

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة عباس لغرور خنشلة
ABBES LAGHROUR UNIVERSITY KHENCHELA

Université Abbes Laghrou, Khenchela

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Master Biochimie Appliquée



جامعة عباس لغرور خنشلة
ABBES LAGHROUR UNIVERSITY KHENCHELA

Présenté par :

MALKIA Hiba

DJERMOUNE Sarra

Thème

Propriétés biologiques des extraits de
feuilles de *Searsia tripartita* (Ucria)
Moffett

Devant le jury :

Président : Dr. BOUAZZA Lyas

MCA Université de Khenchela

Encadrant : Dr. HABIBATNI Sofiane

MCB Université de Khenchela

Examineur : Dr. HAMADA Youcef

MCB Université de Khenchela

Année universitaire : 2024-2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

En tout premier lieu, nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à Allah le tout puissant pour la volonté, le courage et la force qu'il nous a insufflés pour achever ce mémoire avec succès.

Nous tenons également rendre hommage à notre directeur de mémoire, Dr. HABIBATNI Sofiane, pour son implication exceptionnelle et son soutien indéfectible tout au long de ce travail. Sa compétence, sa disponibilité et sa confiance en nous ont été des éléments clés qui ont contribué à la réussite de ce travail. Nous lui exprimons notre sincère gratitude pour son encadrement de haute qualité et pour les opportunités qu'il nous a offertes.

Nous tenons à remercier les membres du jury d'avoir répondu présent à L'évaluation de ce modeste travail de fin d'études.

Dr. BOUAZZA Lyas d'être président du jury de soutenance.

Dr. HAMADA Youcef d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions chaleureusement nos enseignants du département de biologie, pour leur enseignement, leurs conseils et leur soutien durant ces 5 années.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace :

Avec nos sentiments de gratitude les plus profonds,

Cet effort est dédié :

À Allah ; qui nous a aidé et nous a guidé vers le droit chemin.

Nos parents ; qui ont toujours permis de choisir notre chemin.

Vous avez toujours été présents, aussi bien par votre soutien moral ainsi que financier.

Nous vous remercions de votre soutien et de l'aide à travers l'ensemble de nos nombreuses années d'études. Nous ne pouvions pas le faire sans votre aide.

Nos chères sœurs ; selma, ahlem, imen, souhila, hadjer, samira et latifa

Nos chers frères ; Ammar & Sohaib

Hiba et Sara



Résumé

Searsia tripartita (Ucria) Moffett est une plante médicinale appartenant à la famille des *Anacardiaceae*, cette espèce connue sous le nom de « sumac », utilisée en médecine traditionnelle en raison de ses différents composants chimiques. L'objectif de notre travail est porté sur l'extraction des composés bioactifs, l'estimation quantitative des flavonoïdes et l'évaluation de l'activité antioxydante in vitro par DPPH. Six solvants de polarités différentes ont été employés pour l'extraction et l'obtention des rendements suivants : l'éthanol (12,51 %) et le méthanol (12,49 %) par macération, et l'hexane (2,19 %), l'acétate d'éthyle (1,89 %), le chloroforme (1,05 %) et le n-Butanol (4,23%) par Soxhlet. Les rendements ont montré une nette supériorité des solvants polaires. Le dosage des flavonoïdes totaux par la méthode trichlorure d'aluminium a montré une teneur maximale dans l'extrait chloroformique (114,62 mg EQ/g), suivi de l'extrait à l'acétate d'éthyle (71,075 mg EQ/g). L'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode DPPH a révélé un pouvoir antioxydant plus élevé dans l'extrait d'acétate d'éthyle ($IC_{50} = 0,694$ mg/ml), suivi par l'hexane (1,203 mg/ml) et enfin le chloroforme (2,109 mg/ml). Tous les extraits ont montré une activité antioxydante inférieure à celle de l'acide ascorbique utilisé comme témoin ($IC_{50} = 0,315$ mg/ml).

Mots clés : *Searsia tripartita* (Ucria) Moffett, *Anacardiaceae*, flavonoïdes, activité antioxydante.

Abstract

Searsia tripartita (*Ucria*) *Moffett* is a medicinal plant belonging to the *Anacardiaceae* family, this species known as "sumac", used in traditional medicine due to its various chemical components. The objective of our work is focused on the extraction of bioactive compounds, the quantitative estimation of flavonoids and the evaluation of antioxidant activity in vitro by DPPH. Six solvents of different polarities were used for the extraction and obtaining the following yields: ethanol (12.51%) and methanol (12.49%) by maceration, and hexane (2.19%), ethyl acetate (1.89%), chloroform (1.05%) and n-Butanol (4.23%) by Soxhlet. The yields showed a clear superiority of polar solvents. The determination of total flavonoids by the aluminum trichloride method showed a maximum content in the chloroform extract (114.62 mg EQ/g), followed by the ethyl acetate extract (71.075 mg EQ/g). The evaluation of antioxidant activity by the DPPH method revealed a higher antioxidant power in ethyl acetate extract ($IC_{50} = 0.694$ mg/mL), followed by hexane (1.203 mg/mL) and finally chloroform (2.109 mg/mL). All extracts showed lower antioxidant activity than ascorbic acid used as a control ($IC_{50} = 0.315$ mg/mL).

Key words: *Searsia tripartita* (*Ucria*) *Moffett*, *Anacardiaceae*, flavonoids, antioxidant activity.

ملخص

Searsia tripartita (Ucria) Moffett هي نبتة طبية تنتمي إلى فصيلة Anacardiaceae، تعرف بإسم "السماق"، وتستخدم في الطب التقليدي بفضل مكوناتها الكيميائية المتنوعة. يهدف عملنا إلى استخراج المركبات الحيوية النشطة، والتقدير الكمي للفلافونويدات، وتقييم النشاط المضاد للأكسدة *in vitro* باستخدام اختبار DPPH. تم استخدام ستة مذيبات ذات قطبية مختلفة في عملية الاستخلاص والحصول على المرذودات التالية: الإيثانول (12.51%) والميثانول (12.49%) عن طريق النقع، و hexane (2.19%)، وأسيئات الإيثيل (1.89%)، والكلوروفورم (1.05%)، وبيوتانول العادي (4.23%) باستخدام جهاز Soxhlet. أظهرت النتائج تفوقاً واضحاً للمذيبات القطبية من حيث المرذود. أما تقدير الفلافونويدات الكلية باستخدام طريقة كلوريد الألمنيوم فقد بيّن أن أعلى محتوى كان في المستخلص الكلوروفورمي (114.62 ملغ مكافئ كيرسيتين/غ)، يليه مستخلص أسيتات الإيثيل (71.075 ملغ EQ/غ). كما كشف تقييم النشاط المضاد للأكسدة بطريقة DPPH أن مستخلص أسيتات الإيثيل أظهر أقوى نشاط ($IC_{50} = 0.694$ ملغ/مل)، ثم يليه hexane (1.203 ملغ/مل)، وأخيراً الكلوروفورم (2.109 ملغ/مل). وقد أظهرت جميع المستخلصات نشاطاً مضاداً للأكسدة أقل من حمض الأسكوربيك المستخدم كمرجع ($IC_{50} = 0.315$ ملغ/مل).

الكلمات المفتاحية: *Anacardiaceae*، *Searsia tripartita (Ucria) Moffett*، الفلافونويدات، النشاط المضاد للأكسدة.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé	III
Abstract	IV
ملخص	V
Liste des figures	V
Liste des tableaux	XI
Liste des abréviations	XII
Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique.....	4
1.Présentation de la plante <i>Searsia tripartita</i>	6
1.1. Famille des Anacardiaceae.....	6
1.1.1. Genre <i>Searsia</i>	6
1.2. <i>Searsia tripartita</i>	7
1.2.1. Description botanique et morphologique de <i>Searsia tripartita</i>	7
1.2.2. Position systématique.....	9
1.2.3. Répartition géographique.....	10
- Dans le monde.....	10
- En Algérie.....	11
1.2.4. Composition chimique.....	12
1.2.5. Utilisations traditionnelles et Activités biologiques de <i>Searsia tripartita</i>	13
2. Les Métabolites secondaires.....	17
2.1.Composés phénoliques.....	17

Table des matières

2.1.1. Classification des composés phénoliques.....	17
2.1.1.1. Acides phénoliques.....	19
2.1.1.2. Flavonoïdes.....	19
2.1.1.3. Tanins.....	21
2.1.1.4. Coumarines.....	22
2.2. Alcaloïdes.....	23
2.3. Saponosides.....	24
2.4. Quinones.....	24
2.5. Anthraquinones.....	24
2.6. Terpenoïdes.....	25
2.7. Huiles essentielles.....	26
3. Activités biologiques.....	28
3.1. Activité antioxydante.....	28
Le stress oxydatif.....	28
3.1.1. Radicaux libres.....	28
3.1.1.1. Principaux types des radicaux libres.....	28
3.1.1.2. Effet des radicaux libres sur le corps.....	29
3.1.1.3. Rôle des radicaux libres dans les processus physiologiques normaux.....	29
3.1.2. Les Antioxydants.....	30
3.1.2.1. Classification des antioxydants.....	30
3.1.2.2. Mécanismes d'action des antioxydants.....	31
3.1.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante.....	31
Chapitre II : Matériels et Méthodes.....	33

