

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed DRAÏA – Adrar

Code :



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Thème :

Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante d'une plante médicinale *Randonia africana* Coss.

Rédigé par :

M^{me} BOUCHAKOUR Sadjia
M^{me} LALOUT Jihen Fatima Zohra

Membres du jury :

M^{me} ATTOU Amina	Président	MCB	Univ. Adrar
M^{me} BAHIANI Malika	Encadreur	Attachée de recherche	URER/MS
M^f NANI Abdelhafid	Co-encadreur	MCA	Univ. Adrar
M^{me} MADJIDI Nour El Houda	Examinatrice	MAA	Univ. Adrar

Année Universitaire : 2021/2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria

Ministry of Higher Education and Scientific
Research
University Ahmed Draia of Adrar
The central library
Bibliographical research service
N°.....B.C/S.R.B/U.A/2022

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة أحمد دراية- أدرار
المكتبة المركزية
مصلحة البحث البيبليوغرافي
الرقم.....م/م/ب.ب/ج.أ/2022

شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): باهياني حليكة
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ: Contributions à l'étude phytochimique et à l'évaluation de l'activité antioxydante d'une plante médicinale Randonia africana Cass.

من إنجاز الطالب(ة): بوشاقور ساجمجة
و الطالب(ة): لالوت جيمان فاطمة الزهراء
و الطالب(ة): /

كلية: العلوم والتكنولوجيا
القسم: علوم الطبيعة والحياة
التخصص: بيوكيمياء تطبيعية
تاريخ تقييم / مناقشة: 2022/06/22

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.
وبإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والأليكترونية (PDF).

= امضاء المشرف:

Bahiani Haleika

Bahiani

ادرار في: 2022

مساعد رئيس القسم:

أ.د. أمينة بنت العبد

ملاحظة: لا تقبل أي شهادة بدون التوقيع والمصادقة.

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions **ALLAH** le Tout Puissant qui nous a donné le courage et la volonté de mener à bien notre travail !

Nos premiers remerciements s'adressent particulièrement à notre promotrice **M^{me} BAHIANI Malika**, Attachée de recherche à l'URER/MS pour avoir accepté de diriger ce travail, sa disponibilité malgré ses multiples obligations, sa supervision rigoureuse et ses corrections pertinentes.

Notre profonde gratitude à **Mr NANI Abdelhafid**, co-promoteur, Maitre de conférence classe A, à l'Université Africaine d'Adrar, pour sa précieuse collaboration, sa disponibilité malgré son emploi du temps très chargé, ses conseils et ses commentaires constructifs qui ont grandement contribué à la bonne réalisation de ce mémoire.

Nos sincères remerciements à **M^{me} ATTOU Amina**, Maitre de conférence classe B, à l'Université Africaine d'Adrar pour l'honneur qu'elle nous fait de présider le jury de notre mémoire.

Nos remerciements vont aussi à **M^{me} MADJIDI Nour El Houda**, Maitre assistante à l'Université Africaine d'Adrar pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail en acceptant de l'examiner.

Nos vifs remerciements à nos chers collègues : à **Ishak** pour son assistance technique et ses orientations, à **Mebarka, Soumia**, et **El Hachemi** pour leurs patiences et leur soutien durant la réalisation de ce travail

Nous remercions aussi chaleureusement **M^{elle} BOUDOUAYA Amina** et **M^{me} BENHAMICHE Samia** pour leurs aides et contributions précieuses dans la réussite de ce travail.

Nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements sont destinés pour toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

ملخص

لطالما احتلت النباتات الطبية مكانة مهمة في الترسانة العلاجية للبشرية بخزانها الهائل من الجزيئات النشطة بيولوجياً. في هذا السياق ، اقترحت الدراسة الحالية تحديد المركبات الفينولية والقوة المضادة للأكسدة لنبات طبي من الصحراء الجزائرية ، راندونيا أفريكانا.

تم استخلاص المركبات الفينولية عن طريق النقع البسيط في خليط المذيبات الثلاثي:ميثانول/أسيتون/ماء (6/7/7) (V/V/V) وقمنا بمعايرة كمية البوليفينولات الكلية حسب طريقة Folin-Ciocalteu ، وكمية الفلافونويدات عن طريق اختبار كلوريد الألومنيوم وكمية التانينات الكثيفة باختبار الفانيلين. تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة عن طريق اختبار DPPH.

يشير المستخلص الثلاثي إلى مردود استخلاص قدره 19.4% ومحتويات إجمالي البوليفينولات والفلافونويدات والتانينات الكثيفة هي 0.05 ± 5.972 gMS/ mgEAG و 0.07 ± 0.86 gMS/mgEC و 1.287 gMS /mgEC على التوالي.

كما أظهر النشاط المضاد للأكسدة لنبات *Randonia africana* في اختبار DPPH قيمة EC_{50} بحوالي 0.092 mg/ml و نشاط مضادات الأكسدة trolox يبلغ 846 μ M ET/100g de MS استنادا إلى النتائج المتحصل عليها تبين أن النشاط المضاد للأكسدة قد يعود إلى المحتوى البولي فينولي للنبات المدروسة و خاصة التانينات المكثفة.

الكلمات المفتاحية: نبات طبي ، راندونيا أفريكانا ، مركبات فينولية ونشاط مضاد للأكسدة.

Résumé

Les plantes médicinales ont toujours eu une place importante dans l'arsenal thérapeutique de l'humanité avec leur énorme réservoir en molécules bioactives. Dans ce contexte, la présente étude s'est proposé de déterminer les composés phénoliques et le pouvoir antioxydant d'une plante médicinale du Sahara algérien, *Randonia africana*.

Les composés phénoliques ont été extraits par simple macération dans un système de solvants ternaire : MeOH/acétone/eau (7/7/6V/V/V). Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par méthode de Folin-Ciocalteu, celui des flavonoïdes par le test au chlorure d'aluminium et celui des tanins condensés par le test à la vanilline. L'activité antioxydante a été évaluée au test du DPPH.

L'extrait ternaire indique un rendement d'extraction de 19.4% et des teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés sont de 5.972 ± 0.05 mg EAG/g MS, 0.86 ± 0.07 mg EC/g MS et de 1.287 mg EC/g MS, respectivement.

L'activité antioxydante de *Randonia africana* au test de DPPH, a révélé un EC₅₀ de 0.092 mg/ml et une activité antioxydante au trolox de 846 µM ET/100g de MS.

L'ensemble de ces résultats suggère que l'activité antioxydante serait liée à la composition polyphénolique et surtout aux tanins condensés.

Mots clés : plante médicinale, *Randonia africana*, composés phénoliques et activité antioxydante.

Abstract

Medicinal plants always had an important place in the therapeutic arsenal of mankind with their huge reservoir of bioactive molecules. In this context, the present study aimed to determine the phenolic compounds and the antioxidant capacity of the medicinal plant, *Randonia africana* in the Algerian Sahara.

The phenolic compounds were extracted by simple maceration in a ternary solvent system: MeOH/acetone/water (7/7/6V/V/V). The power of a medicinal plant from the Algerian Sahara, *Randonia africana*. determination of total polyphenols was carried out by the Folin-Ciocalteu method, that of flavonoids by the aluminium chloride test and condensed tannins by the vanillin test. Antioxidant activity was assessed by the DPPH test.

The ternary extract showed an extraction yield of 19.4% and contents of total polyphenols, flavonoids and condensed tannins were 5.972 ± 0.05 mg EAG/g DM, 0.86 ± 0.07 mg EC/g DM and 1.287 mg EC/g DM, respectively.

The antioxidant activity of *Randonia africana* in the DPPH test, revealed an EC₅₀ of 0.092 mg/ml and a trolox antioxidant activity of 846 μ M ET/100g DM.

The whole results suggest that the antioxidant activity could be linked to the total phenolics composition and especially to condensed tannins.

Keywords: medicinal plant, *Randonia africana*, phenolic compounds and antioxidant activity.

Liste des abréviations

OMS	Organisation mondiale de la santé
EMA	Agence européenne du médicament
ESCOP	Coopérative scientifique européenne de phytothérapie
HE	Huiles essentielles
CP	Composés phénoliques
AO	Agents oxydants
ADN	Acide Désoxyribonucléique
ERO	Espèces réactives de l'oxygène
ERA	Espèces réactives azotées
RO[•]	Radical Alkoxyle
O₂^{•-}	Anion superoxyde
OH[•]	Radical Hydroxyle
HO₂	Radical Hydroperoxyde
RO₂	Radical Peroxyle
HOCl	Acide hypochloreux
¹O₂	Oxygène singulet
O₃	Ozone
H₂O₂	Peroxyde d'hydrogène
NO₂[•]	Dioxyde d'azote
NO	Oxyde nitrique
HNO₂	Acide nitreux
ONOOH	Acide peroxy nitreux
ROONO	Alkyl peroxy nitrites
NO₂⁺	Cation nitronium
N₂O₄	Peroxyde d'azote
ONOO	Peroxy nitrite
N₂O₃	Trioxyde d'azote
SOD	Superoxyde dismutase

CAT	Catalase
GP_x	Glutathion peroxydase
BHT	Butylhydroxytoluène
BHA	Butylhydroxyanisole
DPPH	2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl
MS	Matière sèche
DO	Densité Optique
EAG	Equivalent Acide Gallique
EC	Equivalent Catéchine
ET	Equivalent Trolox
A.G.	Acide Gallique
A.A.	Acide Ascorbique
E.R.	Extrait Randonia

Table des matières

Remerciements	
Résumés.....	III
Table des Abréviations.....	VI
Liste des Tableaux.....	X
Liste des Figures	XI
Chapitre 1. Phytothérapie et plantes médicinales.....	1
1.1 Généralités sur les plantes médicinales	3
1.2 Définitions	3
1.2. 1 Les plantes médicinales	3
1.3 La phytothérapie	4
1.4 Types de phytothérapie.....	4
1.4. 1 La phytothérapie traditionnelle	4
1.4. 2 La phytothérapie moderne	4
1.5 Efficacité de la phytothérapie	5
1.6 Limites de la phytothérapie	5
1.7 Présentation de la plante étudiée	6
1.7. 1 Généralités	6
1.7. 2 Description botanique	7
1.7. 3 Botanique systématique	7
1.7. 4 Habitat et aire géographique	8
1.7. 5 Usage traditionnel	8
Chapitre 2. Les Métabolites Secondaires	9
2.1 Définition.....	9
2.2 Classification	10
2.2. 1 Les composés phénoliques.....	10
2.2. 2 Les terpènes	12
2.2. 3 Les alcaloïdes.....	14
Chapitre 3. Stress oxydatif et activité antioxydantes	Erreur ! Signet non défini.
3.1 Le stress oxydatif.....	16
3.2 Les radicaux libres.....	16
3.3 Sources des radicaux libres.....	16
3.4 Types de radicaux libres	16

3.4. 1 Les espèces réactives de l'oxygène.....	17
3.4. 2 Espèces réactives de l'azote (ERN)	17
3.5 Les cibles des espèces réactives de l'oxygène.....	19
3.6 Les antioxydants	20
3.6. 1 Définition	20
3.6. 2 Classification des antioxydants	20
3.6. 3 Méthodes de dosage de l'activité antioxydante in vitro.....	22
Chapitre 4. Matériel et Méthodes	
4.1 Matériel végétal	23
4.2 Matériel et produits chimiques utilisés	24
4.3 Méthodes d'analyses.....	24
4.3. 1 Détermination du taux d'humidité.....	24
4.3. 2 Détermination des Métabolites Secondaires	26
4.3.2.1 Extraction des polyphénols totaux.....	35
4.3.2.2 Détermination du rendement d'extraction.....	35
4.3.2.3 Détermination des teneurs en polyphénols totaux.....	35
4.3.2.4 Détermination des teneurs en flavonoïdes.....	36
4.3.2.5 Détermination des teneurs en tanins condensés.....	36
4.3.3 Détermination du pouvoir antioxydant in vitro (Test au DPPH).....	36
a. Détermination de l'activité antioxydante mesurée par le radical DPPH.....	36
b. Détermination des EC ₅₀ et cinétique	37
c. Détermination de l'activité antioxydante (exprimée en µET/g MS).....	37
Chapitre 5. Résultats et Discussion	
5.1 Taux d'humidité	37
5.2 Rendement d'extraction.....	37
5.3 Teneurs en polyphénols totaux	38
5.3. 1 Teneurs en flavonoïdes	39
5.3. 2 Teneurs en tannins condensés	40
5.4 Capacité antioxydante (test au DPPH)	41
5.4. 1 Pourcentage d'inhibition et les EC ₅₀	41
5.4. 2 Détermination des EC ₅₀	42
5.4. 3 Cinétique de réduction du radical libre DPPH.....	43
5.4. 4 Activité antioxydante exprimée en µM Eq trolox.....	44

Références Bibliographiques51

Liste des Tableaux

Tableau 1: Types des EROs et des ERNs (Halliwell, 1996).	17
Tableau 2: Les principales ERO et ERN générées dans les systèmes biologiques (Bartosz, 2003 ; Migdal et Serres, 2011). (1) réaction de Fenton, (2) réaction d'Haber Weiss.	18
Tableau 3: Description de quelques tests de pouvoir antioxydant <i>in vitro</i> (Ben Hassan et Boukhetache, 2015)	22
Tableau 4: Matériel et produits chimiques utilisés.....	24

Liste des Figures

Figure 1: La plante <i>Randonia africana</i> Coss à différentes saisons (Atlas Sahara, 2018).	7
Figure 2: Quelques implications des métabolites secondaires dans les interactions de la plante avec son environnement (Macheix et al., 2005).	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3: Structures de base des flavonoïdes (Bruneton, 2009).	11
Figure 4: Structure chimique de tanin condensé et hydrolysable (Hassanpour et al., 2011).	12
Figure 5: Structure de l'unité isoprène (Elkolli, 2017).	13
Figure 6: Exemples de monoterpènes (Ghedadba, 2020).	13
Figure 7: Exemples d'alcaloïdes d'origine végétale (Boutefnouchet et al., 2020).	15
Figure 8: Schéma des différentes formes des ERO (Webmaster 2).	18
Figure 9: Les différentes cibles des Espèces Réactives de l'Oxygène (Loft et al., 2008).	19
Figure 10: a) Partie aérienne de <i>Randonia africana</i> après séchage, b) <i>Randonia africana</i> réduite en poudre.	23
Figure 11: Echantillon dans a) une étuve, b) un dessiccateur.	25
Figure 12: Extraction des polyphénols par macération dans un système de solvants ternaire (méthanol-acétone-eau) et sous agitation magnétique.	26
Figure 13: Evaporation de solvants dans un Rotavapor.	27
Figure 14: Délipidation de l'extrait filtré avec l'hexane	27
Figure 15: Gamme d'étalonnage des polyphenols totaux.	29
Figure 16: Gamme d'étalonnage des flavonoïdes.	30
Figure 17: Gamme d'étalonnage des tanins condensés.	31
Figure 18: Mécanisme de réduction du DPPH par les antioxydants (Brand-Williams et al. 1995).	32
Figure 19: Activité antiradicalaire de l'extrait ternaire de <i>Randonia Africana</i> par le test au DPPH.	33
Figure 20: Gamme d'étalonnage de trolox établi pour le test au DPPH.	35
Figure 21: Taux d'humidité.	37
Figure 22: Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.	38
Figure 23: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.	39
Figure 24: Courbe d'étalonnage des tannins condensés.	40
Figure 25: Le pourcentage d'inhibition (%) du radical libre de l'extrait de <i>R. africana</i> et les antioxydants de référence.	42
Figure 26: Activité antioxydante exprimée en EC ₅₀ (en mg/ml) de l'extrait <i>R. africana</i> et les antioxydants de référence.	43
Figure 27: Cinétique de réduction du radical libre de DPPH de l'extrait <i>R. africana</i> et les références.	44
Figure 28: Courbe d'étalonnage du trolox établie pour le test au DPPH.	44

INTRODUCTION

Introduction

Afin de contourner les dommages causés par les ERO, la cellule fait appel à des systèmes de défense, communément appelés antioxydants. En effet, un antioxydant est défini comme toute substance ayant la capacité de retarder, de prévenir ou de réparer un dommage oxydatif d'une molécule cible (**Halliwel & Gutteridge 2007**). Ainsi, les antioxydants servent à contrôler le niveau des espèces réactives pour minimiser le stress oxydatif (**Tang & Halliwel 2010**).

