدة ، المستخلص العضوي الميثانولي ، والمستخلص المائي.

Résumé

Oudneya africana R. connue sous le nom vernaculaire « Henat l'ibel » est une plante médicinale très répandue dans les régions sahariennes et largement utilisée en médecine traditionnelle algérienne. Le présent travail vise à l'étude phytochimique et d'évaluer l'activité antioxydante des extraits de cette plante. L'extraction des polyphénols de la partie aérienne de la plante étudiée a abouti à deux extraits bruts ; l'extrait organique méthanolique et l'extrait aqueux. Les rendements en extraits brutes sont de l'ordre de 20,61% et 27,28% respectivement. L'estimation quantitative des polyphénols totaux et des flavonoïdes par la méthode colorimétrique a montré que les extraits sont riches en ces composés. Les résultats ont montré que la plus grande quantité de phénols totaux et de flavonoïdes a été trouvée dans l'extrait méthanolique, avec un taux de 90.93 ± 1.33 μ gEAG/mg d'extrait et 10.05 ± 0.19 μ g EQ/mg d'extrait, respectivement. L'évaluation, *in vitro*, de l'activité antioxydante des deux extraits a été réalisée par quatre méthodes spectrophotométrique, à savoir : le test du DPPH, le test d'ABTS, le test de pouvoir réducteur et le test de blanchissement β -carotène. Les résultats ont révélés que les deux extraits étudiés avaient un pouvoir antioxydant puissante dont l'effet antiradicalaire le plus élevé est celui de l'extrait méthanolique. En conclusion, *Oudneya africana* a des effets antioxydants puissants *in vitro* qui soutiennent leur utilisation en médecine traditionnelle. Ce qui indique clairement les bénéfices potentiels de la plante pour lutée naturellement contre le phénomène de stress oxydatif.

Mots clés: *Oudneya africana*, extrait méthanolique, extrait aqueux et activité antioxydante.

Abstract

Oudneya africana known under the vernacular name "Henat l'ibel" is a medicinal plant very widespread in the Saharan regions and widely used in traditional Algerian medicine. The present work aims at the phytochemical study and to evaluate the antioxidant activity of the extracts of this plant. The extraction of polyphenols from the aerial part of the studied plant resulted in two crude extracts; the methanolic organic extract and the aqueous extract. The yields of crude extracts are around 20.61% and 27.28% respectively. The quantitative estimation of total polyphenols and flavonoids by the colorimetric method showed that the extracts are rich in these. The results showed that the highest amount of total phenols and flavonoids was found in the methanolic extract, with a rate of 90.93 ± 1.33 μ gEAG/mg extract and 10.05 ± 0.19 μ g EQ/mg extract, respectively. The evaluation, *in vitro*, of the antioxidant activity of the two extracts was carried out by four spectrophotometric methods, namely: the DPPH test, the ABTS test, the reducing power test and the β -carotene bleaching test. The results revealed that the two extracts studied had a powerful antioxidant power whose highest anti-radical effect is that of the methanolic extract. In conclusion, *Oudneya africana* has powerful antioxidant effects *in vitro* that support their use in traditional medicine. This clearly indicates the potential benefits of the plant for naturally lit up against the phenomenon of oxidative stress.

Keywords: *Oudneya africana*, methanolic extract, aqueous extract and antioxidant.