Table des matières

II.1. Matériels.....	34
1.1. Réactifs chimiques et équipements.....	34
1.2. Matériel végétal.....	34
a. Origine géographique et période de récolte de la plante	34
b. Préparation du matériel végétal.....	35
II.2. Méthodes.....	35
2.1. Processus d'extraction.....	35
2.1.1. Préparation des extraits.....	35
a. Extraction par Macération.....	35
b. Extraction par Soxhlet.....	36
2.1.2. Détermination du rendement d'extraction.....	36
2.2. Étude quantitative.....	36
2.2.1. Dosage des flavonoïdes totaux.....	36
a. Principe.....	36
b. Mode opératoire.....	37
c. Expression des résultats.....	37
2.3. Étude de l'activité anti-oxydante.....	37
2.3.1. Test de piégeage des radicaux DPPH.....	37
a. Principe.....	37
b. Mode opératoire.....	38
c. Expression des résultats.....	38
Chapitre III : Résultats et discussion.....	40
1. Rendement d'extraction.....	41

Table des matières

2. Résultats de l'étude quantitative.....	42
2.1. Dosage des flavonoïdes totaux.....	42
3. Analyse de l'activité antioxydante.....	43
3.1. Test de piégeage des radicaux DPPH.....	43
Conclusion.....	47
Références bibliographiques.....	50

Liste des figures

Liste des figures

Figure	Page
Photo 1: <i>Searsia tripartita</i> (Région de Khirane - Khenchela).	7
Photo 2 : Vue générale de la plante <i>Searsia tripartita</i> prise à partir du site d'étude (Région de Khirane - Khenchela).	8
Figure 3 : Différents organes de <i>Searsia tripartita</i> (a:Feuilles , b:Fruits , c:Fleurs , d: Racines).	9
Figure 4 : Répartition géographique de <i>Searsia tripartita</i> dans le monde.	11
Figure 5 : Répartition géographique de <i>Searsia tripartita</i> en Algérie.	11
Figure 6 : Structure de base de polyphénol.	17
Figure 7 : Structure des acides phénoliques.	19
Figure 8 : Structure de base des flavonoïdes.	20
Figure 9 : Structure chimique des tanins.	22
Figure 10 : Squelette de base des coumarines.	23
Figure 11 : Structure d'alcaloïde.	23
Figure 12 : Structure de base des Saponosides.	24
Figure 13 : Structure chimique des anthraquinones.	25
Figure 14 : Structure de base de l'isoprène.	25
Figure 15 : Réaction de flavonoïde et chlorure d'aluminium.	36
Figure 16 : Réduction du DPPH par un antioxydant.	38
Figure 17 : Rendements des extraits de <i>Searsia tripartita</i> .	41
Figure 18 : courbe d'étalonnage de la quercétine.	42
Figure 19 : Teneur en flavonoides dans différents extraits.	43
Figure 20 : pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations de l'acide ascorbique.	44
Figure 21 : Résultat du test de l'activité antioxydante exprimant la concentration efficace 50% en mg/ml.	44

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau 1 : Classification botanique de <i>Searsia tripartita</i> .	10
Tableau 2 : Principaux constituants chimiques de <i>Searsia tripartita</i>	13
Tableau 3 : Classification des composés phénoliques.	18
Tableau 4 : Les différentes classes des flavonoïdes.	21
Tableau 5 : quelques espèces réactives oxygénées (EOR) et azotées (EAR).	29
Tableau 6 : Les réactifs chimiques et équipements.	34
Tableau 7 : Équipements et fabricant	34

Liste des Abréviations

Liste des abréviations

HBA : hydroxybenzoïques

HCA : hydroxycinnamiques

DPPH : 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50

Mg/ml : Milligrammes par millilitre

Abs : Absorbance

Abs_c : Absorbance du contrôle

Abs_e : Absorbance de l'échantillon

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

AlCl₃ : trichlorure d'aluminium

Mg EQ/mg E : équivalent milligramme de quercétine par milligramme d'extrait.

MeOH : Méthanol

EtOH : Éthanol

CHCl₃ : Chloroforme

AcOEt : Acétate d'éthyle

BuOH : n-Butanol

HE : Huiles essentielles

R : Rendement

SOD : superoxyde dismutase

GPx : glutathion peroxydase

ROS : espèces réactives de l'oxygène

ERAs : espèces réactives de l'azote

EOA : espèces oxygénées activée



Introduction

Générale

Introduction

Introduction

Les plantes s'imposent sur la planète par leur aspect, leur exubérance et leur mystère. Depuis les temps les plus reculés l'Homme a cherché un moyen d'assouvir sa faim. Il a trouvé chez les végétaux des aliments nourrissants, mais aussi des remèdes à ses maux et il a appris à ses dépens à discerner les plantes toxiques. Ces connaissances, transmises d'abord oralement, l'ont ensuite été dans les écrits et il subsiste des traces de l'emploi des plantes comme médicaments par les Anciens dans les plus vieilles civilisations (**Chabrier, 2010**).

La flore médicinale algérienne reste méconnue jusqu'à nos jours, car sur les quelques milliers d'espèces végétales, seules 146 sont dénombrées comme médicinales (**Baba Aissa, 1999**). Elle recèle un grand nombre d'espèces classées en fonction de leur degré de rareté: 289 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces rarissimes et 168 espèces endémiques (**Hadjadj et al., 2019**).

Searsia tripartita (*Ucria*) *Moffett*, appelée sumac, est une espèce très répandue en Afrique du Nord, notamment dans les zones arides et semi-arides. Elle est largement utilisée en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections. Cette plante contient plusieurs composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les tanins condensés et les composés phénoliques. Différentes activités pharmacologiques ont été rapportées, incluant des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antibactériennes, antifongiques, cardioprotectrices, hépatoprotectrices, anticancéreuses (**Idm'hand et al, 2020**).

Dans ce contexte, notre choix s'est porté sur la plante *Searsia tripartita*, récoltée dans la région de Khirane (wilaya de Khenchela, Algérie), en raison de son usage répandu dans la médecine traditionnelle algérienne, notamment pour ses vertus thérapeutiques reconnues et peu d'études ont été effectués en Algérie.

La présente étude a pour objectif d'extraction des composés bioactifs des feuilles de *Searsia tripartita*, de quantifier les flavonoïdes totaux présents dans les extraits de ses feuilles, ainsi que d'évaluer leur activité antioxydante.

Pour répondre aux objectifs fixés, notre travail, tel que présenté dans ce manuscrit, est divisé en trois chapitres principaux :

- ✓ Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique, qui se divise à son tour en trois parties principales :
- . Présentation botanique de la plante *Searsia tripartita*
- . Les métabolites secondaires
- . Les activités biologiques

Introduction

✓ Le deuxième chapitre illustre les matériaux et méthodes utilisés dans les différentes manipulations, ainsi que les protocoles appliqués lors des tests biologiques.

✓ Le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus, accompagnés d'une discussion.

Enfin, le manuscrit se termine par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

Partie 1

Présentation de la plante

Searsia tripartita

1. Présentation botanique de la plante *Searsia tripartita*

1.1. Famille des Anacardiaceae

Les Anacardiaceae sont une famille de plantes à fleurs appartenant à l'ordre des Sapindales, comprenant surtout des arbres, des arbustes résineux et parfois des lianes. Leurs feuilles sont généralement alternes, composées de folioles à nervation pennée, avec des bords entiers ou finement dentés. Les stipules sont souvent réduites ou absentes (**Souza & Lorenzi, 2005**).

La famille des Anacardiaceae est subdivisée en cinq tribus avec 75 genres et de plus de 700 espèces (**Wannan & Quinn, 1991 ; Neves et al., 2021**). Les genres majeurs incluent *Anacardium*, *Mangifera*, *Pistacia* et *Rhus*, avec une importance économique notable. Les Anacardiaceae sont largement répandues dans les régions tropicales, et certaines espèces s'étendent aux zones tempérées. La classification de cette famille varie selon les sources (**Benlembarek, 2024**) :

Kokwaro (1986) et Guyot (1992) : 60 genres et 600 espèces.

Mabberley (1987) : 73 genres et 850 espèces (avec 100 espèces en genre *Rhus*)

Pell (2004) : 82 genres et plus de 700 espèces.