Les composés phénoliques sont connus pour leurs activités biologiques en relation directe avec la santé de l'être humain. De nombreuses études ont montré leurs rôles antibactériens, anti-inflammatoires, antioxydants, anti cancérigènes et leurs implications dans la prévention de certaines maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, l'hypertension, les maladies neurodégénératives, antihémolytiques (**Haddouchi et al., 2016 ; Cole et al., 2005; Liu, 2003; Riboli et Norat, 2003**).

Les plantes médicinales constituent une source inépuisable d'antioxydants dont les polyphénols qui attirent plus l'attention et regroupant une grande variété de composés tels que les flavonoïdes, les anthocyanes, les tanins, les alcaloïdes et saponosides. Ce sont des composés capables de piéger des radicaux libres, d'inhiber la peroxydation lipidique en réduisant les radicaux hydroxyles, superoxydes (**Delattre et al, 2005**).

L'Algérie est connue pour sa diversité taxonomique vu sa position biogéographique privilégiée et son étendue entre la Méditerranée et l'Afrique subsaharienne. La flore algérienne est potentiellement riche avec beaucoup d'espèces endémiques. Nous partageons avec les pays méditerranéens et ceux du Sahel une diversité floristique riche en composés et en éléments phytochimiques qui suscitent un intérêt de plus en plus croissant (**Ben Yahia 2014**).

Le sud algérien possède un couvert végétal spécifique représenté par des plantes spontanées sahariennes caractérisées par leur mode d'adaptation particulier à l'environnement désertique. En plus de leurs stratégies adaptatives, certaines espèces possèdent des propriétés pharmacologiques qui leur confèrent un intérêt médicinal. Elles constituent une richesse naturelle de molécules bioactives variées appartenant à différentes classes chimiques et dont

la valorisation demande une parfaite connaissance de leur composition biochimique et leurs propriétés biologiques.

Dans ce contexte, le présent travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation d'une plante médicinale spontanée : *Randonia africana*, appartenant à la famille des Resedaceae et utilisée traditionnellement par la population saharienne contre les piqures de scorpions.

L'objectif principal de cette présente étude, est de quantifier les teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés et d'évaluer leur pouvoir antioxydant après extraction par simple macération dans un système de solvants ternaire (MeOH-acétone-eau).

Cette présente étude est structurée en cinq chapitres scindés en trois parties principales :

- ✓ **Partie I** : Synthèse bibliographique (Chapitre 1 : la phytothérapie et les plantes médicinales, chapitre 2 : les métabolites secondaires et chapitre 3 : le stress oxydatif et les antioxydants) ;
- ✓ **Partie II** : Partie expérimentale (Chapitre 4 : Matériel et méthodes) ;
- ✓ **Partie III** : Chapitre 5 : Résultats et Discussion.

**Chapitre 1. *Phytothérapie et
plantes médicinales***

1.1 Généralités sur les plantes médicinales

L'utilisation des plantes médicinales à des fins thérapeutiques est une pratique aussi vieille que l'histoire de l'humanité. L'Homme, poussé par sa curiosité, fut tenté de goûter à tout ce qui lui tombait sous la main, s'exposant ainsi à l'immense pouvoir des végétaux apparemment inoffensifs. Au fil des siècles, apprenant à distinguer le comestible du mortel, à se servir des substances toxiques aux dépens de leurs ennemis, à reconnaître les vertus curatives cachées dans leur environnement naturel. C'est ainsi qu'il découvre par une suite d'échecs et de réussites l'utilisation des plantes pour son bien être (**Eddouks et al., 2007**).

A l'origine, il semble que la transmission du savoir se fait de façon orale et se perpétue avec la tradition. La phytothérapie a été pendant des siècles, utilisée par les chamans, les druides et les prêtres dans leurs pratiques mystiques et c'est au fil des siècles que l'homme a su exploiter les vertus thérapeutiques des plantes.

La phytothérapie, au sens large, peut englober plusieurs familles de produits qui n'ont pas tous les mêmes caractéristiques : les plantes médicinales en vrac, les préparations pharmaceutiques, les médicaments à base de plantes fabriqués industriellement et les compléments alimentaires. Elle est surtout utilisée dans le traitement des troubles bénins mineurs (fatigue, rhume, troubles digestifs ...etc.). En revanche, elle ne doit pas être associée aux traitements conventionnels de certaines pathologies telles que le cancer, le diabète, les maladies cardiovasculaires. Cependant, elle peut proposer des traitements et des remèdes acceptés par l'organisme pouvant être associés aux traitements conventionnels (**Merad et Mahiout, 2019**).

1.2 Définitions

1.2.1 Les plantes médicinales

Les plantes médicinales sont définies par la pharmacopée française comme des drogues végétales, qui peuvent être utilisées entières ou impliquant certaines parties de la plante, possédant des propriétés médicamenteuses (**Vercauteren, 2011**).

L'expression « drogue végétale » désigne une plante ou une partie de plante, utilisée le plus souvent sous la forme desséchée, ou à l'état frais dans la fabrication des médicaments (Chabrier, 2010).

Selon l'OMS, les plantes médicinales sont toutes les plantes qui contiennent un ou des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont des précurseurs dans la synthèse de drogues utiles (Sofowora, 2010).

1.3 La phytothérapie

D'un point de vue étymologique, le terme “phyto” de phytothérapie provient du grec ancien avec le terme plus précis de “phyton” qui signifie “végétal”. La phytothérapie est une “thérapie par le végétal ou par le monde végétal”, elle est le traitement par les plantes (Bruneton, 1999). C'est une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de végétaux, de parties de végétaux ou de préparations à base de végétaux, qu'elles soient consommées ou utilisées par voie externe (Wichtl et Anton, 2003). Selon l'OMS, la phytothérapie est le traitement médical le plus utilisé au monde (Oullai et Chamek, 2018).

1.4 Types de phytothérapie

Deux types de phytothérapies se distinguent :

1.4.1 La phytothérapie traditionnelle

C'est une pratique très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement. Elle traite notamment les pathologies saisonnières depuis les troubles psychosomatiques légers jusqu'aux symptômes hépatobiliaires, en passant par les atteintes digestives ou dermatologiques (Prescrire, 2007).

1.4.2 La phytothérapie moderne

Elle s'appuierait sur des connaissances biochimiques, cherchant à soulager des symptômes grâce à des principes actifs identifiés, testés cliniquement et contenus dans les plantes médicinales.

C'est une approche globale du patient et de son environnement nécessaire pour déterminer le traitement, ainsi qu'un examen clinique complet. Dans ce type de phytothérapie, les

indications sont liées à une thérapeutique de complémentarité. Elles viennent compléter ou renforcer l'efficacité d'un traitement allopathique classique pour certaines pathologies (Moreau, 2003).

1.5 Efficacité de la phytothérapie

De nombreuses études scientifiques relatent les effets bénéfiques des plantes, considérés parfois même supérieurs aux médicaments.

Quatre organismes aujourd'hui s'attachent à démontrer leur efficacité, répertorient leurs vertus médicinales, étudient leurs usages traditionnels et se prononcent sur leur utilité dans le traitement de certains symptômes :

- **L'EMA** : l'Agence européenne du médicament
- **L'Escop** : la Coopérative scientifique européenne de phytothérapie
- **L'OMS** : l'Organisation mondiale de la santé
- **La Commission E** : en Allemagne.

L'industrie pharmaceutique utilise de nombreux principes actifs végétaux pour traiter toutes sortes de maladies. Par exemple le taxol (molécule utilisée pour le traitement du cancer) extraite de l'écorce d'If. La phytothérapie peut être utilisée comme un moyen de prévention, elle est accessible à tout le monde et ne nécessite pas d'ordonnances (Oullai et Chamek, 2018).

Pour autant, la phytothérapie ne traite pas 100 % des maladies et ne se substitue pas aux traitements médicaux et chirurgicaux modernes pour des pathologies lourdes (cancer, maladie génétique, maladie auto-immune, vitiligo...). Elle peut néanmoins venir soutenir la médecine conventionnelle (Gayet, 2013).

1.6 Limites de la phytothérapie

La phytothérapie appelée « médecine douce », laisse penser à une médecine sans danger, ce qui n'est pas le cas. Elle peut s'avérer dangereuse, voire mortelle selon les plantes et les doses administrées car le principe actif n'est pas toujours connu et les plantes peuvent comporter plusieurs molécules qui peuvent interagir entre elles et avec d'autres substances.

Parfois la composition chimique dans une même plante peut différer d'un organe à un autre et même d'une saison à une autre (**Jorite, 2019**). Des interactions d'ordre pharmacodynamiques (augmentation ou diminution de l'effet) ou pharmacocinétique (modification de l'absorption, de la distribution, du métabolisme ou de l'élimination) avec d'autres médicaments ou avec d'autres composés peuvent avoir lieu.

Malgré les progrès actuels de la science, le mystère des plantes et de leurs constituants reste encore à élucider. Certaines plantes sont inoffensives, mais d'autres, comme de nombreuses espèces (digitale, belladone, colchique, etc.), sont toxiques et ne sont utilisées que sous des formes bien contrôlées, exclusivement commercialisées en pharmacie. L'emploi inconsidéré de plantes cueillies dans la nature peut aboutir à des intoxications graves et mortelles. La phytothérapie constitue donc une thérapeutique à "variables multiples", pouvant engendrer des effets indésirables et des intoxications (**Merad et Mahiout 2019**).

1.7 Présentation de la plante étudiée

1.7.1 Généralités

Randonia africana est une plante endémique connue en Algérie sous le nom de Tagtag ou Godm (**Chehma, 2008**) ou Bou Khiel dans la région de Béni Abbès (**Maiza et al., 1993**). Cette plante appartient à la famille des Resedaceae, regroupant six (6) genres et quatre-vingt-cinq (85) espèces. Quatre de ces six genres : *Caylusea*, *Ochradenus*, *Oligomeris* et *Randonia* se retrouvent dans les régions désertiques, tandis que les deux autres : *Reseda* et *Sesamoides* sont principalement méditerranéens (**Martin-Bravo et al., 2007 ; Berrehal et al., 2010**).

Le genre *Randonia* est représenté par trois espèces : *Randonia somalensis*, endémique de la Somalie, *Randonia spartioides* Schiowitz endémique de la Jordanie et *Randonia africana* Coss., qui est répartie sur le continent africain (**Abdelghani et Marei, 2006 ; Berrehal et al., 2010**).

En Algérie, il y a 20 espèces et sous-espèces de la famille des Resedaceae dont une seule espèce de *Randonia* (*Randonia africana*) qui pousse dans le Sahara septentrional (**Berrehal et al., 2010**).

1.7.2 Description botanique

Randonia africana est un arbrisseau très rameux pouvant atteindre 1 mètre de haut. Ces tiges sont raides et dressées, très intriquées devenant piquantes aux extrémités. Les feuilles sont petites linéaires ou spatulées. Les fleurs sont petites jaunâtres en longues grappes. Le réceptacle en coupe, portant ordinairement 8 sépales, 8 pétales et 16 étamines (Quezel et Santa, 1963 ; Chehema, 2006 ; Nabti, 2014).



Figure 1: La plante *Randonia africana* Coss à différentes saisons (Atlas Sahara, 2018).

1.7.3 Botanique systématique

Selon Ozenda (1991) et Martin-Bravo et ses collaborateurs (2007), cette espèce peut être classée comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyte

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédone

Ordre : Brassicales

Famille : Resedaceae

Genre : *Randonia*

Espèce : *Randonia africana* Coss

1.7.4 Habitat et aire géographique

Randonia africana se rencontre, en pieds solitaires ou en colonies, sur les sols gravillonnaires ou rocailloux, des lits d'oued, reg et des dépressions (Chehma, 2006). Dans le continent africain, elle s'étend du Sénégal, Mauritanie vers l'est jusqu'à l'Afrique du Nord, l'Ethiopie et la Somalie. Par ailleurs, cinq sites de population de *R. africana* ont été identifiés en Egypte (Abdelghani et Marei, 2006 ; Berrehal et al., 2010).

En Algérie, la présence de cette espèce dans le Sahara septentrional a été confirmée par plusieurs études ethnobotaniques réalisées par Azizi et al., 2021 ; Bouallala et al., 2020 ; Chehma et al., 2008 ; ; Ould el hadj et al., 2003 et Sitouh, 1989.

1.7.5 Usage traditionnel

Les feuilles et rameaux de *R. africana* sont utilisés en par les populations du Sahara pour traiter les piqures de scorpions (Ould El Hadj, 2003 ; Chehma, 2008 ; Berrehal et al., 2010 ; Telli et al., 2022) et également pour traiter les indigestions dans la région de Béni Abbès (Maiza et al., 1993).

**Chapitre 2. *Les métabolites
secondaires.***

2.1 Définition

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées par les plantes autotrophes (**Boudjouref, 2011**). Ces métabolites sont généralement caractérisés par leurs faibles concentrations dans les tissus végétaux (généralement quelques pour cent du carbone total) (**Newman et Cragg, 2012**) et la grande majorité ne semble pas participer directement à la croissance et au développement de la plante (**Fang et al., 2011**).

Les métabolites secondaires sont biosynthétisés à partir de métabolites primaires et jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement, contribuant ainsi à la survie de l'organisme dans son écosystème (**Coffi et al., 2012**).

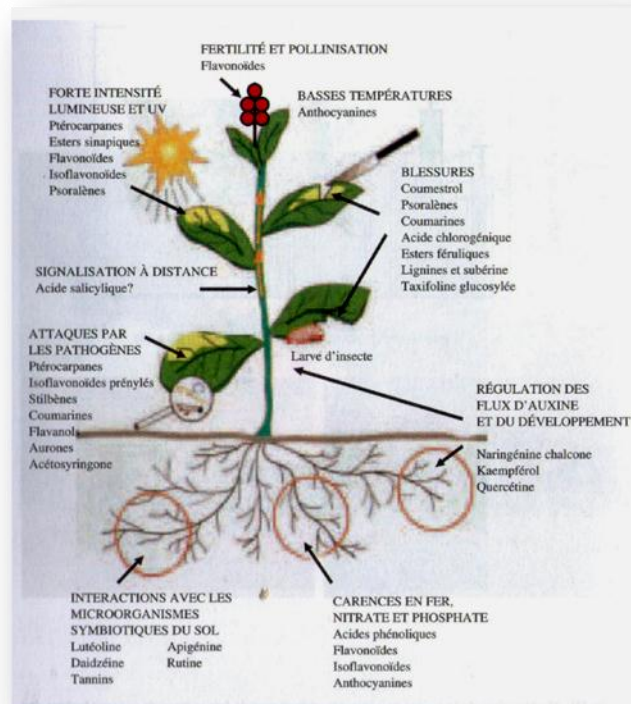


Figure 2 : Quelques implications des métabolites secondaires dans les interactions de la plante avec son environnement (**Macheix et al., 2005**).

Les métabolites secondaires ont des fonctions biologiques qui peuvent s'avérer essentielles (**Scharf et al., 2014**)

- Les pigments isoprénoïdes et les parfums (isoprénoïdes volatils) des plantes attirent les insectes pollinisateurs (essentiels pour la reproduction) ;

- Moyens de défense contre des agressions d'origines biotiques et abiotiques ;
- Communication entre plantes, micro-organismes ou animaux (hormones, phéromones, etc.).

2.2 Classification

On estime à plusieurs centaines de milliers les métabolites secondaires (200.000), de structure et de fonction très diverses. Il existe un grand nombre de classifications selon les sources. Il ressort que la classification la plus élémentaire des métabolites secondaires inclut trois groupes : les composés phénoliques, les terpènes, et les composés azotés (les alcaloïdes) (Ghedadba, 2020).