1.1.1. Genre *Searsia*

Le genre *Searsia*, également désigné sous le nom de *Rhus*, est le genre le plus étendu de la famille des Anacardiaceae, comprenant plus de 250 espèces (**Olchowik et al., 2012**). Les espèces du genre *Searsia*, souvent appelées sumacs, sont des arbustes ou petits arbres répandus dans les régions subtropicales et tempérées, notamment en Afrique et en Amérique du Nord. Elles présentent un intérêt médicinal considérable en raison de leurs nombreuses activités biologiques (antioxydante, antimicrobienne, anti-inflammatoire, etc.) et de leur richesse en composés phénoliques (**Benmansour, 2020**).

En Algérie, le genre *Rhus* est représenté par trois espèces principales : *R. coriaria*, *R. pentaphylla* et *R. tripartita* (**Quezel & Santa, 1962**).

1.2. *Searsia tripartita*

Searsia tripartita (*Ucria*) *Moffett*, anciennement *Rhus tripartita*, est une espèce saharo-méditerranéenne de la famille des Anacardiaceae. Réputée pour ses usages en médecine traditionnelle, elle est principalement employée dans le traitement des affections gastro-intestinales, elle est également reconnue pour ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antipaludiques. Malgré ses vertus médicinales, cette plante

reste peu cultivée et menacée, mais demeure prometteuse pour la réhabilitation des sols dégradés (Benaissa,2020).



Photo 1: *Searsia tripartita* (Région de Khirane - Khenchela)

1.2.1. Description botanique et morphologique de *Searsia tripartita*

Searsia tripartita est un arbuste dioïque appartenant à la famille des Anacardiaceae, caractérisé par sa forte ramification et son port buissonnant. Il atteint généralement une hauteur de 1,5 à 5 mètres et se distingue par ses grandes branches robustes. Le bois est très dense, arborant une couleur rouge foncé, tandis que les rameaux sont courts, épineux et présentent une teinte brune rougeâtre, ce qui confère à l'arbuste une allure singulière et résistante (Benlembarek,2024).



Photo 2 : Vue générale de la plante *Searsia tripartita* prise à partir du site d'étude (Région de Khirane - Khenchela)

➤ **Les feuilles :**

Les feuilles sont alternes, caduques et de petite taille, formées de trois folioles distinctes. Elles affichent une couleur vert foncé avec des bords finement dentés, leur conférant un aspect à la fois élégant et robuste.

➤ **Les fruits :**

Les fruits sont de forme globulaires (6-9 mm de diamètre), violacés foncés à la maturité, rouges lorsqu'ils sont jeunes et verts lorsqu'ils sont tirés jeunes (**Attia, 2020**).

Les fleurs :

La floraison est marquée par la formation d'inflorescences de type cyme, qui se présentent sous forme de petites grappes de fleurs aux tons blanc jaunâtre à jaune pâle.

➤ **Les racines :**

Le système racinaire est particulièrement développé, s'étendant à la fois en profondeur et latéralement, de couleur rouge foncé (**Benaissa & Djebbar, 2018**).

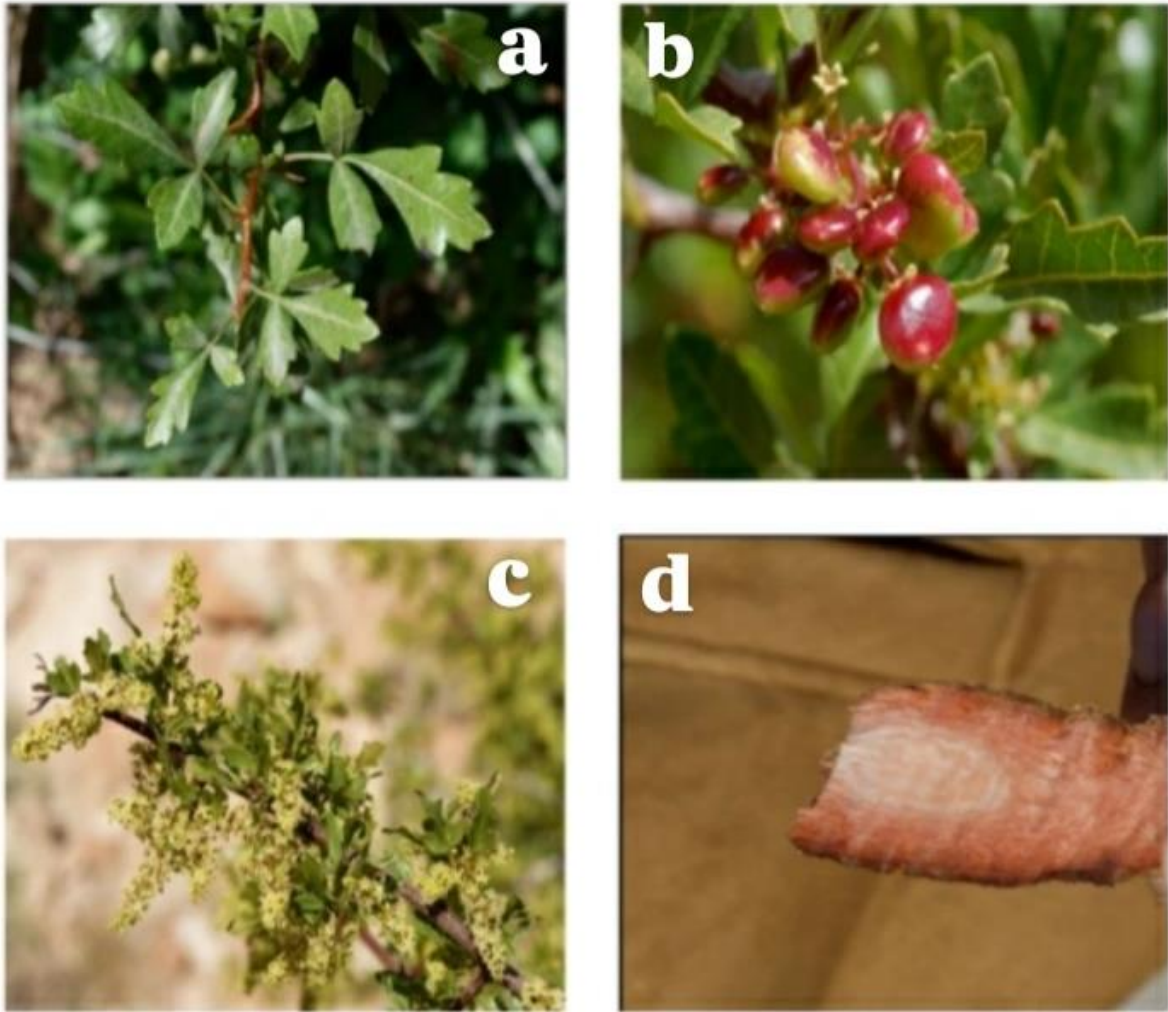


Figure 3 : Différents organes de *Searsia tripartita* (**a**:Feuilles , **b**:Fruits , **c**:Fleurs , **d**: Racines) (**Plant Biodiversity of South-Western Morocco, 2025**)

1.2.2. Position systématique

D'après **Quézel & Santa (1962)**, la classification de l'espèce *Searsia tripartita* est comme suit (**Tableau1**)

Tableau 1 : Classification botanique de *Searsia tripartita*.

Règne	Végétal
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Rosida
Ordre	Sapindales
Famille	Anacardiaceae
Genre	<i>Searsia</i>
Espèce	<i>Searsia tripartita</i> (Syn. <i>Rhus tripartitum</i>)

L'espèce *Searsia tripartita* possède plusieurs noms (**Barka et al.,2016 ; Miled et al.,2017**).

Synonymes :

Rhus tripartita (Ucria) Grande

Rhamnus tripartitus Ucria

Rhus oxyacantha Schousb

Rhus oxyacantha var. *Ballii* Maire

Rhus ziziphina Tineo

Rhus oxyacanthoides Dum. Cours.

Noms vernaculaires :

En tamahaq (Touaregs) : « Tahounek »

En arabe : « Jedari ou Djedari » et « Hainech »

En français : « Ebène », « Aubépine » ou « sumac africain » Et en anglais : « sumac ».

1.2.3. Répartition géographique

➤ Dans le monde :

L'espèce *Searsia tripartita* est caractérisée par une large distribution géographique, notamment dans les régions arides et semi-arides. Les recherches menées par **Mahjoub et al. (2010)** et **Mahmoud et al. (2015)** ont mis en évidence sa présence significative en Afrique du Nord, incluant la Libye, la Tunisie, l'Algérie et le Maroc. Cette espèce est également répandue dans les régions sahariennes et les pays voisins tels que la Mauritanie, le Mali, le Tchad et le Soudan. Des occurrences isolées ont été rapportées en Sicile et dans Les steppes d'Asie occidentale, selon les travaux de **Pottier (1981)**.

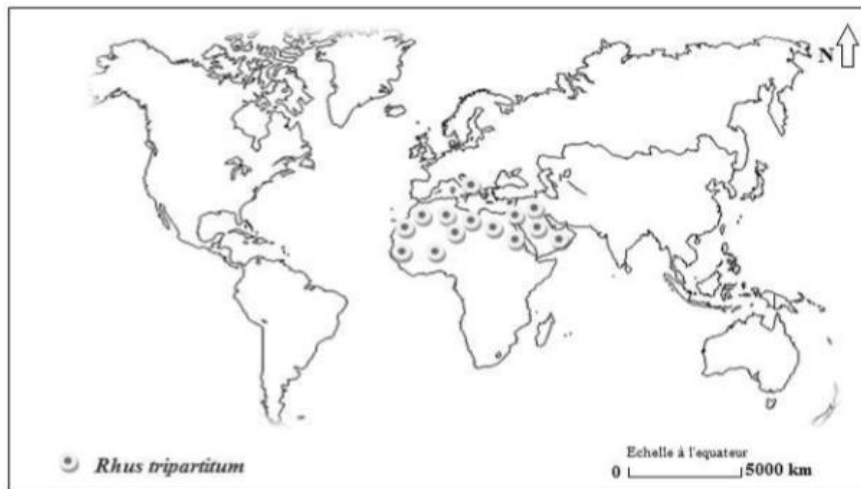


Figure 4 : Répartition géographique de *Searsia tripartita* dans le monde (Bounab & Brik, 2017).

➤ **En Algérie :**

Searsia tripartita est largement répandue en Algérie, notamment dans les régions des hauts plateaux d'Oran, d'Alger et de Constantine, ainsi que dans l'Atlas saharien occidental et central. Toutefois, sa présence est relativement rare dans les régions sahariennes (Quézel & Santa, 1962).

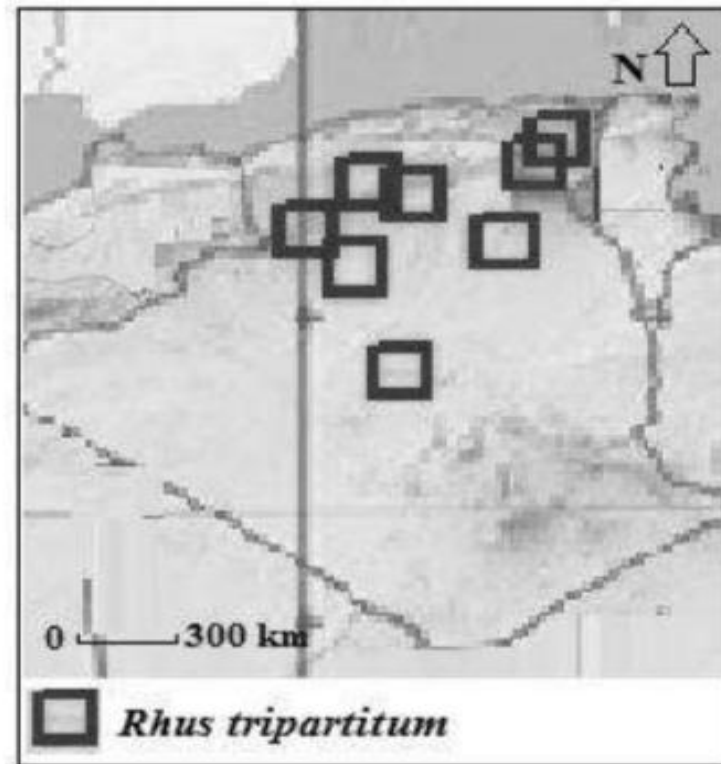


Figure 5 : Répartition géographique de *Searsia tripartita* en Algérie (Bounab & Brik, 2017).

1.2.4. Composition chimique

Les analyses phytochimiques approfondies des extraits de diverses parties de *Searsia tripartita* ont conduit à l'identification et à l'isolement de plusieurs composés chimiques spécifiques. Les principaux constituants chimiques de cette plante sont résumés dans le **tableau 2**.

Tableau 2 : Principaux constituants chimiques de *Searsia tripartita*

Partie de la plante	Constituants chimiques	Références
Racines	(+)-catéchine, (-)-épicatechine-3-O-gallate, Proanthocyanidines, Acide gallique, Acide syringique, Catéchol	Miled et al., 2017 Tebourbi et al., 2006
Fruits	Acide bétulinique	Tlili et al., 2014
Feuilles	Gallocatéchines, Quercitine, myricétine, kaempférol-3-O-rutinoside, β -sitostéryl-3-O- β -glucopyranoside kaempférol-7-O-a-L-rhamnopyranoside	Mohammed ,2015
Parties aériennes	Myricétine,(-)-lyoniresinol3a-O-b-Dglucopyranoside, (-)-methyl shikimate, Vitamine E, l'acide férulique, l'acide caféique, l'acide chlorogénique, l'aciderosmarinique, l'acidecoumarique, Quercétine, la rutine, la catéchine, l'épicatechine, la sakuranétine	Mahjoub et al., 2010
Écorce de tige	Les gallocatéchines, la taxifoline, myricetin-3-O- β -glucoside, la catéchine, l'épicatechine, 3',8-binaringenin 6	Shahat et al., 2016
Écorce de racine	Les polysaccharides, les procyanidines, les prodelphinidines, la fisétinidine, la robininidine, la catéchine, la gallocatéchine	Mahmoud et al., 2015 Alimi et al., 2013

1.2.5. Usages traditionnels et Activités biologiques de *Searsia tripartita*

1.2.5.1. Utilisations traditionnelles

- *Searsia tripartita* possède plusieurs usages traditionnels : ses fruits sont consommés frais ou mélangés à de l'eau, du miel ou du lait, notamment chez les Amérindiens ; ses écorces et racines sont utilisées pour teindre cuir, laine et soie, et l'écorce racinaire est exploitée dans le tannage artisanal des peaux, leur conférant une teinte rougeâtre (**Gourine & Toulal, 2023**).

- Dans l'Ahaggar, les Touaregs utilisent les feuilles fraîches et jeunes pousses pour étancher la soif ou purifier et aromatiser naturellement l'eau stagnante (**Benaïssa, 2020**).

1.2.5.2. Activités biologiques

➤ **Activité antioxydante**

Des études récentes ont mis en évidence la puissante activité antioxydante de *Rhus tripartita*, qui est principalement attribuée à sa riche teneur en composés phénoliques, flavonoïdes, tanins et terpènes, tels que l'acide de pétrole, les catéchols, le kaempférol et les flavonoïdes, qui se sont avérés neutraliser les radicaux libres et réduire les dommages causés par le stress oxydatif (**Ben Barka, 2021**).

Ses extraits hydrométhanoliques, en particulier l'extrait de feuille (LRE), ont été testés dans plusieurs tests in vitro, tels que les tests DPPH, ABTS, FRAP et de piégeage des radicaux hydroxyles, montrant une puissante activité antioxydante avec de faibles valeurs de CI50, indiquant une efficacité significative (**Ben Barka, 2021 ; Tlili, 2019**).

L'analyse par chromatographie liquide haute performance (HPLC) et la spectrométrie ont confirmé que la capacité antioxydante des extraits de racines (aqueux et hydro-méthanoliques) était supérieure à celle des extraits de feuilles ou de tiges, avec de bons résultats aux tests DPPH et ORAC (**Mahato & Banerjee, 2017**).

Cette activité contribue à protéger les cellules des dommages oxydatifs dans diverses maladies chroniques. De plus, l'huile essentielle de *Rhus trifoliata* a également montré une activité antioxydante significative, attribuée à la présence de divers composés bioactifs tels que les phénols, les terpènes et d'autres substances volatiles, ce qui a renforcé l'intérêt pour l'application de cette plante dans les formulations cosmétiques ou thérapeutiques (**Ben Khnigue, 2020**).

De plus, des études récentes ont montré que l'extrait de *Trifolium lacryma-sum* est capable d'inhiber la voie PI3K/AKT/mTOR, une voie de signalisation cellulaire essentielle à la régulation de la croissance et de la survie cellulaires, suggérant son potentiel à exercer des effets anticancéreux en induisant l'apoptose des cellules tumorales (**Tlili et al., 2021**).

La plante est également riche en flavonoïdes, qui lui permettent de s'adapter à des conditions environnementales extrêmes, soulignant le rôle clé de ces composés dans son activité biochimique (**Ammari et al., 2020**).

➤ **Activité antimicrobienne**

Searsia tripartita a démontré une activité antibactérienne notable contre diverses souches pathogènes, ce qui a suscité un intérêt croissant pour l'évaluation de son potentiel thérapeutique.

L'expérience de recherche réalisée par **Abbassi & Hani (2012)** a montré le potentiel antimicrobien non négligeable de *Rhus tripartita*, utilisée dans la médecine traditionnelle tunisienne contre les diarrhées et d'autres troubles gastriques. En effet, les auteurs in-vitro ont étudié l'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques des racines de cette espèce sur plusieurs souches pathogènes afin de la valoriser. Les empreintes biologiques des résultats obtenues ont fait état d'une activité antibactérienne non négligeable sur *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* et *Staphylococcus aureus*, dont les diamètres des zones d'inhibition allaient de 10 à 17 mm, en rapprochant certains comportements de ceux des antibiotiques de référence. De plus, une activité antifongique modérée était révélée sur *Candida albicans*, champignon opportuniste souvent incriminé dans les accidents d'infections intestinales.