2.2.1 Les composés phénoliques

Les composés phénoliques (CP), constituent l'une des plus grandes familles de molécules largement répandues dans le règne végétal (Beta *et al.*, 2005). Plus de 8000 structures phénoliques sont actuellement connues (Habauzit et Horcajada, 2008). Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits (Nathalie Boizot et Charpentier, 2006).

D'après Ovaskainen *et al.* (2008), l'élément structural fondamental qui caractérise les CP est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction chimique (éther, ester, hétéroside). La structure des CP naturels varie depuis les molécules simples à 6 carbones (acides phénoliques simples) vers les molécules hautement polymérisées (tanins condensés).

2.2.1.1 Les formes simples

Les formes phénoliques les plus simples présentent des structures chimiques variées allant du simple phénol en C₆, aux flavonoïdes en C₁₅ (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

Nous citerons :

a) Les acides phénoliques

Ils peuvent être subdivisés en deux groupes, à savoir

b) Les flavonoïdes

Flavonoïdes (du latin *flavus*, jaune) sont des substances généralement colorées répandues chez les végétaux. D'ailleurs, leur fonction principale semble être la coloration des plantes (au-delà de la chlorophylle, des caroténoïdes et des bétalaines) (**Bessas, 2011**). On les trouve dissoutes dans la vacuole végétale à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastes particulièrement les chromoplastes.

Le terme flavonoïdes rassemble une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (**Bouakaz, 2006**). Ils sont constitués de deux cycles aromatiques liés par trois atomes de carbone qui peuvent se lier en formant un cycle oxygéné (**Guillouty, 2016**).

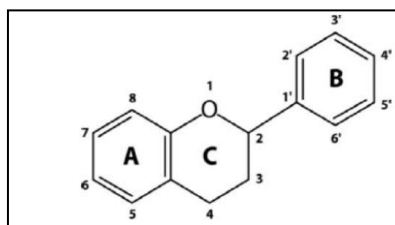


Figure 2: Structures de base des flavonoïdes (**Bruneton, 2009**).

Selon leur degré d'oxydation, les flavonoïdes sont classés en six classes : anthocyanes, flavonols, flavones, flavanones, isoflavones, flavanols (**Abdaoui et al., 2018**).

c) Les formes complexes

Ce sont des composés obtenus généralement de la condensation de certaines des formes simples de CP. Nous distinguons :

a- Les tanins

Les tanins sont des composés phénoliques très répandus dans le règne végétal. Ils ont la capacité de tanner les protéines. (**Marouf et Tremblin, 2021**).

Il existe deux grands types de tanins qui diffèrent par leur structure :

- **Les tanins hydrolysables** : leur hydrolyse produit une partie phénolique qui peut être soit de l'acide gallique (tanins galliques), soit de l'acide éllagique (tanins éllagiques) et une partie non phénolique, qui est souvent du glucose ou de l'acide quinine (**Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**).

- **Les tanins condensés** : ce sont des polymères de flavonols (Catéchols). Ils sont résistants à l'hydrolyse enzymatique et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader et ne possèdent pas de sucre dans leurs molécules. Ils sont responsables de l'astringence caractéristiques des fruits avant leur maturité (raisin, pêche, pomme, etc.) et de certaines boissons (vin, cidre, thé, etc.), de même de l'amertume du chocolat (**Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**).

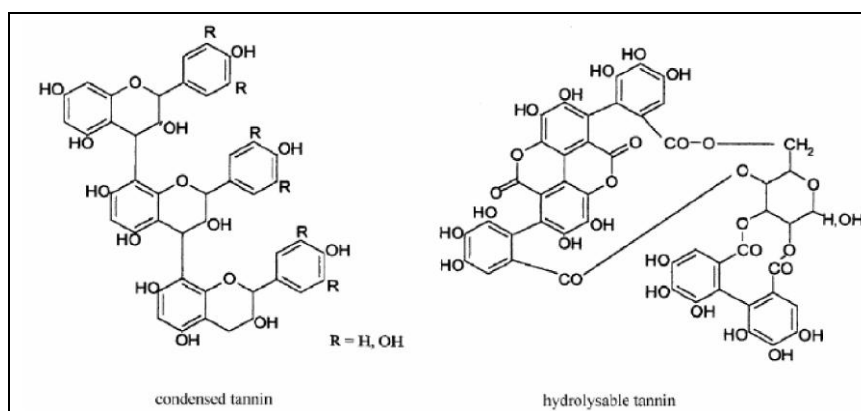


Figure 3: Structure chimique de tanin condensé et hydrolysable (**Hassanpour et al., 2011**).

b- Les lignines

La lignine est une macromolécule phénolique tridimensionnelle hydrophobe de poids moléculaire élevé, et qui est produite par toutes les plantes vasculaires ligneuses et herbacées. Elle est le troisième polymère naturel le plus abondant. Dans la paroi cellulaire végétale, la lignine remplit les espaces entre la cellulose et les hémicelluloses, et agit comme une résine qui unit l'ensemble de la lignocellulose (**Mogni, 2015**).

2.2.2 Les terpènes

2.2.2.1 Définition

Les terpènes, appelés aussi terpénoïdes, sont des constituants habituels des cellules végétales. Ils sont présents chez toutes les plantes, en particulier les conifères, et possèdent des activités biologiques très diverses (**Belloum, 2007 ; Muanda Nsemi, 2010**).

Les terpènes sont des hydrocarbures dérivés de l'isoprène C_5H_8 (7) et ont pour formule de base des multiples de celle-ci (C_5H_8) n. Ces squelettes peuvent être arrangés de façon linéaire ou bien former des cycles (**Muanda Nsemi, 2010**).

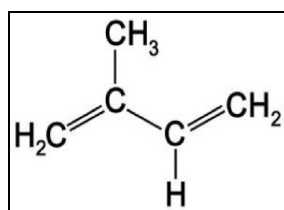


Figure 4: Structure de l'unité isoprène (Elkolli, 2017).

2.2.2.2 Classification

La classification des terpenoïdes repose sur le nombre d'unités terpéniques qui les constituent, on distingue : les terpènes ou monoterpènes en C₁₀, les sesquiterpènes en C₁₅, les diterpènes en C₂₀, les triterpènes C₃₀ et les tétraterpènes C₄₀ et polyterpènes au-delà de C₅₀ (*ex. caoutchou.*) (Guignard, 1996).

A. Monoterpènes

Composés de 10 carbones, ils sont les plus simples constituants des terpènes. Ils sont odorants, très volatils et majoritaires dans la composition d'une HE. Les huiles essentielles produites par les feuilles de certaines plantes éloignent les herbivores, certaines les protègent des attaques par les champignons parasites et les bactéries. D'autres sont allélopathiques. Les terpenoïdes des parfums floraux attirent les insectes pollinisateurs vers les fleurs. Nous distinguons les monoterpènes linéaires, des monoterpènes monocycliques et bicycliques (Bonnafous, 2013 ; Ghedadba, 2020).

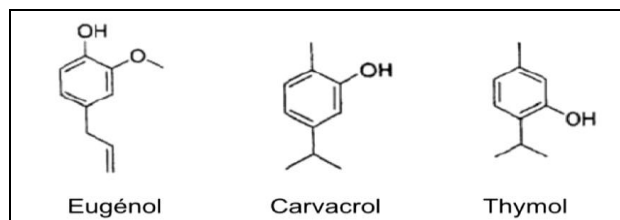


Figure 5: Exemples de monoterpènes (Ghedadba, 2020).

B. Diterpènes

Les diterpènes constituent une des classes des terpènes ayant tous un squelette carboné en C₂₀. Ils sont répandus chez les végétaux supérieurs, tels que les Asteraceae. Ils peuvent être

acycliques, bicycliques ou tricycliques. Les plus intéressants sur le plan pharmacologique sont les diterpènes tricycliques (**Bruneton, 2009**).

On retrouve parmi les dérivés de diterpènes la queue phytol des chlorophylles a et b et les résidus terpéniques du tocophérol (vitamine E) et de la phylloquinone (vitamine K1). Le taxol est un diterpénoïde très intéressant en raison de ses propriétés anticancéreuses (**Ghedadba, 2020**).

C. Triterpènes

Les triterpènes forment un groupe important de produits naturels contenant dans leur squelette une trentaine d'atomes de carbones. Il existe plus de 1700 triterpènes dans la nature, dont la majorité est sous forme tétracyclique ou pentacyclique, la forme acyclique étant rare. Ces métabolites rentrent dans la production de médicaments stéroïdiques ayant des propriétés contraceptives, anabolisantes et anti-inflammatoires (**Malecky, 2008**).

D. Tetraterpènes

Les tetraterpènes sont caractérisés par leur squelette qui renferme 40 atomes de carbone. Le représentant de cette famille étant les caroténoïdes, pigment photosynthétique majeur, auxquelles de nombreuses fleurs et fruits doivent leurs couleurs (**Malecky, 2008**).

E. Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont des composés volatils et fortement odorants. Ils sont classiques dans les huiles essentielles. Leur squelette de base est constitué de 15 atomes de carbones. C'est la classe la plus diversifiée des terpènes, vu qu'elle renferme plus de 3000 molécules. Le groupe le plus important sont les lactones sesquiterpéniques constituant un groupe de substances qui avoisine 3000 structures connues (**Bruneton, 2009**).

2.2.3 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances organiques d'origine végétale, azotée et à caractère alcalin (**Muanda Nsemi, 2010**). Ils figurent parmi les substances les plus importantes pour leurs propriétés pharmacologiques et médicinales. Les alcaloïdes sont utilisés comme antalgiques majeurs (morphine), antipaludéens (quinine), pour combattre l'excès d'acide urique (colchicine), comme substance paralysante/stimulante (curare, caféine), comme poisons

(strychnine, nicotine), comme stupéfiants (cocaïne, mescaline) ou comme anticancéreux (vinblastine, vincristine) (Ghedadba, 2020).

Selon Bruneton (2009), on peut classer les alcaloïdes en trois classes :

- **Les alcaloïdes vrais** : ils dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocyclique. Ce sont des substances douées d'une grande activité biologique, même à faibles doses. Ils apparaissent dans les plantes, soit sous forme libre, soit sous forme d'un sel, ou combinés avec tanins ;
- **Les proto-alcaloïdes** : Ils dérivent aussi d'acides aminés, ce sont des amines simples, dont l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle ;
- **Les pseudo-alcaloïdes** : ils ne sont pas dérivés d'acides aminés. Ils peuvent cependant être indirectement liés à la voie des acides aminés par l'intermédiaire d'un de leurs précurseurs, ou d'un de leurs dérivés.

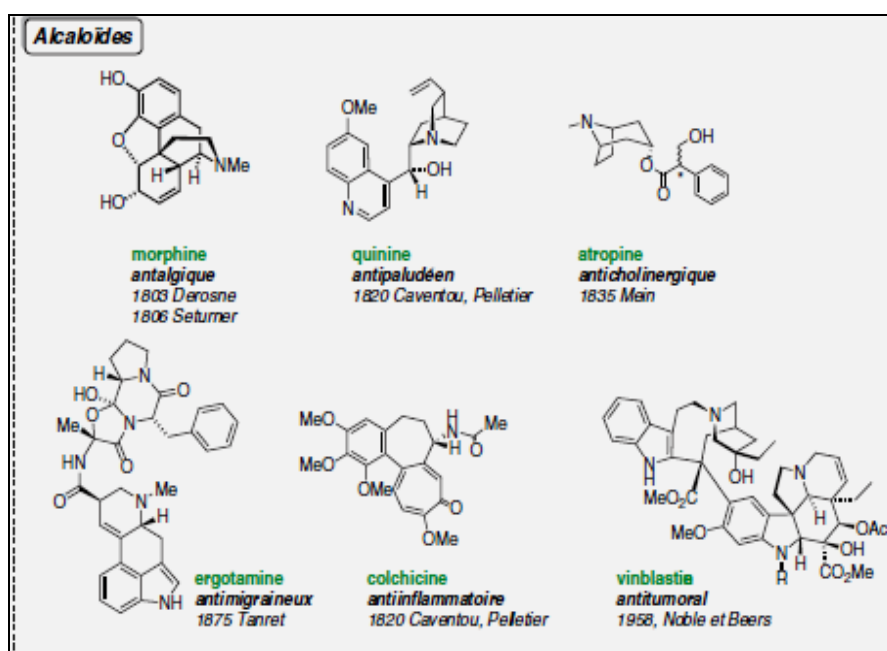


Figure 6: Exemples d'alcaloïdes d'origine végétale (Boutefnouchet et al., 2020).

**Chapitre 3. *Le Stress Oxydatif et
Les Antioxydants***

3.1 Le stress oxydatif

Le stress oxydatif (ou stress oxydant) se définit comme l'incapacité de l'organisme à se défendre contre les pro-oxydants (radicaux libres) en raison du déséquilibre endogène entre les antioxydants et les agents oxydants (AO) (**Baudin, 2020 ; Bensakhria, 2018 ; Rahal *et al.*, 2014 ; Kehili, 2018**).

3.2 Les radicaux libres

Un radical libre est un atome, une molécule ou une espèce chimique présentant un électron célibataire sur son orbitale externe lui conférant une grande instabilité et donc une grande réactivité (**Fig. 9**) (**Koechlin-Ramonatxo, 2006 ; Yzydorczyk *et al.*, 2015 ; Desmier, 2016**). En effet, ce radical libre aura toujours tendance à revenir à un état stable en donnant un électron ou en en prenant à une autre molécule : il peut donc être réducteur ou oxydant (**Koechlin-Ramonatxo, 2006**).

La production des radicaux libres est nécessaire à la lutte contre les agents infectieux (**Hokayem *et al.*, 2012**). Cependant, une production excessive de radicaux libres est responsable de potentiels dommages au niveau de l'ADN, des protéines et des lipides (**Migdal et Serres, 2011**).

3.3 Sources des radicaux libres

Plusieurs facteurs sont la source des radicaux libres. Les facteurs exogènes tels que l'exposition prolongée au soleil, les rayonnements ultra-violets, le mode de vie (tabagisme, alcoolisme, radiations ionisantes, polluants industriels), l'alimentation déséquilibrée (carences en vitamines et oligo-éléments). Les facteurs endogènes tels que les situations cliniques (chirurgie, transplantation, infection, inflammation) ou encore le stress et le vieillissement qui sont à l'origine du stress oxydant en induisant et favorisant la genèse de radicaux libres (**Mena *et al.*, 2009 ; Chen *et al.*, 2012**).

3.4 Types de radicaux libres

Les radicaux libres sont des pro-oxydants appartenant aux espèces réactives de l'oxygène (ERO) ou bien aux espèces réactives de l'azote (ERA) (**Tremblay, 2018**).

Tableau 1: Types des EROs et des ERNs (Halliwell, 1996).

	Espèce radicalaire	Symbole	Espèce non radicalaire	Symbole
ERO	Radical Alkoxyle	RO[•]	Acide hypochloreux	HOCl
	Anion superoxyde	O₂^{•-}	Oxygène singulet	¹O₂
	Radical Hydroxyle	OH[•]	Ozone	O₃
	R. Hydroperoxyde	HO₂[•]	Peroxyde d'hydrogène	H₂O₂
	Radical Peroxyle	RO₂[•]		
ERA	Dioxyde d'azote	NO₂[•]	Acide nitreux	HNO₂
	Oxyde nitrique	NO[•]	Acide peroxy nitreux	ONOOH
			Alkyl peroxy nitrites	ROONO
			Cation nitronium	NO₂⁺
			Peroxyde d'azote	N₂O₄
			Peroxy nitrite	ONOO
			Trioxyde d'azote	N₂O₃

3.4.1 Les espèces réactives de l'oxygène

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) représentent la classe la plus importante des espèces réactives générées dans les systèmes vivants. Elles sont produites principalement au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale lors de la réduction de l'oxygène (**Fig.10**). L'anion superoxyde (O₂^{•-}) est la forme primaire des ERO, ce qui conduit par la suite à la production d'autres ERO comme le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), l'oxygène singulet (¹O₂), le radical hydroxyle (OH[•]) considéré comme le radical le plus dangereux, l'acide hypochloreux (HOCl), et d'autres dérivés nitrés (**Tab. 1**) (**Pincemail et al, 2002**).