Les effets observés sont en fait imputables à la richesse de *Rhus tripartita* en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes et les tanins, dont les propriétés antimicrobiennes sont bien documentées, notamment par **Cushnie & Lamb (2005)**, qui avaient précisé les mécanismes d'action des flavonoïdes (inhibition de la synthèse des acides nucléiques, altération de la membrane cellulaire, inactivation d'enzymes bactériennes.), tandis que *Rhus tripartita* n'est pas abordé dans leur étude, mais permet d'éclaircir une compréhension partielle des mécanismes responsables de l'activité observée.

En complément, l'étude de **Olchowik-Grabarek et al. (2014)** ayant pour sujet *Rhus typhina*, une autre espèce du même genre, a montré que les tanins peuvent altérer la structure de membranes biologiques, ce qui pourrait participer à leurs propriétés anti-hémolytiques et antibactériennes. Par analogie phytochimique, on peut penser qu'un mécanisme semblable pourrait également être mis en jeu chez *Rhus tripartita*.

Même si l'ouvrage de **Dajoz (2003)** ne s'intéresse pas directement à *Rhus tripartita*, il rappelle aussi l'importance des métabolites secondaires produits par les plantes en tant qu'éléments cruciaux de leur efficacité à lutter contre les agents pathogènes. Tout cela favorise l'idée selon laquelle *Rhus tripartita*, qui croît dans des conditions environnementales arides, produit des bioactifs au fort potentiel pharmacologique.

Ces données appuient son usage traditionnel dans le traitement des infections intestinales et soulignent son potentiel thérapeutique.

➤ **Activité anti-inflammatoire**

Les différents extraits de *Searsia tripartita*, issus des feuilles, racines et tiges, ont révélé une activité anti-inflammatoire in vitro sur des cellules intestinales humaines. Par ailleurs, une réduction notable de l'œdème induit chez le rat a été observée suite à leur administration, confirmant leur potentiel anti-inflammatoire (**Idm'hand et al.,2019**).

➤ **Activité anticancéreuse**

Des expériences in vitro réalisés sur des lignées cellulaires humaines du côlon et du poumon ont montré que l'extrait méthanolique issu des racines de *Searsia tripartita* possède une activité antiproliférative marquée, accompagnée d'un effet cytotoxique significatif à l'encontre des carcinomes colorectaux et pulmonaires (**Idm'hand et al., 2019**).



Partie 2

Les Métabolites secondaires

2. Les Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des composés naturels métabolisés dans le végétal, qui diffèrent des métabolites primaires, sont regroupés sous différentes classes majeures (composés phénoliques, terpènes, stéroïdes, alcaloïdes, etc.) et présentent une riche diversité, à la fois structurales et fonctionnelles (**Ghedira, 2005**) leur fonction est essentielle dans la capacité d'adaptation des végétaux à leur environnement, à la fois pour la défense contre le stress biotique (pathogènes, herbivores) et abiotique (rayonnement UV, température). Même si leur rôle dans la protection est reconnu, comme contre les maladies et certains ravageurs, leur potentiel est encore peu exploité dans l'amélioration variétale (**Mekhelfi, 2016**).

2.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques, appelés polyphénols, sont des métabolites secondaires très répandus dans le règne végétal, regroupant plus de 8000 molécules qui peuvent être schématiquement rassemblées autour d'un noyau aromatique substitué par un ou plusieurs fonctions hydroxyles (**Bruneton, 1999**). Leur biosynthèse a lieu dans les voies de l'acide shikimique et des polyacétates. Ils jouent un rôle dans la défense des plantes, l'allélopathie et l'attraction des pollinisateurs, tout en participant aux qualités organoleptiques et nutritionnelles des végétaux (**Sarni-Manchado & Cheyner, 2006**). Leur pouvoir de formation de complexes avec certaines protéines comme par exemple la gélatine ou les alcaloïdes est un aspect de leur importance biologique (**Hagerman et al., 1998**).

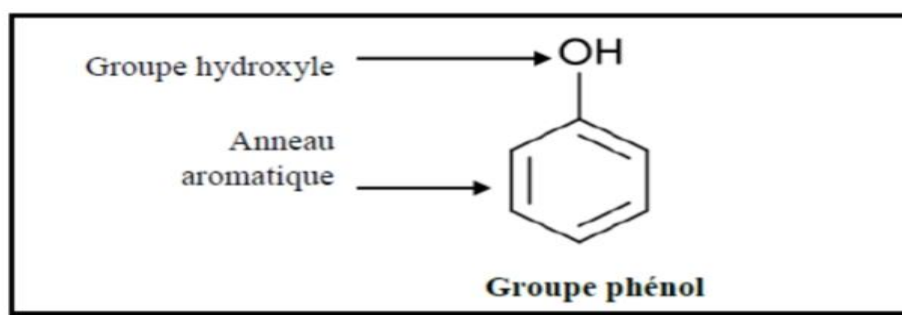


Figure 6 : Structure de base de polyphénol (**Bruneton, 1999**).

2.1.1. Classification des composés phénoliques

Les divers composés phénoliques sont répartis en plusieurs classes (**tableau 3**), en fonction de la complexité de leur structure de base (des structures C₆ jusqu'aux formes polymérisées), de leur degré de modification chimique (oxydation, hydroxylation, méthylation) et de leur aptitude à former des complexes avec d'autres classes de molécules, tels que les glucides, les lipides ou les protéines (**Macheix et al., 2005**).

Les polyphénols peuvent être considérés comme les métabolites secondaires végétaux les plus abondants avec des structures très diversifiées, allant de molécules simples telles que les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées telles que les tanins (Habibatni et al.,2016)

Tableau 3 : Classification des composés phénoliques (Merghem, 2009).

Nombre de C	Classe	Exemples/origine
C6	Phénols simples	Hydroquinine, catéchol
C6-C1	Acides phénols	Acide salicylique, acide p (OH) benzoïque
C6-C3	Acide cinnamique Coumarines	Acide cafféique, férulique (Café, pomme) Esculétine, Scopolétine
(C6-C3)2	Lignanes	Pinorésinol (Pin)
(C6-C3)n	Lignines	Bois, noyau des fruits.
C6-C3-C6	Flavonoides Isoflavonoides Anthocyanes	Apigénine, lutéoline, quercétine. Génistéine (Soja) Pélagonidine
(C6-C3-C6)2	Biflavonoïdes	Amentoflavone
(C6-C3-C6)n	Proanthocyane (tanins)	Procyanidines, Prodelphinidines (Raisin rouge)

2.1.1.1. Acides phénoliques

Le terme acide phénol peut concerner tous les composés organiques ayant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Zibouche, 2014). On distingue essentiellement deux sous-classes d'acides phénoliques :

➤ **Les acides hydroxybenzoïques (C6–C1) (HBA):**

Dérivés de l'acide benzoïque par hydroxylation. Il a été identifié dans les plantes, l'acide protocatéchique, l'acide vanillique, l'acide gallique, l'acide ellagique, l'acide syringique, l'acide salicylique et l'acide gentisique qui se retrouvent aussi dans les produits dérivés de l'olive, où ils possèdent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et cardioprotectrices (Călinoiu & Vodnar, 2018).

➤ **Les acides hydroxycinnamiques (C6-C3) (HCA) :**

Qui proviennent de l'acide cinnamique. On a recensé dans cette catégorie, l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide p-coumarique, l'acide sinapique et l'acide cinnamique qui ont des effets bénéfiques pour la santé, entre autres de piéger les radicaux libres et d'inhiber certains processus pathologiques (Prabhu et al., 2021).



Figure 7 : Structure des acides phénoliques (Călinoiu & Vodnar, 2018).

2.1.1.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent la plus importante classe naturelle des polyphénols, leur structure de base étant celle d'un C6-C3-C6, produit de la combinaison de deux naphthes engendrés par une chaîne de trois carbones. Ils représentent les métabolites phénoliques majeurs présents dans le règne végétal. Les flavonoïdes, notamment les flavones, les flavanols et les tanins condensés, sont des métabolites secondaires des plantes et ces composés phénoliques ont des propriétés redox, qui leur permettent d'agir comme antioxydants (Habibatni et al., 2017), ils participent à plusieurs fonctions physiologiques dans le cadre du métabolisme de la plante (production de pigments, protection contre les UV, protection contre

les agents pathogènes, induction des nodules fixateurs d'azote...) (Stringlis et al., 2019). La structure chimique type de ces substances bioactives repose sur l'unité de structure de type « 2-phénylchromène » constituée de deux unités C6 (noyaux A et B) reliées par un C3 capable de se cycliser pour donner un troisième hétérocycle, le C. Ce groupe de composés est également responsable de couleurs allant du jaune clair au jaune doré (Harborne et al., 2013).