3.4.2 Espèces réactives de l'azote (ERN)

Les espèces réactives de l'azote dont le radical NO sont produites par différents types cellulaires : phagocytes et cellules endothéliales vasculaires.

L'enzyme NO-synthase est un catalyseur dans la réaction qui produit du monoxyde d'azote ou l'oxyde nitrique (NO[•]) à partir d'arginine et d'oxygène (**Tab.1**) (**Pacher et al, 2007**).

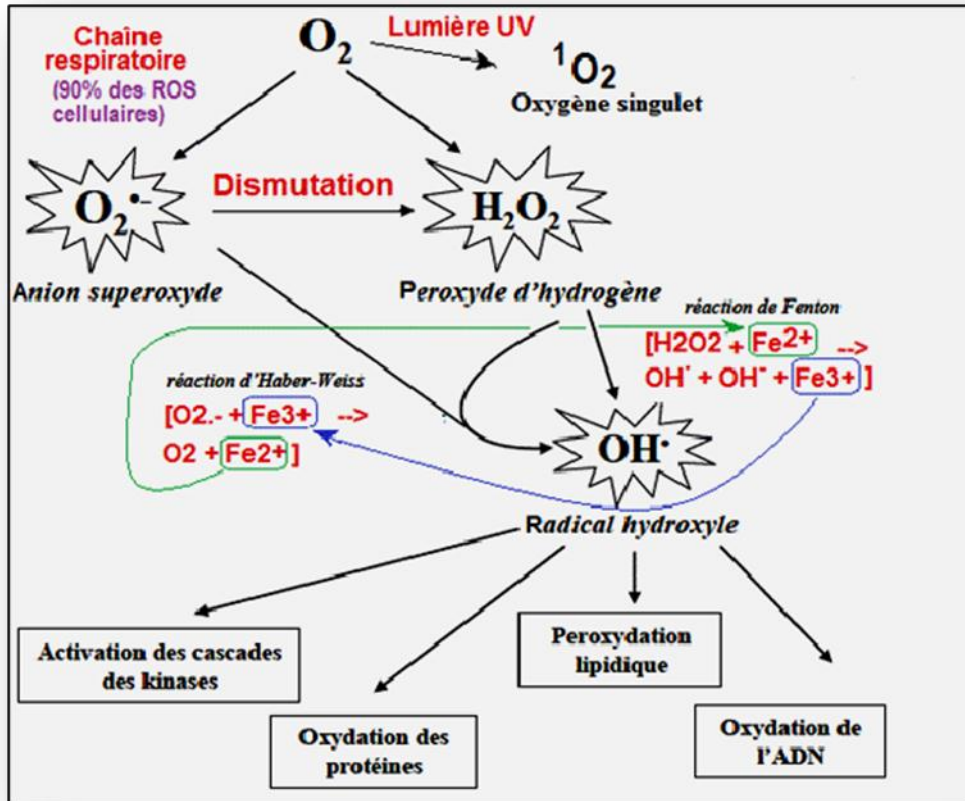


Figure 7: Schéma des différentes formes des ERO (Webmaster 2).

Tableau 2: Les principales ERO et ERN générées dans les systèmes biologiques (Bartosz, 2003 ; Migdal et Serres, 2011). (1) réaction de Fenton, (2) réaction d'Haber Weiss.

Type	Nom	Symbol	Réaction
Espèces réactives à l'oxygène (ERO)	Anion superoxyde	$O_2^{\cdot-}$	$O_2 + e^- \rightarrow O_2^{\cdot-}$
	Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2	$O_2^{\cdot-} + e^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2$
	Radical hydroxyle	HO^{\cdot}	$H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow OH^{\cdot} + OH^- + Fe^{3+}$ (1) $H_2O_2 + O_2^{\cdot-} \rightarrow OH^{\cdot} + OH^- + O_2$ (2)
	Radical peroxy	ROO^{\cdot}	$R^{\cdot} + O_2 \rightarrow RO_2^{\cdot}$
	Acide hypochlorique	$HOCl$	$H_2O_2 + Cl^- + H^+ \rightarrow HOCl + H_2O$
Espèces réactives à l'azote (ERN)	Monoxyde d'azote	NO^{\cdot}	$O_2 + \text{Arginine} + NADPH \rightarrow NO^{\cdot} + \text{Cittrulline} + H_2O + NADP^+$
	Peroxynitrite	$ONOO^-$	$NO^{\cdot} + O_2^{\cdot-} \rightarrow ONOO^-$

3.5. Les cibles des espèces réactives de l'oxygène

Une production excessive des radicaux libres va altérer les macromolécules, favorisant ainsi la fragmentation de l'ADN, la peroxydation lipidique ou la carbonylation des protéines (Hokayem *et al.*, 2012).

Les radicaux libres de l'oxygène réagissent avec de nombreuses molécules, ce qui entraîne des dommages oxydatifs de l'ensemble des constituants cellulaires : les lipides avec une perturbation des membranes cellulaires, les protéines avec l'altération des récepteurs et des enzymes, les acides nucléiques avec un risque de mutation et de cancérisation (Sergent *et al.*, 2001).

Ces molécules perdent alors leur activité au sein de la cellule et cela a un impact sur le fonctionnement cellulaire physiologique (Fig. 11) (Guillouty, 2016).

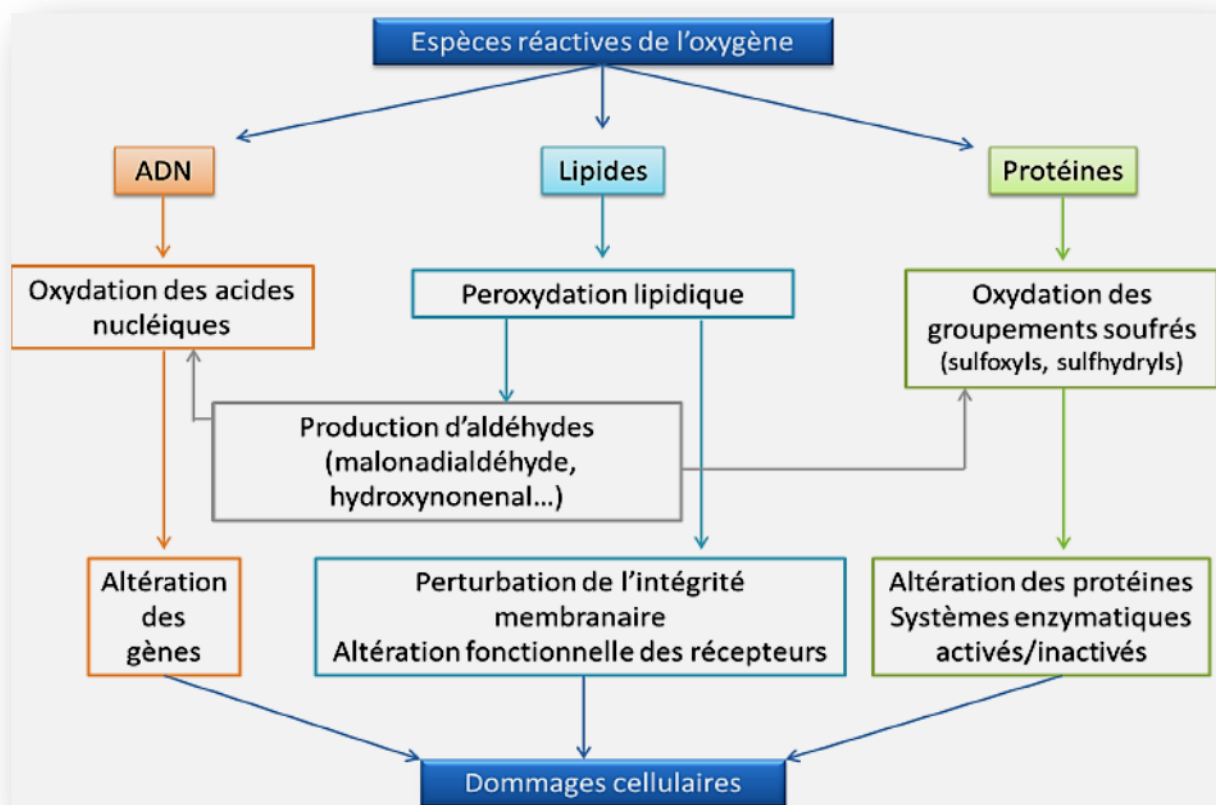


Figure 8: Les différentes cibles des Espèces Réactives de l'Oxygène (Loft *et al.*, 2008).

3.5 Les antioxydants

3.5.1 Définition

Un antioxydant est une molécule qui diminue ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques. Il est défini par **Halliwell (1999)**, comme toute substance qui en faible concentration, par rapport au substrat susceptible d'être oxydé, prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat. C'est une molécule qui est capable de neutraliser les formes actives de l'oxygène et permet de maintenir au niveau de la cellule et de l'organisme des niveaux non cytotoxiques de radicaux libres (**Perrin, 1992**).

3.5.2 Classification des antioxydants

Il existe deux classes d'antioxydants : les endogènes et les exogènes. Les antioxydants endogènes sont principalement les enzymes superoxyde dismutase, catalase et glutathion peroxydase. Les antioxydants exogènes qui sont, par définition, apportés de l'extérieur par l'alimentation ou la pharmacologie (**Guillouty, 2016**).

Diverses stratégies antioxydantes existent, soit en augmentant les défenses enzymatiques antioxydantes endogènes, soit en renforçant les défenses non enzymatiques par des moyens diététiques ou pharmacologiques.

3.5.2.1 Antioxydants enzymatiques

Les trois principales enzymes ; la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx) ont une action complémentaire sur la cascade radicalaire au niveau du $O_2^{\bullet-}$ et du H_2O_2 , conduisant finalement à la formation de l'eau et de l'oxygène moléculaire (**Lehucher-Michel et al., 2001**) selon les réactions suivantes:

Superoxyde dismutase



Catalase



Glutathione peroxydase



Selon **Béguel (2012)**, il existe également d'autres défenses antioxydantes telles que les transferrines, les ferritines, les métallothionéines. Ces dernières sont des enzymes qui en se complexant aux métaux limitent leur disponibilité dans le processus de génération des radicaux libres. Enfin, les enzymes de réparation des molécules endommagées par les ERO peuvent également être considérées comme des défenses antioxydantes (méthionine sulfoxyde réductases, endonucléases, ADN glycosylases).

3.5.2.2 Antioxydants non enzymatiques

Les antioxydants non enzymatiques représentent un ensemble de composés susceptibles de ralentir considérablement les effets des radicaux libres qui n'ont pas été piégés par les systèmes de défense endogène. Ce sont des molécules exogènes (qu'on ne retrouve pas spontanément dans l'organisme), fournies par l'alimentation sous forme de fruits et légumes tels que les vitamines (A, E et C), les β -carotène, lycopène, ubiquinol, bilirubine, les oligo-éléments comme le zinc, le sélénium, le cuivre, le manganèse, certains polyphénols (les flavonoïdes, les acides phénols, les coumarines, les quinones). Certaines huiles essentielles, constituent une seconde source de défense de l'organisme contre les radicaux libres (**Heim et al., 2002 ; Bakasso, 2009**).

Il existe différents mécanismes d'action des antioxydants naturels, incluant le captage de l'oxygène singulet, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la complexation d'ions et de métaux de transition (**Favier, 2006**). Du fait de leur petite taille, ce type d'antioxydants possède un avantage considérable par rapport aux antioxydants enzymatiques. Ils peuvent en effet pénétrer facilement au sein des cellules et se localiser à proximité des cibles biologiques (**Saidi, 2019**).

3.5.2.3 Les antioxydants synthétiques ou artificiels

Les antioxydants synthétiques ou artificiels sont généralement des composés phénoliques d'origine pétrochimique comme le butylhydroxytoluène (BHT), le butylhydroxyanisole (BHA) ou encore les esters de l'acide gallique (gallate de propyle, gallate d'octyle et gallate de dodécyle) connus pour leurs propriétés lipophiles. Le BHA et le BHT sont les plus fréquemment utilisés. Ceux-ci sont principalement employés comme conservateurs, à faible concentration, dans les produits cosmétiques et alimentaires afin de protéger les lipides du rancissement en inhibant la chaîne de réactions d'initiation et en réduisant de la prooxidation des acides gras insaturés. Néanmoins, leur utilisation reste controversée, les produits de dégradation du BHA et du BHT étant suspectés d'être cancérigènes (**Xiang et al., 2007**).

3.5.3 Méthodes de dosage de l'activité antioxydante *in vitro*

Diverses méthodes de dosage de l'activité antioxydante *in vitro* induisent la mesure de l'inhibition de l'oxydation des lipides et des lipoprotéines. L'évaluation *in vitro* de l'activité antioxydante par les méthodes citées dans le tableau 3 (dans lequel sont mis en évidence les mécanismes réactionnels, les avantages et inconvénients de la méthode), témoigne de l'aptitude d'une molécule ou d'un extrait naturel à piéger des radicaux libres par transfert d'électron et/ou de proton issus de phénomènes d'oxydations (Rezaire, 2012).

Tableau 3: Description de quelques tests de pouvoir antioxydant *in vitro* (Ben Hassan et Boukhetache, 2015)

Le test	DPPH [•]	ABTS ⁺ ou TEAC	FRAP	ORAC
Mécanisme réactionnel	Transfert d'électron	Transfert d'électron et de proton	Transfert d'électron	Transfert de proton
Nature des molécules Testées	hydrophiles et lipophiles	hydrophiles et lipophiles	hydrophiles	hydrophiles et lipophiles
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> •Très facile à mettre en œuvre • Peu coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> • Très facile à mettre en œuvre • Cinétique de réaction très rapide • Peu coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> • Très facile à mettre en œuvre • Peu coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> •Facile à mettre en œuvre •Couteux (nécessité d'un fluorimètre) • Utilisation d'un générateur de radicaux (ROO•)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> •encombrement stérique de molécules à haut poids moléculaire •interférences possibles à 515 nm •forte dépendance au pH et au solvant • radical inexistant <i>in vivo</i> 	<ul style="list-style-type: none"> •produits de dégradation antioxydants • radical inexistant <i>in vivo</i> 	<ul style="list-style-type: none"> •pH utilisé non physiologique •interférences possibles à 595 nm •interférences avec composés possédant $E^{\circ} < 0,77$ V 	<ul style="list-style-type: none"> • mécanismes de génération des ROO• non physiologique •interférences possibles des protéines
Références	(Brand <i>et al.</i> , 1995 ; Pinelo <i>et al.</i> , 2004)	(Awika <i>et al.</i> , 2003 ; Arts <i>et al.</i> , 2004 ; Osman <i>et al.</i> , 2006)	(Benzie et Strain, 1996 ; Ou <i>et al.</i> , 2002)	(Ou <i>et al.</i> , 2001 ; Lopez <i>et al.</i> , 2003)

Chapitre 4.

Matériel et Méthodes

4.1 Matériel végétal

Le matériel végétal de notre présente étude est représenté par une plante endémique faisant partie de la catégorie des plantes médicinales : *Randonia africana*.

La récolte de *Randonia africana* a été effectuée au mois de février 2022 dans la région d'Adrar. L'identification botanique de l'espèce a été réalisée au niveau de la Faculté des Sciences et Technologie, Département de Biologie, Université d'Adrar par Dr Nani.

Cette présente étude n'a porté que sur la partie aérienne (rameaux et feuilles de la plante), qui a été nettoyée, séchée à l'ombre et à température ambiante pendant 20 jours. Ensuite broyée en poudre par un broyeur électrique. La poudre de *Randonia africana* a été conservée dans des bocaux en verre fermés, à l'abri de la lumière en attente des analyses ultérieures.



Figure 9: a) Partie aérienne de *Randonia africana* après séchage, b) *Randonia africana* réduite en poudre.

4.2 Matériel et produits chimiques utilisés

Tableau 4: Matériel et produits chimiques utilisés.