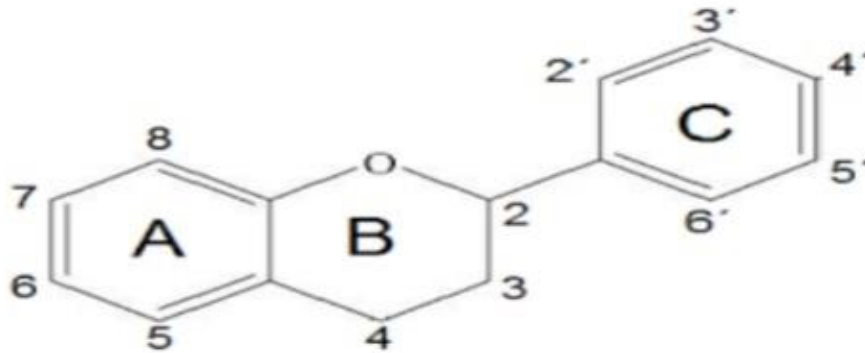


Figure 8 : Structure de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

Tableau 4 : Les différentes classes des flavonoïdes (Ibingou Dibala ,2017)

Classes	Structures chimiques	R3'	R4'	R5'	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH ₃	H	Diosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine
Flavanones		H	OH	H	Naringénine
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidines		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine
		OH	OH	OH	Delphénidine
Isoflavones		R5	R7	R4'	
		OH	OH	OH	Genisteine
		H	O-Glu	OH	Daidzeine

2.1.1.3. Les tanins

a. Définition

Les tanins, connus comme des bioactive, ont pour propriétés de former des complexes avec les protéines solubles dans l'eau ; ils sont des polyphénols et engendrent des précipités (Silanikove et al., 2001). Leur architecture moléculaire est celle d'un réplétif à partir d'unités

monomériques, chacune ayant la même configuration que les autres ou différente selon le degré d'oxydation de chaque parmi les composés polyphénoliques divers (**Ghestem et al., 2001**).

b. Classification

Deux types de tannins différents selon leurs structures et propriétés que leur structuration chimique et l'origine en sont distinctes.

➤ Les tanins hydrolysables :

Sont représentés par les esters d'acide gallique qui s'accouplent en se liant à la molécule de glucose (**Bruneton, 1993**) et celle des acides phénols, qui sont facilement découpés par les enzymes de tannases, souvent en oses et acide phénol (acide ellagique) (**Bruneton, 2009**).

➤ Les tanins condensés :

Sont représentés par un hétérogène de phénol, sous forme d'oligomères ou polymères issus par condensation des molécules de flavonoïdes (**Bruneton, 2009**).

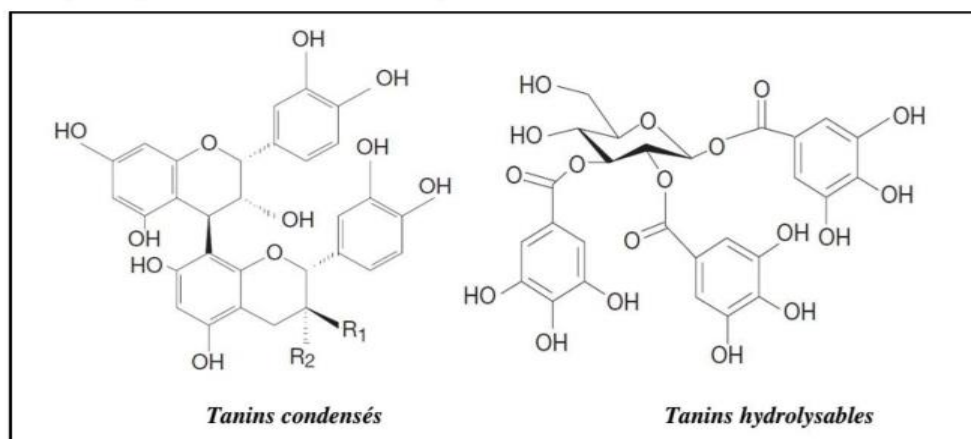


Figure 9 : Structure chimique des tanins (**Bruneton, 2009**).

2.1.1.4. Les Coumarines

Les coumarines doivent leur nom au terme utilisé pour désigner la fève tonka (voir infra), à savoir « Kumaru », provenant de l'espèce *Coumarouna odorata* (ou *Dipteryx odorata* Willd.), voisine du pois de senteur, plante de la famille des Fabacées, dont les coumarines sont isolées pour la première fois en 1820. Ces composés appartiennent à une classe de substances phénoliques dérivée du 2H-1-benzopyran-2-one, supposément formé par cyclisation de l'acide cinnamique, où leur structure de base est constituée d'un système bicyclique de type C6-C3, de 9 atomes de carbone et comprenant un noyau benzo-(2H) -1-pyran-2-one (**Benaïssa, 2011**).

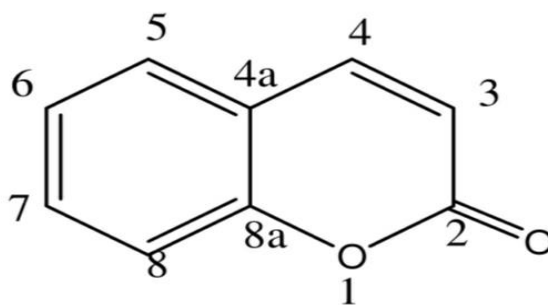


Figure 10 : Squelette de base des coumarines (Djemoui, 2012)

2.2. Alcaloïdes

Les alcaloïdes représentent des substances biochimiques d'origine principalement végétale mais également animale et microbienne. Ils possèdent ordinairement une structure hétérocyclique contenant de l'azote, bien que des exceptions à cette règle existent, telles que la colchicine ou l'éphédrine. À ce jour, plus de 6000 alcaloïdes à effet pharmacologiques ont été isolés et caractérisés (Judd et al., 2002). Et selon leur structure chimique, on peut les regrouper en plusieurs familles : phénylalanines, isoquinoléiques, quinoléiques, pyridiques, pipéridiques, tropaniques et stéroïdiens (Mauro, 2006).

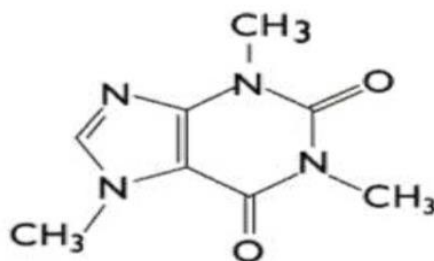


Figure 11 : Structure d'alcaloïde (Cely-Veloza et al., 2023)

Pour clarifier la taxonomie des alcaloïdes ils sont classés selon trois grandes catégories respectivement :

- **Les pseudo-alcaloïdes :** leur structure ne comporte pas d'azote incorporé dans le cycle, pour lequel l'azote est finalement incorporé lors de l'étape finale de la biosynthèse. Exemples : la conicine.
- **Les proto-alcaloïdes :** l'azote est dans une molécule hétérocyclique, leur structure provient des acides aminés. Exemples : l'hordéine ou la colchicine.

- **Les alcaloïdes vrais** : leur structure est constituée d'azote en cycle hétérocyclique, d'origine acides aminés, avec une importante activité pharmacologique (**Benallel & Abbas Turki, 2019**).

2.3. Saponosides

La plupart des saponosides sont des substances chimiques hautement polaires que l'on retrouve fréquemment dans des mélanges complexes au sein des plantes. De plus, ils présentent un large éventail de caractéristiques biologiques et pharmacologiques, telles que des propriétés cytotoxiques, immunoajuvantes, immunomodulatrices, antitumorales et hypocholestérolémiantes (**Boutaghane, 2013**). Leurs propriétés physicochimiques et biologiques, utilisées dans diverses applications conventionnelles et industrielles (savons, poisons pour poissons et molluscicides), se reflètent dans leur diversité structurale. De nombreuses preuves existent quant à la toxicité des saponines pour les insectes (activité insecticide), les vers parasites (activité anthelminthique), les mollusques (activité molluscicide), ainsi que pour leurs propriétés antifongiques, antivirales et antibactériennes (**Stringlis et al., 2019**).