Matériel	Produits chimiques	
	Produits	Formules chimiques
- Lot de verreries (capsules vides ; ampoules à décanter ; cristallisoirs, béchers, ballons, erlenmeyers, éprouvettes graduées, Büchner, entonnoirs, tubes à essai, flacons pour conservation, cuve), papier filtre, papier Joseph, Spatule - Balance de marque "Kern" max 120g ; - Dessiccateur ; - Rotavapor de marque "Nahita" ; - Agitateurs magnétiques, Barreaux magnétiques - Etuve isotherme de marque "Memmert» ; - Pompe à vide ; - Spectrophotomètre UV-Visible (Agilent Technologies cary60).	- Méthanol (MeOH)	CH ₃ OH
	- Acétone	C ₃ H ₆ O
	- Eau distillée	H ₂ O
	- Hexane	C ₆ H ₁₄
	- Folin-ciocalteu	C ₈ H ₂ O ₃
	- Acide gallique	C ₇ H ₆ O ₅ H ₂ O
	- Carbonate de sodium	N _a CO ₂
	- Chlorure d'aluminium	AlCl ₃ , 6H ₂ O
	- Sodium nitrite	NaNO ₂
	- Sodium hydroxide	NaOH
	- Vanilline	C ₈ H ₈ O ₃
	- Acide chlorhydrique concentré	HCL concentré
	- Catéchine	C ₅ H ₁₄ O ₆
	- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	C ₁₈ H ₁₂ N ₅ O ₆

4.3 Méthodes d'analyses

4.3.1 Détermination du taux d'humidité

- **Principe**

La détermination de la teneur en eau est effectuée par une dessiccation de l'échantillon dans une étuve isotherme de 105°C jusqu'à une masse pratiquement constante (Audigie *et al.*, 1980). Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placées dans un dessiccateur.

- **Mode opératoire**

- ✓ Des capsules vides ont été séchées à l'étuve durant 15min à 103 ± 2 °C ; avec couvercles inclinés. Les capsules ont été tarées après refroidissement dans un dessiccateur.
- ✓ Dans chaque capsule 3g d'échantillon ont été pesés à une précision de ±0.001 g, puis l'ensemble a été placé dans l'étuve à 105°C.

- ✓ Après un étuvage de 3 h à 105 °C puis refroidissement dans un dessiccateur pendant 15min les capsules avec échantillon sont pesées, ensuite elles sont remises dans l'étuve durant 1 h à 105°C.
- ✓ Après refroidissement dans un dessiccateur comme précédemment, les capsules avec échantillon sont pesées.
- ✓ La différence entre deux pesées doit être inférieure à 2 mg, sinon l'opération est renouvelée jusqu'à un poids constant.



Figure 10: Echantillons dans **a)** une étuve, **b)** un dessiccateur.

Expression des résultats

Le taux d'humidité est exprimé en pourcentage est calculé selon la formule suivante :

$$H \% = [(M_i - M_f) / P] \times 100$$

Où :

H % : Taux d'humidité en %

M_i : Masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en (g).

M_f : Masse de l'ensemble après séchage en (g).

P : Masse de la prise d'essai en (g).

A partir du taux d'humidité la matière sèche est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Taux de matière sèche \%} = 100 - \text{Taux d'humidité \%}$$

4.3.2 Détermination des Métabolites Secondaires

4.3.2.1 Extraction des polyphénols totaux

L'extraction des polyphénols totaux a été réalisée selon la méthode de (**Liyanan-pathirana et Shahdi, 2006**) par simple macération à température ambiante et sous agitation continue avec deux extractions successives de 02 heures chacune avec un mélange de solvants Méthanol-Acétone-Eau (7/7/6 : V/V/V).

- ✓ 5 g de l'échantillon sont soumis à une macération sous agitation magnétique à température ambiante avec un mélange de solvants Méthanol-Acétone-Eau (7/7/6 ; V/V/V) pendant 2 h ensuite, le mélange a été filtré ;
- ✓ Le filtrat a été récupéré et l'échantillon a été ré-extrait avec le même système ternaire de solvants pendant 2 h sous agitation magnétique ;
- ✓ Après une 2^{ème} filtration les deux filtrats sont réunis ;
- ✓ L'extrait filtré a été dégraissé en le décantant à volume égal, avec l'hexane (**Chiremba et al., 2012**) dans une ampoule à décanter ;
- ✓ L'extrait a été évaporé à sec dans un évaporateur rotatif (Rotavapor) à 45°C sous pression réduite ;
- ✓ l'extrait sec est récupéré dans 5 ml de MeOH. Les extraits sont conservés dans de petits flacons recouverts d'aluminium et conservés au frigo à 4°C.



Figure 11: Extraction des polyphénols par macération dans un système de solvants ternaire (méthanol-acétone-eau) et sous agitation magnétique.



Figure 12: Evaporation de solvants dans un Rotavapor.

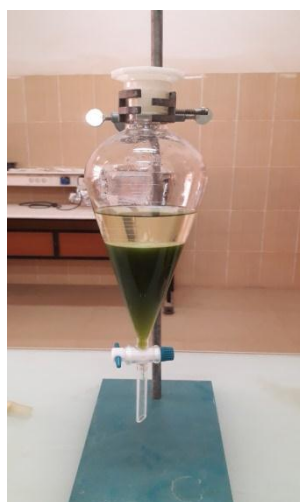


Figure 13: Délipidation de l'extrait filtré avec l'hexane

4.3.2.2 Détermination du rendement d'extraction

Le rendement d'extraction pour chaque extrait est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Rdt (\%)} = [(P2-P1)] / M \times 100$$

Où :

Rdt : Rendement (%).

P1 : Poids en (g) du ballon vide séché avant l'extraction.

P2 : Poids en (g) du ballon après évaporation des solvants d'extraction.

M : Masse en (g) de la prise d'essai.

4.3.2.3 Détermination des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux **est** réalisé par la méthode de **Folin-ciocalteu (1927)**. Il est basé sur le couplage du Folin-Ciocalteu avec les composés phénoliques du matériel végétal (**Brune et al., 1991**).

- **Principe**

La réaction est basée sur la réduction de l'acide phosphomolybdique ($H_{30}PM_{12}O_{40}$) du réactif de Folin-Ciocalteu (un acide couleur jaune, constitué de polyphénol acide contenant du molybdène et tungstène) par les polyphénols en milieu alcalin (**Catalano et al., 1999**). Elle se traduit par le développement d'une coloration d'un bleu foncé due à la formation d'un complexe Molybdène (M_8O_{23}) tungstène (W_8O_{23}) mesurée au spectrophotomètre.

- **Mode opératoire**

- ✓ À **500 μ L** de l'extrait de chaque échantillon, nous avons ajouté **2500 μ L Folin-ciocalteu** plus **2000 μ L $N_{a2}CO_3$** à 7,5%
- ✓ le mélange bien agité est incubé à **l'obscurité pendant 1h à 20°C** ;
- ✓ La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc à **765nm** au spectrophotomètre-UV Visible.

La gamme d'étalonnage constituée par différentes concentrations d'acide gallique est préparée comme suit :

- ✓ 03 mg d'acide gallique sont pesés, puis mélangés dans 10 ml du méthanol à 99,6%; c'est la **solution mère de concentration 0,3 mg/mL**
- ✓ À partir de cette solution mère, nous avons préparé des dilutions filles suivantes : 0,21 – 0,15 – 0,105 – 0,075 – 0,06 – 0,045 – 0,024 mg/ ml.
- ✓ Puis 500 μ l de chaque dilution sont traités, avec la même procédure que celle des échantillons.

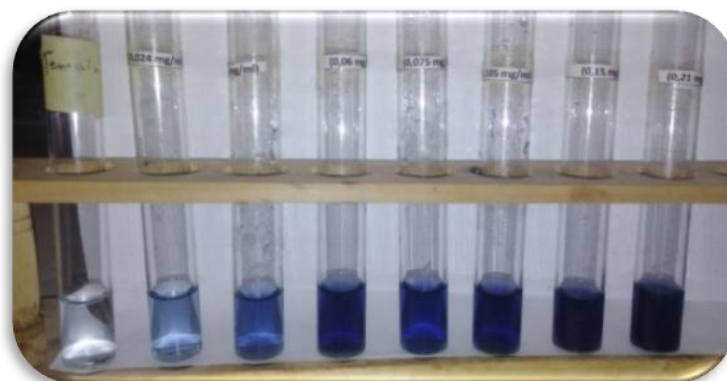


Figure 14: Gamme d'étalonnage des polyphénols totaux.

4.3.2.4 Détermination des flavonoïdes (Ardestani et Yazdanparast, 2007)

- **Principe**

Le dosage des flavonoïdes est réalisé en utilisant la méthode colorimétrique au **trichlorure d'aluminium** et la soude. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe de couleur rose qui absorbe dans le visible à **510 nm**.

- **Mode opératoire**

Les flavonoïdes sont dosés par colorimétrie comme suit :

- ✓ 700µl d'extrait brut sont mis dans un tube à essai, auquel sont ajoutés 2000 µl d'eau distillée, puis 150 µl NaNO₂ à 15% ;
- ✓ Après deux intervalles consécutifs de 6 min, 150µl (AlCl₃, 6H₂O) à 10%, puis 2000µl NaOH à 4 % ont été rajoutés.
- ✓ Les tubes sont incubés pendant 15 min à température ambiante ;
- ✓ La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc à **510 nm**.

La gamme d'étalonnage constituée par différentes concentrations de catéchine est préparée comme suit :

- ✓ **Une solution mère de catéchine à 0,4 mg/ml** est préparée en dissolvant 4 mg catéchine dans 10 ml méthanol. À partir de cette solution mère nous avons préparé des dilutions de différentes concentrations : (0,36-0,28-0,2-0,12-0,08-0,04) mg/ml.
- ✓ Puis 700 µl de chaque dilution sont traités, avec la même procédure décrite ci-dessus, pour l'échantillon.

- ✓ La lecture de l'absorbance des différentes concentrations est faite contre un blanc à **510 nm**.

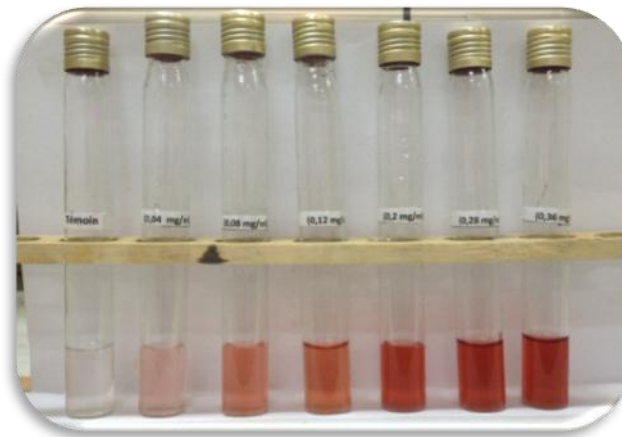


Figure 15: Gamme d'étalonnage des flavonoïdes.

4.3.2.5 Détermination des tanins condensés

Principe :

Le dosage des tanins condensés est effectué selon la méthode de **Broadhurst et Jones (1978)**, modifiée par **Heimler et al. (2006)**. Le principe de ce dosage est basé sur la fixation du

groupement aldéhydique de vanilline sur le carbone 6 du cycle A de la catéchine pour former un complexe chromophore rouge qui absorbe à 500 nm (**Schofield et al., 2001**).

- **Mode opératoire**

Les tanins condensés sont dosés par colorimétrie comme suit :

- ✓ Pour 400 μ l de chaque échantillon, on ajoute 3000 μ l d'une solution de vanilline (4% dans le méthanol) ;
- ✓ et 1500 μ l d'acide hydrochlorique concentré à 37%.

Le mélange est incubé durant 15 min et l'absorbance est lue à **500 nm**.

La courbe d'étalonnage a été établie comme suit :

- ✓ Une solution mère de catéchine à 0,5 mg/ml est préparée en dissolvant 6 mg catéchine dans 10 ml méthanol. À partir d'une solution mère, nous avons préparé des dilutions de différentes concentrations : 0.05 ; 0.1 ; 0.2 ; 0.3 ; 0.4 ; 0.45 ; 0.5mg/ml ;
- ✓ Puis 400 µl de chaque dilution sont traités, avec la même procédure que les échantillons ;
- ✓ La lecture de l'absorbance des différentes concentrations est faite contre un blanc à 500 nm.

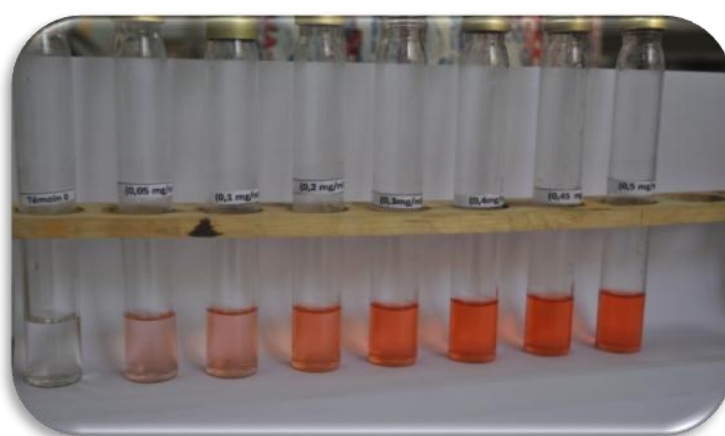


Figure 16: Gamme d'étalonnage des tanins condensés.

4.3.2.6 Détermination du pouvoir antioxydant in vitro (Test au DPPH)

a) Détermination de l'activité antioxydante mesurée par le radical DPPH

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (α,α -diphényle- β -picrylhydrazyle) fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation, structure, et activité antioxydante des composés phénoliques (Brand-Williams *et al.*,1995).

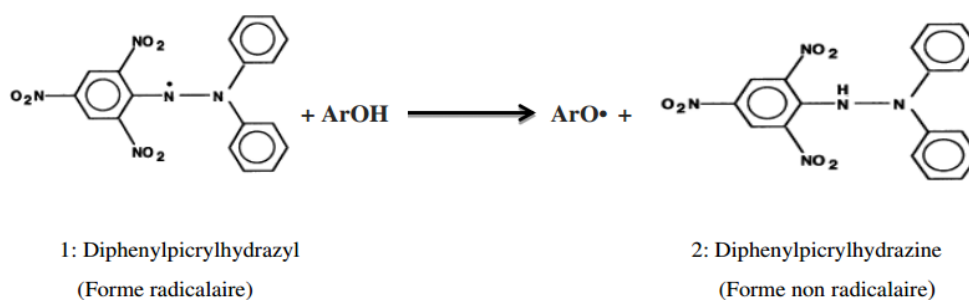


Figure 17: Mécanisme de réduction du DPPH par les antioxydants (**Brand-Williams et al. 1995**).

Principe

Le mécanisme général de cette réaction est la réduction du radical libre 2:2 diphénylepicylhydrazyl (DPPH[•]) ayant une **couleur violette** par les antioxydants (ArOH) en lui transférant un proton, alors il se transforme **en composé jaune** 2,2 diphénylepicylhydrazine stable DPPH (figure 19). L'intensité de la couleur violette est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à piéger les radicaux libres (**Nani, 2017**).

L'activité antioxydante de l'extrait de Randonia a été évaluée par deux méthodes différentes en utilisant le radical libre du DPPH. La première méthode consiste à déterminer les EC₅₀ de l'extrait de Randonia et les EC₅₀ des deux références utilisées. Et la deuxième méthode consiste à exprimer l'activité antioxydante de l'extrait de Randonia en micromoles équivalent trolox/g de MS, en établissant la courbe d'étalonnage de trolox.

b) Détermination des EC₅₀ et cinétique

- **Mode opératoire**

L'évaluation de piégeage du radical DPPH[•] par les différents extraits est réalisée selon la méthode de **Masuda et al. (1999)** (avec une légère modification. L'acide gallique et l'acide ascorbique (vitamine C) sont utilisés en tant qu'antioxydants de références. Pratiquement, un volume de 50 µL de la solution méthanolique du DPPH[•] (2.5 M) est ajouté à 50 µL des différentes dilutions des extraits et des références (0.0125-0,025- 0,05- 0,1- 0,2- 0,3- 0,4- 0.5 mg/mL) dans 2000 µL MeOH. Le mélange est bien homogénéisé puis incubé à l'obscurité **pendant 30 min à 37°C**. L'absorbance est mesurée à **517 nm** contre un blanc sans DPPH[•]

- Expression des résultats

% d'inhibition du radical libre est mesuré comme suit :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

Où :

A_0 : correspond au tube contenant 2000 μ l MeOH, 50 μ L DPPH $^{\bullet}$, et 50 μ L MeOH (contrôle négatif du radical) ;

A_1 : correspond au tube contenant 2000 μ l MeOH, 50 μ L DPPH $^{\bullet}$, et 50 μ L de l'extrait ou référence (Contrôle positif).