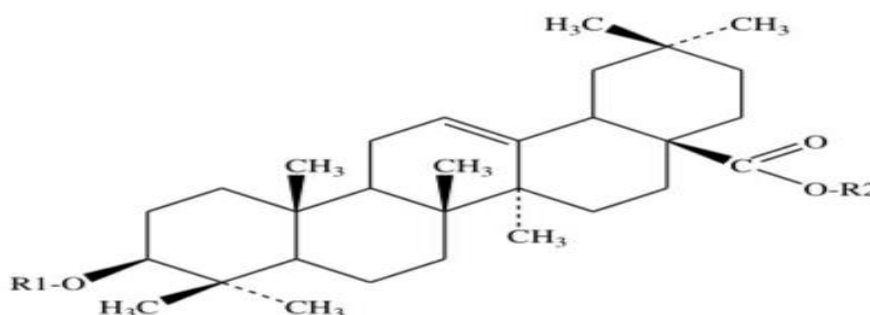


Figure 12 : Structure de base des Saponosides (**Boutaghane, 2013**)

2.4. Quinones

Les quinones sont des substances organiques essentielles qui sont universellement dispersées dans la nature. Elles sont importantes pour la translocation des électrons depuis la chaîne respiratoire cellulaire. Leur structure possède un noyau benzénique substitué par deux groupes carbonyles à la position ortho (quinone ortho) ou para (quinone para). L'on cite aussi les pseudoquinones, lorsque l'un des groupements carbonyles se trouve être remplacé par un autre substituant, produisant alors des structures simples ou condensées (**Chhour, 2020**).

2.5. Anthraquinones

Le terme anthraquinone désigne un composé aromatique tricyclique synthétisé à partir de l'oxydation de l'anthracène, un hydrocarbure aromatique polycyclique, considéré comme

quinone naturelle en raison de sa fonction oxygénée. Il est largement présent dans le monde vivant, en particulier chez certaines espèces végétales, fongiques et insectes, notamment dans les racines, les tiges vertes et les graines (**Mokhtari & Djamaa**).

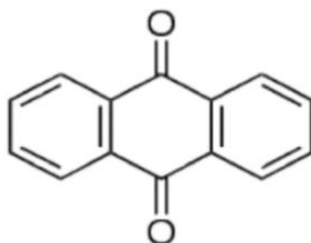


Figure 13 : Structure chimique des anthraquinones (**Bouhadjera, 2005**)

2.6. Terpenoïdes

Les terpènes, qui sont des produits chimiques très volatils et de nature essentiellement végétale, sont les responsables des caractéristiques aromatiques attribuées aux plantes. Ils constituent essentiellement des unités isopréniques ($C_5 H_8$) faisant suite, en termes de biogenèse, au 2-méthylbutadiène (**Cram et al., 1968 ; Qureshi et al., 1981**) et, morphologiquement, ces molécules peuvent revêtir une structure linéaire ou cyclique, leur formule générale étant $(C_5 H_x)_n$, x étant la variable qui dépend du degré d'insaturation, et n traduisant le nombre d'unités allant généralement de 1 à 8, mais, de manière tout à fait exceptionnelle, allant bien au-delà de 100 dans certains polyterpènes (on pense par exemple au caoutchouc). Les terpénoïdes, quant à eux, sont des terpènes, enrichis d'une ou plusieurs fonctions chimiques (dans le cadre des alcools, aldéhydes et cétones, acides, lactones) (**Malecky, 2005**).

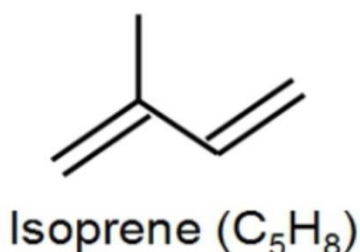


Figure 14 : Structure de base de l'isoprène (**Khenaka, 2011**)

2.7. Huiles essentielles

Près de 2 000 espèces végétales appartenant à 60 familles contiennent des quantités importantes d'huiles essentielles. Des substances volatiles appelées essences ou huiles essentielles sont présentes dans diverses parties des plantes, notamment les fleurs, les feuilles, les écorces et les racines. Il s'agit généralement d'agents vermifuges, antiseptiques, antibactériens et antifongiques (**Aribi-Zouiouche & Couic-Marinier, 2021**).

Trois catégories peuvent être utilisées pour classer les H.E. en fonction de leurs principaux composants (**Aribi-Zouiouche & Couic-Marinier, 2021**) :

- H.E. hydrocarbonées riches en terpènes (Cédrat)
- H.E. oxygénées. Elles sont riches en esters et en alcools (thym, girofle, menthe, etc.)
- H.E. soufrées (Granulés, Liliacées).

Les H.E. sont des mélanges d'éléments qui appartiennent à deux séries distinctes, chacune ayant une origine bioénergétique distincte. Elles sont complexes et remarquablement changeantes.

- Composés terpéniques ;
- Dérivés de composés aromatiques phénoliques propanes (**Aribi-Zouiouche & Couic-Marinier, 2021**).



Partie 3

Activités Biologiques

3. Activités biologiques

3.1. Activité antioxydante

Stress oxydatif

Le stress oxydant correspond à un déséquilibre entre la génération d'espèces oxygénées activées (EOA) et les défenses antioxydantes de l'organisme, en faveur des premières (**Haleng et al., 2007**). Pour se protéger contre toute production excessive en espèces radicalaires, notre organisme est équipé d'un système complexe de défense antioxydante, localisé dans les compartiments intra et extracellulaire.

Ces antioxydants agissent différemment, certains agissent par interruption de la spirale oxydative, d'autres interviennent dans la prévention des dégâts (**Noichri, 2016**).

3.1.1. Les radicaux libres

Un radical libre peut être défini comme une molécule ou des fragments moléculaires contenant un ou plusieurs électrons non appariés dans son orbital atomique ou moléculaire externe.

Les espèces réactives de l'oxygène (EOR) et les espèces réactives de l'azote (EAR) sont décrites comme des radicaux libres avec d'autres dérivés réactifs non radicalaires.

La réactivité des radicaux est généralement plus forte que celle des espèces non radicalaires, et les radicaux sont moins stables. Les radicaux libres sont formés à partir de molécules par le clivage homolytique d'une liaison chimique et des réactions d'oxydo-réduction. Une fois formés, ces radicaux hautement réactifs peuvent démarrer une réaction en chaîne qui est une série de réactions conduit à régénérer le radical qui peut commencer un nouveau cycle de réactions (**Desmier, 2016**).

3.1.1.1. Principaux type de radicaux libres

- Les espèces réactives de l'oxygène

Espèces réactives de l'oxygène (ERO) Les radicaux libres sont des molécules ou des fragments moléculaires qui ont un ou plusieurs électrons absents de leurs orbitales, leur conférant une grande réactivité chimique. La classe la plus significative de ces radicaux dans les systèmes biologiques est celle dérivée de l'oxygène. En raison de sa structure électronique unique, l'oxygène peut facilement produire une variété d'espèces réactives lors des processus métaboliques réguliers ou en réponse à des facteurs de stress environnementaux (**valko et al., 2007**)

- Les espèces réactives de l'azote

Les espèces réactives de l'azote (ERAs) sont des molécules contenant de l'azote qui présentent une forte réactivité chimique, notamment le monoxyde d'azote (NO) et le peroxydinitrite (ONOO^-). Ces espèces jouent un rôle clé dans les lésions cérébrales causées par l'ischémie-reperfusion en déclenchant un stress oxydatif, une inflammation, et une mort cellulaire (Chen, Chen, Xu, & Shen, 2013).

Tableau 5 : quelques espèces réactives oxygénées (EOR) et azotées (EAR) (Desmier, 2016).

- Les espèces réactives de l'oxygène		- Les espèces réactives de l'azote	
Radicalaires	Non radicalaires	Radicalaires	Non radicalaires
Superoxyde	Peroxyde d'hydrogène	Monoxyde	Acide nitreux
Hydroxyl	Acide hypobromure	d'azote	Cation nitrosyl
Peroxyl	Acide hypochloreux	Dioxyde	Anion nitrosyl
Alkoxyl	Ozone	d'azote	Peroxydinitrite
Hydroxyperoxyl	Oxygène singulet		Cation nitronium
			Peroxydinitryte alkyl

3.1.1.2. Effets des radicaux libres sur l'organisme

Chaque cellule du corps produit des radicaux libres et est donc vulnérable à leur attaque. Les composés biologiques présents chez l'homme modifient leurs propriétés après une attaque radicalaire, ce qui peut altérer le fonctionnement cellulaire et même entraîner la mort de cellules ou de tissus, responsables de diverses maladies. Les composés biologiques les plus sensibles sont les lipides, les protéines, l'ADN, etc. (Qazi & Molvi, 2018).

3.1.1.3 Rôle des radicaux libres dans les processus physiologiques normaux

Certains radicaux libres sont bénéfiques pour la santé car ils maintiennent l'homéostasie cellulaire en participant à diverses voies de signalisation. Médiateurs et exécutants des cellules précancéreuses et infectieuses, ils jouent un rôle important dans la phagocytose, l'apoptose et les réactions de détoxification. Ils contrôlent également un large éventail de processus métaboliques et cellulaires, tels que la détection de l'oxygène, la contraction vasculaire, l'expression génétique, la régulation de la transcription, la transduction du signal, etc. (Qazi & Molvi, 2018).