Figure 18: Activité antiradicalaire de l'extrait ternaire de *Randonia Africana* par le test au DPPH.

Détermination des EC₅₀

L'activité anti-radicalaire des extraits est exprimée en EC₅₀ qui correspond à la concentration de l'extrait permettant de réduire 50% du radical libre. Les valeurs des EC₅₀ sont calculées graphiquement par les régressions linéaires des graphes tracés. Plus la valeur de l'EC₅₀ est petite plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant.

Cinétique de la réaction de piégeage de DPPH^{*}

L'étude cinétique est réalisée par la mise en réaction du radical libre DPPH^{*} avec la concentration inhibitrice EC₅₀ de l'extrait et référence. On note l'absorbance du mélange à 517 nm à différents intervalles de temps pendant **20 minutes à 37°C**.

c) Détermination de l'activité antioxydante (exprimée en μ ET/g MS)

L'activité antioxydante mesurée par le radical DPPH, est exprimée en μ ET/g MS à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant le trolox comme standard et une solution méthanolique de DPPH préparée à 0.1mM, selon la méthode de **Xu et Chang (2007)**.

- **Mode opératoire**

- ✓ Pour 100 μ l de chaque échantillon, ont été ajoutés 2900 μ l d'une solution DPPH à 0.1mM

Le mélange est mélangé au vortex et maintenu à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min. L'absorbance est lue à **517 nm**.

La courbe d'étalonnage a été établie comme suit :

- ✓ **Une solution mère de trolox à 1 mM** est préparée dans du méthanol. À partir de cette solution mère, nous avons préparé des dilutions de différentes concentrations : 25 ; 50 ; 100 ; 175 ; 250 ; 375 ; 500 ; 750, 1000 μ micromoles/L
- ✓ Puis 100 μ l de chaque dilution sont traités, avec la même procédure que les échantillons ;
- ✓ La lecture de l'absorbance des différentes concentrations est faite contre un blanc à 517 nm.

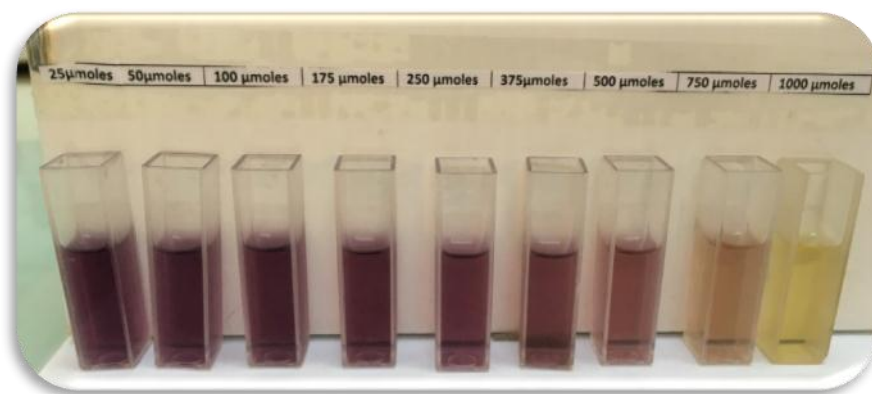


Figure 19: Gamme d'étalonnage de trolox établi pour le test au DPPH.

Chapitre 5. *Résultats et Discussion*

5.1 Taux d'humidité

Les résultats ont révélé un taux moyen d'humidité estimé à 3%. À partir de la valeur d'humidité, nous avons déterminé le pourcentage de la matière sèche (MS) de *R. africana* qui est de 97% (Fig. 21).

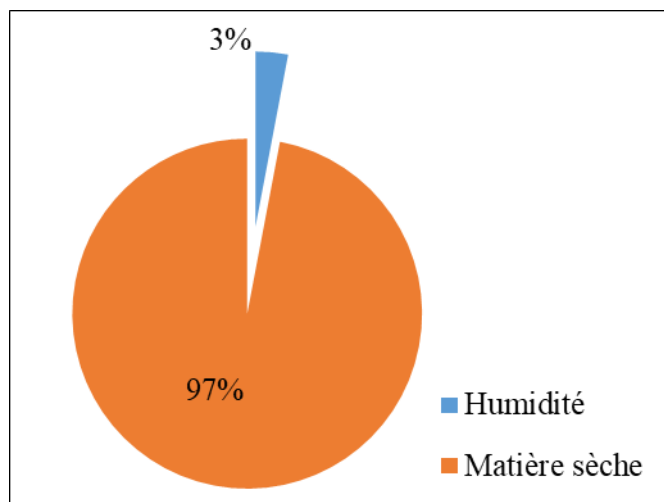


Figure 20: Taux d'humidité

5.2 Rendement d'extraction

Dans le système de solvants ternaire utilisé, le rendement d'extraction de l'extrait de *R. africana* est de 19.4%.

Les travaux de **Chehema (2008)** et ceux de **Nabti (2014)**, ont démontré que les rendements d'extraction de *R. africana*, diffèrent selon les méthodes d'extraction et les systèmes de solvants utilisés et la saison de cueillette.

Nabti (2014), rapporte des rendements d'extraction de 9.42% pour la macération, l'extraction au soxhelt a donné le meilleur rendement de et 15.95%.

5.3 Teneurs en polyphénols totaux

La détermination de la teneur en polyphénols totaux a été réalisée selon la méthode Folin-Ciocalteu. La concentration en polyphénols totaux de l'extrait ternaire de *R. africana* a été déterminée grâce à l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage suivante : $y = 7.5218x + 0.2581$ (Fig. 22). La teneur des polyphénols est exprimée en milligramme équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

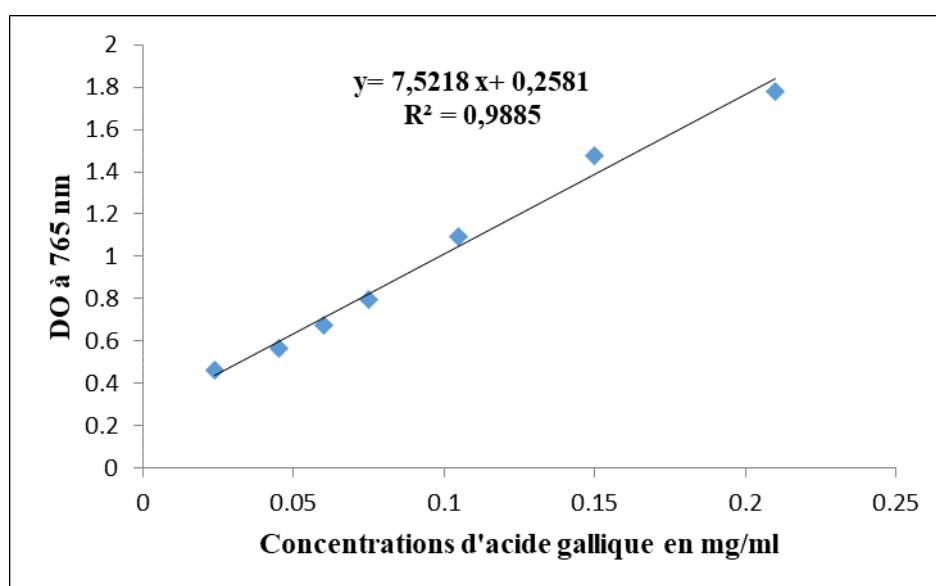


Figure 21: Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.

Selon **Obeid et al. (2007)**, la quantification et l'identification des polyphénols des extraits végétaux sont considérées comme la première étape vers l'évaluation de la capacité antioxydante.

La teneur en polyphénols totaux de l'extrait de *R. africana* est de $5,972 \pm 0,05$ mg EAG/g de MS (0.59%).

Cette teneur en polyphénols totaux de l'extrait de *R. africana* de 5,972 est plus élevée que celle rapportée par **Nabti (2014)** dans la même espèce et qui est de 2.35 mg EAG/g de MS. Par ailleurs, **Haddouchi et al. (2016)**, ont rapporté une teneur de 7.17 mg EAG/g de MS assez comparable dans la plante médicinale saharienne *Cymbopogon schoenanthus*.

L'étude de **Chehna (2008)** sur *R. africana*, a porté sur différentes saisons de l'année, rapportant des teneurs en polyphénols totaux estimées en pourcentage à 0.83 % en été, à 0.34

% en automne, à 0.58 % au printemps et à 0.67 % en hiver. Les résultats de cette présente étude, dont l'échantillon a été récolté en hiver, sont en accord avec ceux de **Chehma (2008)**, pour la période hivernale et printanière, de 0.67 % et 0.58 %, respectivement.

Djeridane et al. (2006) ont rapporté sur 11 plantes médicinales algériennes des teneurs en polyphénols totaux comprises entre 3.13 et 32.32 mg EAG/g de MS. Nos résultats sur *R. africana* sont en accord avec ceux rapportés par les mêmes auteurs dans la plante médicinale *Teucrium poluim* avec une teneur de 4.92 mg EAG/g de MS.

5.3.1 Teneurs en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl_3). La concentration en flavonoïdes de l'extrait ternaire de *R. africana* a été déterminée grâce à l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage suivante : $Y = 2.8898x + 0.0372$ (**Fig. 23**). La teneur des flavonoïdes est exprimée en milligramme équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EC/g MS).

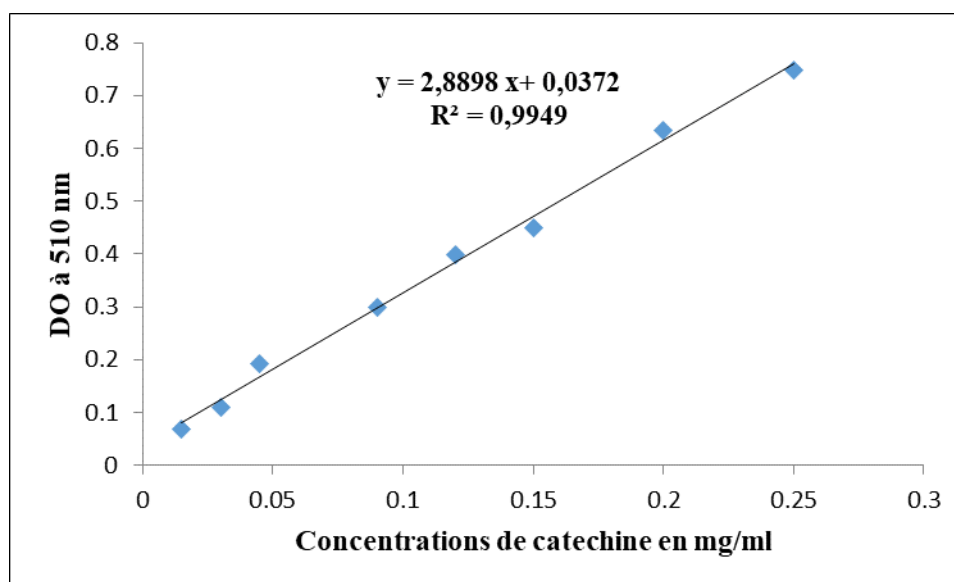


Figure 22: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

La teneur en flavonoïdes de l'extrait de *R. africana* est de 0.86 ± 0.07 mg EC/g de MS.

Cette teneur en flavonoïdes de l'extrait de *R. africana* de 0.86 mg EC/g de MS est comparable à celle rapportée par **Nabti (2014)** de 0.60 mg EQ/g de MS en utilisant la quercétine comme standard et méthanol/eau comme solvant d'extraction.

Djeridane et al. (2006) ont rapporté des teneurs en flavonoïdes comprises entre 1.62 et 13.12 EC/g de MS. Nos résultats sur *R. africana* sont assez comparables à ceux rapportés par les mêmes auteurs dans la plante médicinale *Ruta montana* avec une teneur de 1.62 mg EC/g de MS.

Berrahal et al. (2010) ont démontré chez *R. africana* la présence de 09 types de flavonols glycosides : deux monoglycosides, six diglycosides et un trioside.

5.3. 2 Teneur en tannins condensés

Le dosage des tanins condensés a été réalisé selon la méthode à la vanilline. La concentration en tanins condensés de l'extrait ternaire de *R. africana* a été déterminée grâce à l'élaboration de régression linéaire de la courbe d'étalonnage suivante : $Y = 2,3113x + 0,0345$ (**Fig.24**). La teneur en tanins condensés est exprimée en milligramme équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EC/g MS).

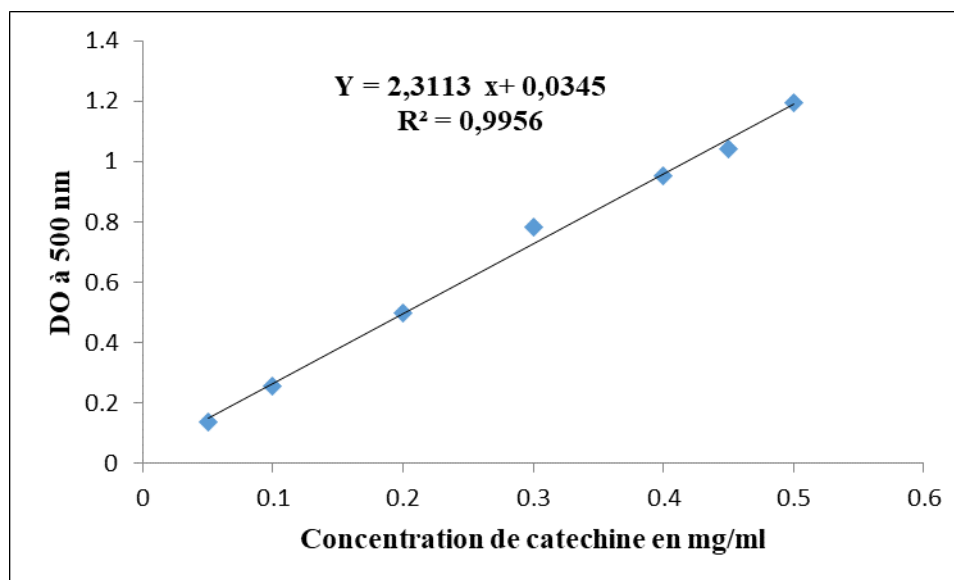


Figure 23: Courbe d'étalonnage des tannins condensés.

La teneur en tanins condensés de l'extrait de *R. africana* est de 1.287 mg EC/g de MS.

Cette teneur en tanins condensés de l'extrait de *R. africana* de 1.287 mg EC/g est supérieure en la comparant à la teneur en flavonoïdes estimée à 0.86 ± 0.07 mg EC/g de MS. **Haddouchi et al. (2016)** a également rapporté des teneurs en tanins condensés plus élevées comparées à celles des flavonoïdes dans quatre plantes médicinales sahariennes de Tamanrasset *Asteriscus graveolens*, *Cymbopogon schoenanthus*, *Panicum turgidum* et *Pituranthos scoparius*.

Dans cette présente étude, les polyphénols totaux ont été extraits par simple macération dans un mélange de solvants ternaire : MeOH-acétone-eau. **Shay et al., (2013)**, rapportent que

l'acétone possède la capacité de solubiliser les tanins qui ne sont pas solubles dans le méthanol et permet ainsi d'extraire le maximum de tanins dans une plante.

5.4 Capacité antioxydante (test au DPPH)

Afin d'évaluer l'activité antioxydante *in vitro* d'extraits naturels, différentes méthodes ont été développées. Ces méthodes impliquent le mélange d'espèces oxydantes, telles que les radicaux libres ou les complexes métalliques oxydés, avec un échantillon qui contient des antioxydants capables d'inhiber les radicaux. Ces antioxydants peuvent agir selon deux mécanismes majeurs : soit par transfert d'atomes d'hydrogène, soit par transfert d'électrons (**Prior et al., 2005**).

Nous avons déterminé l'activité antioxydante de *R. africana* par le test au DPPH, en évaluant l'activité antioxydante exprimée en EC₅₀ et l'activité antioxydante exprimée en μM équivalent trolox/g MS.

5.4.1 Pourcentage d'inhibition et les EC50

Nous avons établi les courbes du pourcentage d'inhibition du radical DPPH° (**Fig. 25**), puis déterminé les valeurs des EC₅₀ relatives à l'extrait de *R. africana* et des deux références utilisées. Dans cette présente étude, l'acide gallique et l'acide ascorbique ont été utilisés comme antioxydants de référence.

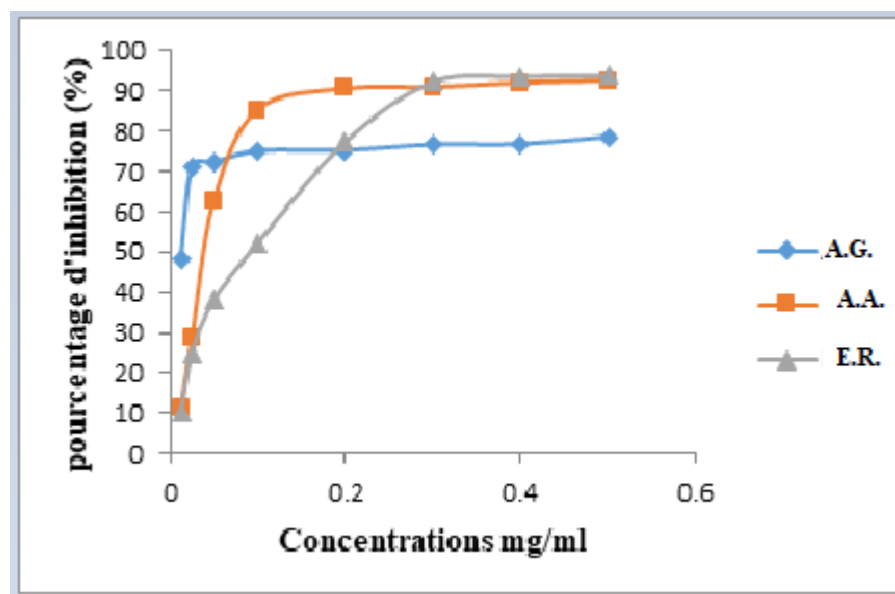


Figure 24: Le pourcentage d'inhibition (%) du radical libre de l'extrait de *R. africana* et les antioxydants de référence.

5.4. 2 Détermination des EC₅₀

La capacité antioxydante d'un composé est souvent exprimée par la valeur de l'EC₅₀ qui représente la concentration en ce composé qui neutralise 50% de DPPH mis en jeu. Plus la valeur d'EC₅₀ diminue, plus la capacité de l'échantillon augmente (Alzhri, 2007).

L'extrait de *R. africana* indique un EC₅₀ de 0.092 mg/ml. Nabti (2014) rapporte une valeur assez comparable avec un EC₅₀ de 0.128 mg/ml. Ziani (2017) rapporte sur une plante médicinale *Limoniastrum guyonianum* du Sahara algérien une valeur d'EC₅₀ assez comparable de 0.064 mg/mL. Guillouty (2016) rapporte sur neuf plantes médicinales tropicales des valeurs d'EC₅₀ entre 0,04 à 1,51 mg/ml. Quant aux références l'acide gallique et l'acide ascorbique, elles indiquent des EC₅₀ de 0.013 et 0.044 mg/ml respectivement (Fig.26).

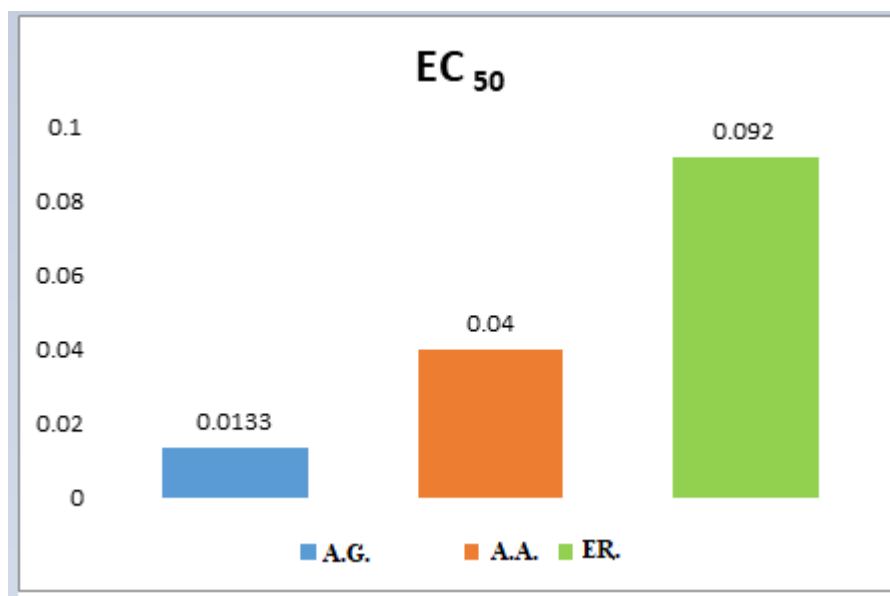


Figure 25: Activité antioxydante exprimée en EC₅₀ (en mg/ml) de l'extrait *R.africana* et les antioxydants de référence.

5.4.3 Cinétique de réduction du radical libre DPPH

Comme la demi-vie des principaux dérivés réactifs de l'oxygène est très brève et varie de 10^{-9} à 10 secondes (Fontaine, 2007), nous avons pensé à suivre l'efficacité réactionnelle de notre extrait. Pour ce faire, nous avons suivi la puissance de réduction du DPPH° par l'extrait pendant 20 min. Par ailleurs, il est à noter que plusieurs facteurs influent sur le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport

Antioxydant/DPPH•, type de solvants, pH) et le profil phénolique en particulier (Molyneux, 2004).

Les cinétiques de réduction du radical libre DPPH de l'extrait de *R. africana* et des deux références sont illustrées dans la (Fig.27)

En comparaison aux cinétiques de réduction des deux références, l'extrait ternaire de *R. africana* présente une cinétique plus lente et différente de celles de l'acide gallique et l'acide ascorbique ce qui pourrait s'expliquer par le profil phénolique de l'extrait ternaire de *R. africana*.

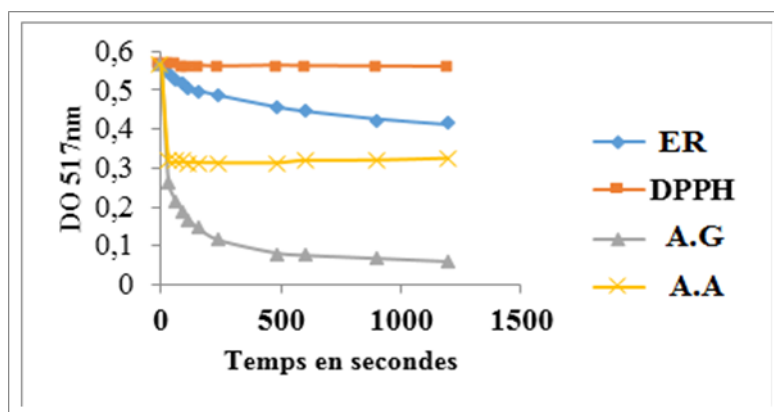


Figure 26: Cinétique de réduction du radical libre de DPPH de l'extrait *R. africana* et les références.

5.4.4 Activité antioxydante en μM ET par le test au DPPH

La capacité antioxydante de l'extrait ternaire de *R. africana* a été déterminée grâce à l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage suivante : $y = -0,8229x + 0,9136$, $R^2 = 0,9981$ (**Fig.28**). L'activité antioxydante est exprimée en μM Eq trolox/g MS.

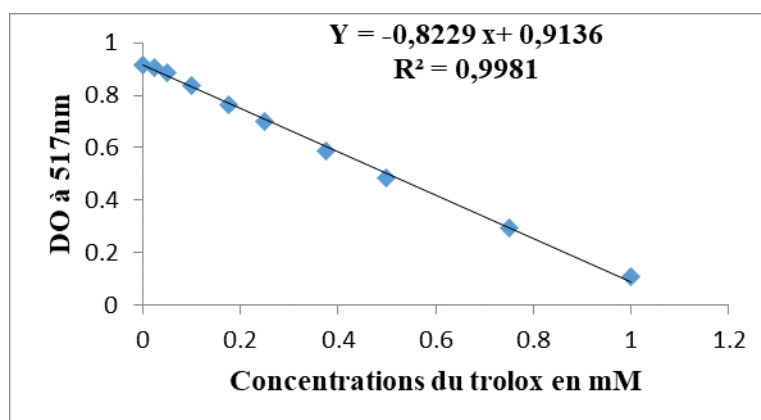


Figure 27: Courbe d'étalonnage du trolox établie pour le test au DPPH.

La capacité antioxydante de l'extrait ternaire de *R. africana* est de 846 μM EqT/100g de MS ce qui lui confère une activité antioxydante intéressante à confirmer par d'autres tests antioxydants : ABTS et FRAP.

Dans l'ensemble, le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement d'une plante à une autre, et même au sein des plantes issues d'une seule espèce végétale.

Par ailleurs, il convient de signaler que les teneurs en composés phénoliques constituent un facteur de valorisation de la capacité antioxydante des espèces végétales et la qualité des molécules contenues détermine l'ampleur de leurs propriétés biologiques **(Bettaieb et al., 2016)**.

Dans l'ensemble, les teneurs en polyphénols totaux et l'activité antioxydante impliquent plusieurs facteurs tels que le patrimoine génétique **(McClure et al., 2019)**, les méthodes d'extraction : rapport solide/liquide, polarité des solvants **(Gacioui et al. 2013, Nabti, 2014)**, les conditions de stockage, les périodes de récolte **(Chehema, 2008 ; Rémy, 2015)**, les facteurs culturaux et édaphiques **(El Naser, 2018)**, le mode de séchage **(Mahboub,2019)**, la sécheresse **(Bettaieb et al., 2011)** et le stress salin **(Zitouni,2015)**.

CONCLUSION

Conclusion

La caractérisation phytochimique et l'étude des activités biologiques des espèces végétales sahariennes constituent aujourd'hui l'un des plus importants défis pour la recherche scientifique au niveau des plantes médicinales.

Dans ce contexte, la présente étude s'est proposé de réaliser la quantification des composés phénoliques et l'évaluation de l'activité antioxydante d'une plante saharienne *Randonia Africana* de la famille des Resedaceae.

Les résultats indiquent que l'extrait ternaire de *R. africana* présente un rendement d'extraction de 19.4% et des teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés de 5.972 ± 0.05 mg EAG/g MS, 0.86 ± 0.07 mg EC/g MS et de 1.287 mg EC/g MS, respectivement.

L'étude de l'activité antioxydante de *Randonia africana* au test de DPPH, a révélé un EC_{50} de 0.092 mg/ml et une activité antioxydante au trolox de 846 μ M EqT/100g de MS ce qui lui confère une activité antioxydante intéressante.

En perspectives, il serait intéressant de compléter ce présent travail par :

- ✓ L'optimisation des procédés d'extractions en explorant d'autres méthodes d'extraction et d'autres systèmes de solvants ;
- ✓ La réalisation d'autres tests antioxydants tels que l'ABTS, le FRAP et l'ORAC ;
- ✓ L'identification des molécules actives par HPLC
- ✓ La détermination d'autres activités biologiques : antidiabétiques, antimicrobiennes, anti-inflammatoires....

Références Bibliographiques.

1. **Abdelghani M.M., Marei A.H. (2006).** Vegetation associates of the endangered *Randonia africana* Coss. and its soil characteristics in an arid desert ecosystem of western Egypt. *Acta Bot. Croatica* 65 (1), 83–99.
2. **Ardestani A., et Yazdanparast R. (2007).** Inhibitory effects of ethyl acetate extract of *Teucrium polium* *in vitro* protein glycoxydation. *Food and Chemical Toxicology*, 45, 2402–2411
3. **Audigié C. L., Figarelle J. et Zons Z. (1980).** Manipulation d'analyses biochimiques. *Ed. Doin, pp. 88-97, Paris.*
4. **Azizi M., Chenchouni H., Belarouci M-H., Bradai L., Bouallala M. (2021).** Diversity of psammophyte communities on sand dunes and sandy soils of the northern Sahara desert. *Journal of King Saud University – Science* 33 : 8
5. **Baiti Imen, (2013).** Etude de l'activité antioxydante des feuilles de dix variétés algériennes de figuier (*Ficus carica* L.). Mémoire de Master, Université de M'sila, Algérie.
6. **Belloum Z. (2007).** Etude phytochimique des plantes médicinales Algériennes, cas de l'espèce *Inula crithmoides* L. Thèse de doctorat. *Université Mentouri de Constantine. Algérie.*
7. **Bensakhria, A. (2018).** Toxicologie générale : chapitre le stress oxydatif. *Universidad Católica San Antonio de Murcia*
8. **Benyahia A. (2014).** Contribution à l'étude phytochimique et activité biologique de deux plantes médicinales *Inula viscosa* et *Inula montana*. Mémoire de master, *Université Aboubakr Belkaid., Tlemcen, Algérie.*
9. **Berrehal D., Khalfallah A. , Kabouche A. , Kabouche Z. , Karioti A. , Bilia A.R. (2010).** Flavonoid glycosides from *Randonia africana* Coss. (Resedaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 38: 1007–1009.

10. **Beta T., Nam S., Dexter J.E. & Spirstein H.D. (2005).** Phenolics content and antioxidant activity of pearled wheat and Roller-Milled fractions. *Cereal chem*, 82:390-393.
11. **Boizot N., Charpentier JP. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, pp.79-82.
12. **Bonnafous Ph.D.C. (2013).** Traité scientifique. Aromathérapie. Aromatologie et Aromachologie, édition, Dangles, France : 12.
13. **Bouakaz, I. (2006).** Etude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*, Mémoire de -magister. *Université El Hadj Lakhder de batna, Algérie*.
14. **Bouallalaa M., Neffarb S., Chenchounib H. (2020).** Vegetation traits are accurate indicators of how do plants beat the heat in drylands: Diversity and functional traits of vegetation associated with water towers in the Sahara Desert. *Ecological Indicators* 114: 6, 7.
15. **BOUDJOUREF M. (2011).** Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Thèse de magister. *Université Ferhat Abbes-Sétif, Algérie* : 99.
16. **Brand Williams W., Cuvelier M. E.et Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28: 25-30.
17. **Brand-Williams W., Cuvelier M.E. and Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28: 25-30
18. **Brune M., Hallberg L. and Skanberg A.B. (1991).** Determination of iron-binding phenolic groups in foods. *J. Food Sci*, 56: 128-131-167.
19. **Bruneton J. (2009).** Pharmacognosie. Phytochimie. Plantes médicinales. *Lavoisier*, 4ème édition. , *TEC & DOC, Paris* : 80.

20. **Bruneton J., 1999** _ Pharmacognosie - Phytochimie, Plantes médicinales, plantes médicinales. 3eme édition, *Edition tec et doc*.
21. **Buranov, A.U. & Mazza, G. (2008)**. Lignin in straw of herbaceous crops. *Ind. Crops Prod.* : 28.
22. **Catalano, L., Franco, I., De Nobili, M., and Eita, L. (1999)**. Polyphenols in olive mill waste waters and their depuration plant effluents: a comparison of the Folin-Ciocalteu and HPLC methods. *Agrochimica*, 43, p. 193-205.
23. **Chabrier J. Y. (2010)**. Plantes médicinales et formes d'utilisation. *Thèse de doctorat, Université Henri Poincare. Nancy 1, France*.
24. **Chehma A. (2006)**. Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. *Universite Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie* : 122.
25. **Chehma A. (2008)**. Phytomasse et valeur nutritive des principales plantes vivaces du Sahara septentrional Algerien : 42
26. **Chehma A. et Djebbar M.R. (2008)**. Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional Algérien : distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique. *Revue Synthèse N° 17* : 42.
27. **Chen L., HU J.Y., Wang S.Q. (2012)**. The role of antioxdants in photoprotection: a critical review. *Journal of American Academy of Dermatology*, 67 (5): 1013-1024.
28. **Chiremba C., Taylor J.R.N., Rooney L.W. and Beta T. (2012)**. Phenolic acid content of sorghum and maize cultivars varying in hardness. *Food Chem.* 134, 81–88.
29. **Coffi, R. Philippe, E. T. Zannou Boukari Et I. Glitho. (2012)**. Efficacité Des Composés Métabolites Secondaires Extraits Des Folioles Du Palmier A Huile Contre Les Larves De La Mineuse Des Feuilles, *Coelaenomenodera Lameensis* (Coleoptera: Chrysomelidae) *Bulletin De La Recherche Agronomique Du Bénin (BRAB) Numéro Spécial Productions Végétales & Animales Et Economie & Sociologie Rurales*.

30. Cole, G.M., Lim, G.P., Yang, F., Teter, B., Begum, A., Ma, Q., Harris-White, M.C. et Frautschy, A. (2005). Prevention of Alzheimer's disease: omega-3 fatty acid and phenolic antioxidant interventions. *Neurobiol. Aging*, 26: S133 – S136
31. Delattre J., Beaudoux J-L., Bonnefort-Rousselot D. (2005). Radicaux libres et stress oxydant : Aspect biologiques et pathologiques. *Tec et Doc Lavoisier, Londres -Pris -New York*
32. Desmier T. (2016). Les antioxydants de nos jours : définition et applications. Pharmacie, Thèse de doctorat, *Université de Limoges, France, 85p.*
33. Dhama K. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed Research International*. DOI: /10.1155/2014/761264.
34. Djahra A.B., Bordjiba O., Benkherara S. (2013). Extraction, séparation et activité antibactérienne des tanins de marrube blanc (*Marrubium vulgare L.*). *Phytothérapie*. Ed : Springer-Verlag.
35. Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N., (2005) Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry* 97: 654–660
36. Eddouks M. Ouahidi M.L., Farid O., Moufid A., Khalidi A. & Lemhadri A. (2007). Utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc, *Phytothérapie volume 5 :194-203.*
37. Elkolli M. (2016-2017). Cours : structure et activité des substances naturelles : principes et applications. *Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Ferhat Abbas de Sétif, Algérie : 3.*
38. Fang, X., Yang, C.-Q., Wei, Y.-K., Ma, Q.-X., Yang, L., Chen, X.-Y., (2011). Genomics grand for diversified plant secondary metabolites. *Plant Div Res* 33, 53–64
39. Favier, A. (2003).).Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 108-115

40. **Ferguson L.R. (2001).** Role of plant polyphenols in genomic stability. *Mutation Research*, 475:89-111.
41. **Gayet Caroline. 2009,** Guide De Poche Phytothérapie. *Quotidien malin éditions*
42. **Ghedadba N. (2020-2021).** Polycopie de cours : Métabolisme secondaire chez les végétaux. *Université de Batn.Algérie.*
43. **Guillouty A. (2016).** Plantes médicinales et antioxydants. *Université Toulouse III Paul Sabatier. Faculte Des Sciences Pharmaceutiques P 14,29.*
44. **Habauzit V. & Horcajada M.N. (2008).** Phenolic phytochemicals and bone. *Phytochemistry Review*, 7: 313-344.
45. **Haddouchi F., Chaouche T.M., Halla N., 2016.** Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie, *Lavoisier : 1-8.*
46. **Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. (2007)** Free radicals in biology and medicine. *4th Edition, Oxford University Press, New York.*
47. **Hassanpour, S., Maheri-Sis, N., Eshratkhah, B., Mehmandar, F. B. (2011).** Plants and secondary metabolites (Tannins): A Review, *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 1 (1):49.
48. **Jorite S., 2009.** La phytothérapie, une discipline entre passé et futur : de l'herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel. Thèse de doctorat, *Université de Bordeaux 2. Fort de France.*
49. **Kehili N. 2014.** L'effet protecteur d'un antioxydant naturel contre le stress oxydatif induit par le nitrate d'ammonium chez les rats. Biologie Animale et Environnementale, Thèse de doctorat, *Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie, 114p.*

50. **Liyana-Pathirana C. M. and Shahidi F. (2006).** Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 1256–1264.
51. **Loft S., Møller P., Cooke M.S., Rozalski R., Olinski R. (2008).** Antioxidant vitamins and cancer risk: is oxidative damage to DNA a relevant biomarker. *European Journal of Nutrition*, 47 (2) : 19- 28
52. **Macheix J.J., Fleuriet A. & Jay-Allemand C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux un exemple de métabolites secondaires d'importance économiques, 1ère édition, *Presse polytechnologique et universitaires romandes* : 4-5.
53. **Maiza K., Brac De La Perriere R.A., Hammiche V. (1993).** Pharmacopée traditionnelle saharienne : Sahara septentrional. Actes du 2^e Colloque Européen d'Ethnopharmacologie et - de la 11^e Conférence internationale d'Ethnomédecine, *Heidelberg* : 169-171.
54. **Malecky M. (2008).** Métabolisme des terpénoïdes chez les carpins. Thèse de doctorat. *Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement. Paris.*
55. **Marouf A. et Tremblin G. (2021).** Abrégé de biochimie appliquée. *Ed : Grenoble Sciences.*
56. **Martín-Bravo S., Meimberg H., Luceño M., Märkl W., Valcárcel V., Bräuchler C., Vargas P. and Heubl G. (2007).** Molecular systematics and biogeography of Resedaceae based on ITS and trnL-F sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 44: 1105–1107
57. **Mena S., Ortega A., Estrela J.M. (2009).** Oxidative stress in environmental-induced carcinogenesis. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 674 (1- 2) : 36-44.
58. **Merad F. et Mahiout T. (2019),** Contribution à l'étude de conformité des drogues pour tisanes vendues en officines, *Université Mouloud Mammeri Faculté de Médecine, Département de pharmacie, Tizi Ouzou. Algérie.*

59. **Milcent R., Chau F., (2003).** -114 Chimie organique hétérocyclique : Structure Fondamentale, chimie et biochimie des principaux composés naturels. *Ed.Francois chau EDP. Paris. France : 846.*
60. **Mogni A. (2015).** Fractionnement des complexes lignines polysaccharides issus de différentes biomasses lignocellulosiques par extrusion bi-vis et séparation chromatographique.
Thèse de doctorat *de l'Université de Toulouse : 27-29*
61. **Moreau B., (2003).** . Travaux dirigés et travaux pratiques de pharmacognosie de 3ème année de doctorat de pharmacie. *Maître de conférences de pharmacognosie à la faculté de Pharmacie de Nancy.*
62. **Muanda Nsemi F. (2010).** Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Biologie végétale. *Université Paul Verlaine. Metz.*
63. **Nabti L.Z. (2014).** Évaluation des Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits de *Oudneya africana* R.Br. et *Randonia africana* Coss. Mémoire de Magister en biologie et physiologie végétale. *Université Ferhat Abbas Sétif 1 : 7-9*
64. **Nadour M. (2010).** Mise en évidence de quelques propriétés anti oxydantes des polyphénols extraits de l'olive, variété Chamlal. Mémoire de magister. *Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Algérie.*
65. **Nani, A. (2017).** Effets des polyphénols de mil sur le cancer de l'os et son mode d'action sur le système immunitaire, Thèse de Doctorat. *Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen, Algérie.*
66. **Nassif, D. (2004)** .Valorisation des polyphenols extraits des margines en tant qu'antioxydants naturels dans les huiles végétales. *Mémoire (DEA). INRA. France.*
67. **Newman D.J., Cragg G.M., (2012).** Natural Products as Sources of New Drugs over the 30 Years from 1981 to 2010. *J. Nat. Prod. Vol. (75): 311-335.*

68. **Ould El Hadj M. Didi, Hadj-Mahammed M., Zabeirou H. (2003).** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional est). *Courrier du Savoir N°03* : 51.
69. **Oullai L. et Chamek C. (2018),** Contribution à l'étude ethnopharmacognosique des plantes médicinales utilisées pour le traitement des affections de l'appareil digestif en Kabylie, *Université Mouloud Mammeri Faculté de Médecine Tizi Ouzou, Algérie*
70. **Ovaskainen M.L., Torronen R., Koponen J.M., Sinkkoh., Hellstro J., Reinivuo H. & Mattila P. (2008).** Dietary intake and major food sources of polyphenols in finish adults. *The Journal of nutrition* : 562-566.
71. **Ozenda P. (1991).** Flore et végétation du Sahara (3ème édition mise à jour et augmentée). Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. pp. 250-278.
72. **Prescrire., 2007** _ Bien utiliser les plantes en situations de soins, numéro spécial été, T. 27, n° 286
73. **Quézel P. et Santa S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tomme II. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris : 437
74. **Rahal A., Kumar A., Singh V., Yadav B., Tiwari R., Chakraborty S., Dhama K. (2014).** Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed Research International*. DOI : /10.1155/2014/761264.
75. **Riboli E. et Norat T. (2003).** Epidemiologic evidence of the protective effect of fruit and vegetables on cancer risk. *Am. J. Clin. Nutr.* 78: 559S – 569S.
Liu R.H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am. J. Clin. Nutr.* 78: 517S – 520S.
76. **Sarni-Manchado P. & Cheynier V. (2006).** Les polyphénols en agroalimentaire. *Ed : Lavoisier/TEC et DOC. Paris.*
77. **Schofield P., Mbugua D-M., Pell A N.(2001).** Analyses of condensed tannins: a review . *Animal Food and Technology*, 91:21-40.

78. **Sitouh M. (1989)**. Les plantes utiles du Sahara. Annales Institut National d'Agronomie. El Harrach. Vol.13, N°2: 583-658.
79. **Sofowera A. (2010)**. Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. Karthala,
80. **Tang S.Y. AND Halliwell B. (2010)**. Medicinal plants and antioxidants: What do we learn from cell culture and *Caenorhabditis elegans* studies *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 394, 1-5.
81. **Telli A., Chedad A. & Sadine S.E. (2022)**. Ethnobotanical study of medicinal plants used for scorpion sting envenoming treatments in Algerian Septentrional Sahara. *International Journal of Environmental Studies*.
82. **Vercauteren J. (2012)**. Cours de pharmacognosie. 2ème cycle des études de Pharmacie Université Montpellier 1.
83. **Webmaster I** <https://www.pensersante.fr/les-radicaux-libres-quest-ce-que-cest> (31/05/2022 - 20 :32)
84. **Webmaster II** https://www.biotech-ecolo.net/oxygene-metabolisme-S.html#ros_production (31/05/2022 - 20:32)
85. **Wichtl M., Anton R. (2003)** _ Plantes thérapeutiques – *Tradition, pratique*
86. **Xavier Levervea, (2009)**. Oxidative, stress and antioxidants, *Cahiers de nutrition et de diététique* 44, 219—224
87. **Xu B.J., Chang S.K.C. (2007)**. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of food science*, Vol.72 Nr.2: 159-166.

ملخص

لطالما احتلت النباتات الطبية مكانة مهمة في الترسانة العلاجية للبشرية بخزانها الهائل من الجزيئات النشطة بيولوجيًا. في هذا السياق، اقترحت الدراسة الحالية تحديد المركبات الفينولية والقوة المضادة للأكسدة لنبات طبي من الصحراء الجزائرية، راندونيا أفريكانا. تم استخلاص المركبات الفينولية عن طريق النقع البسيط في خليط المذيبات الثلاثي: ميثانول/أسيتون/ماء (6/7/7) (V/V/V) وقمنا بمعايرة كمية البوليفينولات الكلية حسب طريقة Folin-Ciocalteu، وكمية الفلافونويدات عن طريق اختبار كلوريد الألومنيوم وكمية التانينات الكثيفة باختبار الفانيلين. تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة عن طريق اختبار DPPH. يشير المستخلص الثلاثي إلى مردود استخلاص قدره 19.4% ومحتويات إجمالي البوليفينولات والفلافونويدات والتانينات الكثيفة هي 5.972 ± 0.05 gMS/mgEC و 0.07 ± 0.86 gMS/mgEC و 1.287 gMS/mgEC على التوالي. كما أظهر النشاط المضاد للأكسدة لنبات *Randonia africana* في اختبار DPPH قيمة EC50 بحوالي 0.092 mg/ml و نشاط مضادات الأكسدة trolox يبلغ $846 \mu\text{M ET}/100\text{g de MS}$ استنادا إلى النتائج المتحصل عليها تبين أن النشاط المضاد للأكسدة قد يعود إلى المحتوى البولي فينولي للنبات المدروسة وخاصة التانينات المكثفة. **الكلمات المفتاحية:** نبات طبي، راندونيا أفريكانا، مركبات فينولية ونشاط مضاد للأكسدة.

Résumé

Les plantes médicinales ont toujours eu une place importante dans l'arsenal thérapeutique de l'humanité avec leur énorme réservoir en molécules bioactives. Dans ce contexte, la présente étude s'est proposé de déterminer les composés phénoliques et le pouvoir antioxydant d'une plante médicinale du Sahara algérien, *Randonia africana*.

Les composés phénoliques ont été extraits par simple macération dans un système de solvants ternaire : MeOH / acétone/ eau (7/7/6V/V/V). Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par méthode de Folin-Ciocalteu, celui des flavonoïdes par le test au chlorure d'aluminium et celui des tanins condensés par le test à la vanilline. L'activité antioxydante a été évaluée au test du DPPH.

L'extrait ternaire indique un rendement d'extraction de 19.4% et des teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés sont de 5.972 ± 0.05 mg EAG/g MS, 0.86 ± 0.07 mg EC/g MS et de 1.287 mg EC/g MS, respectivement.

L'activité antioxydante de *Randonia africana* au test de DPPH, a révélé un EC₅₀ de 0.092 mg/ml et une activité antioxydante au trolox de $846 \mu\text{M ET}/100\text{g de MS}$.

L'ensemble de ces résultats suggère que l'activité antioxydante serait liée à la composition polyphénolique et surtout aux tanins condensés.

Mots clés : plante médicinale, *Randonia africana*, composés phénoliques et activité antioxydante.

Abstract

Medicinal plants always had an important place in the therapeutic arsenal of mankind with their huge reservoir of bioactive molecules. In this context, the present study aimed to determine the phenolic compounds and the antioxidant capacity of the medicinal plant, *Randonia africana* in the Algerian Sahara.

The phenolic compounds were extracted by simple maceration in a ternary solvent system: MeOH/acetone/water (7/7/6V/V/V). The power of a medicinal plant from the Algerian Sahara, *Randonia africana*, determination of total polyphenols was carried out by the Folin-Ciocalteu method, that of flavonoids by the aluminium chloride test and condensed tannins by the vanillin test. Antioxidant activity was assessed by the DPPH test.

The ternary extract showed an extraction yield of 19.4% and contents of total polyphenols, flavonoids and condensed tannins were 5.972 ± 0.05 mg EAG/g DM, 0.86 ± 0.07 mg EC/g DM and 1.287 mg EC/g DM, respectively.

The antioxidant activity of *Randonia africana* in the DPPH test, revealed an EC₅₀ of 0.092 mg/ml and a trolox antioxidant activity of $846 \mu\text{M ET}/100\text{g DM}$.

The whole results suggest that the antioxidant activity could be linked to the total phenolics composition and especially to condensed tannins.

Keywords: medicinal plant, *Randonia africana*, phenolic compounds and antioxidant activity.