3.1.2. Les Antioxydants

Les antioxydants sont des substances qui aident à protéger les cellules du corps des dommages causés par des molécules nocives connues sous le nom de radicaux libres (FRAs). Selon le plan biochimique, un antioxydant est tout matériau capable d'arrêter, de retarder ou d'éliminer les dommages oxydatifs causés par une molécule cible biologique. Cela inclut toute substance ayant la capacité de neutraliser directement les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et les radicaux libres, de renforcer indirectement les défenses antioxydantes de l'organisme, ou même de réduire la production de ROS. Ces caractéristiques sont cruciales pour maintenir l'équilibre cellulaire, prévenir le vieillissement prématuré et arrêter l'apparition des maladies chroniques (Gulcin, 2025).

3.1.2.1 Classification des antioxydants

Les antioxydants sont classés en fonction des lignes de défense : les antioxydants préventifs comme première ligne de défense, les antioxydants piègeurs de radicaux libres comme deuxième ligne de défense, et enfin, les enzymes de réparation et de novo comme troisième ligne de défense, comme expliqué ci-dessous :

La première ligne de défense : empêche la formation des radicaux libres à l'origine du stress oxydatif. Elle repose principalement sur des **antioxydants enzymatiques** tels que la **superoxyde dismutase (SOD)**, la **catalase (CAT)**, la **glutathion peroxydase (GPx)**, et la **glutathion réductase**, ainsi que sur des **cofacteurs minéraux** comme le **sélénium (Se)**, le **manganèse (Mn)**, le **cuivre (Cu)** et le **fer (Fe)**. Ces enzymes transforment les radicaux libres et leurs produits oxydatifs en peroxyde d'hydrogène ($H_2 O_2$), puis en eau, contribuant ainsi à leur élimination (Nimse & Pal, 2015).

La deuxième ligne de défense : agit en **piégeant les radicaux libres**, en les rendant moins nocifs et en **inhibant la formation de composés oxydés**. Cette ligne inclut des **antioxydants non enzymatiques** comme les **vitamines C et E**, les **flavonoïdes**, l'**acide urique**, les **caroténoïdes**, les **polyphénols végétaux**, ainsi que le **glutathion**. Ces molécules interrompent les réactions en chaîne provoquées par les radicaux libres, limitant ainsi les dommages cellulaires (Haida & Hakiman, 2019 ; Nimse & Pal, 2015).

La troisième ligne de défense : a pour rôle de réparer l'ADN, les protéines, les peroxydes et les lipides oxydés endommagés, tout en inhibant la propagation des réactions en chaîne des radicaux peroxydes lipidiques (Haida & Hakiman, 2019).

3.1.2.2. Mécanismes d'action des antioxydants

Les antioxydants sont des molécules capables d'empêcher ou de ralentir l'oxydation d'autres molécules. Leur mécanisme d'action repose sur plusieurs niveaux d'intervention, selon leur nature chimique et leur localisation cellulaire (**Halliwell & Gutteridge, 2015**).

- **Les antioxydants connus sous le nom de radicaux piégeurs (scavengers) :**

Cette deuxième classe d'antioxydants agit une fois que les radicaux libres se sont déjà formés. Également connus sous le nom de "piégeurs de radicaux libres," ils les neutralisent en leur donnant un électron ou un proton, les transformant ainsi en molécules plus stables et non réactives. Cela permet d'arrêter les réactions en chaîne, telles que la peroxydation des lipides, qui endommagent les membranes cellulaires. Parmi les exemples les plus connus, on trouve la vitamine C hydrosoluble, qui circule dans le compartiment aqueux cellulaire, et la vitamine E liposoluble, qui protège les membranes cellulaires riches en lipides. De plus, les caroténoïdes, tels que le bêta-carotène, jouent un rôle crucial dans cette fonction de neutralisation (**lobo et al., 2010**).

- **Antioxydants préventifs Les soi-disant antioxydants "préventifs" :**

Jouent un rôle vital dans la réduction du stress oxydatif. Leur principal objectif est d'empêcher la formation de radicaux avant même qu'ils n'apparaissent. Cela est principalement accompli en neutralisant les précurseurs de ces radicaux ou en empêchant les réactions catalysées par des métaux de transition comme le fer ou le cuivre. Par exemple, l'enzyme catalase décompose le composé potentiellement dangereux peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en oxygène et en eau. De plus, la glutathion peroxydase limite l'initiation des chaînes de peroxydation lipidique en réduisant les hydro peroxydes lipidiques. Enfin, certaines protéines, telles que la ferritine ou la transferrine, fixent les métaux libres et les empêchent de participer à des réactions oxydatives nocives (**lobo et al., 2010**).

3.1.3. Méthodes d'évaluation de l'activité anti-oxydante

Environ 29 méthodes permettent d'évaluer l'activité antioxydante, selon les radicaux libres, les solvants et la faisabilité. Elles comprennent 19 méthodes *in vitro* et 10 *in vivo* (**Qazi & Molvi, 2018**). Les plus utilisées sont :

❖ **Méthodes *in vitro***

- Activité de piégeage du radical DPPH
- Méthode de capacité antioxydante équivalente au Trolox / Test de décoloration du radical cation ABTS

- Test FRAP (Pouvoir antioxydant de réduction du fer)
- Méthode ORAC (Capacité d'absorption des radicaux oxygénés)
- Méthode au phosphomolybdène
- Méthode CUPRAC (Capacité antioxydante par réduction des ions cuivriques)
- Méthode de chélation des métaux
- ❖ **Méthodes in vivo**
- Capacité de réduction du plasma ferrique
- Estimation du glutathion réduit (GSH)
- Activité de la glutathion-S-transférase (GST)
- Méthode de la superoxyde dismutase (SOD)
- Activité de la catalase (CAT)
- Dosage de la peroxydation lipidique (LPO)
- Dosage des lipoprotéines de basse densité (LDL)



CHAPITRE II

Matériel et Méthodes

II.1. Matériel

1.1. Réactifs chimiques et équipements

Tous les produits chimiques et les différents appareils utilisés dans cette étude sont de qualités analytiques et ils sont représentés dans les tableaux ci-dessous (**tableau 6 et 7**).

Tableau 6: Les réactifs chimiques et solvants.

Reactifs chimiques & solvants	Fabricant
Méthanol	FLUKA_HONYWELL
Éthanol Hexane Acétate d'éthyle n-Butanol	Produits chimiques VWR
Chloroforme Chlorure de fer (FeCl ₃)	SIGMA-ALDRICH
Acide ascorbique Acétate de potassium Trichlorure d'aluminium(AlCl ₃)	BIOCHEM- CHEMOPHARMA
2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)	SPECILAB
Eau distillée Quercétine	/

Tableau 7 : Équipements et fabricant

Les équipements	Fabricant
Balance analytique	OHAUS
Rotavapeur Vortex	DLAB
Soxhlet	/
Agitateur magnétique	NAHITA
Spectrophotométrie	SHIMADZU
Nettoyeur à ultrasons	BAKU
Pompe de filtration	KNF LAB
Étuve universelle de 5 à 220° Avec ventilation Étuve universelle de 5 à 220°	MEMMERT
Réfrigérateurs	LIBHERR

1.2. Matériel végétal

a. Origine géographique et période de récolte de la plante :

Notre étude a été réalisée sur les feuilles de *Searsia tripartita*, que nous avons récoltées en mois de février 2025. De la région de khirane à Chechar wilaya de Khenchela.

b. Préparation du matériel végétal :

Après la récolte, les feuilles ont été nettoyées, lavées avec de l'eau du robinet, afin de se débarrasser de toute poussière et matières étrangères comme le sable, le sol et d'autres impuretés, elles sont aussitôt séchées à température ambiante et à l'abri de la lumière et de l'humidité pendant deux semaines, broyées à l'aide d'un mixeur afin d'obtenir une poudre et pesées (m=400g).

II.2. Méthodes**2.1. Processus d'extraction****2.1.1. Préparation des extraits****a. Extraction par Macération****• Préparation d'extrait méthanolique**

L'extrait méthanolique est préparé à partir de la poudre végétale de *Searsia tripartita* séchée à l'air libre.

Une quantité de 150 g de la poudre végétale a été macérée dans 570 ml d'une solution hydroalcoolique (Rapport 7/3), dans un flacon hermétiquement fermé, puis laissé à température ambiante pendant 24 heures.

Après filtration à l'aide d'un papier wattman, le résidu obtenu est repris pour une deuxième et troisième extraction avec le même volume de mélange hydroalcoolique, d'une durée respective de 24 heures.

Le mélange obtenu est ensuite soumis à une filtration sur papier filtre, puis à une évaporation à sec afin d'obtenir un extrait dense. Cette évaporation est réalisée sous basse pression à 40° C à l'aide d'un évaporateur rotatif.

• Préparation d'extrait éthanolique

Une quantité de 100 g de la poudre végétale séchée à l'air libre est mélangée avec 285 ml d'une solution hydroalcoolique (éthanol :200 ml / eau distillée :85 ml) dans un flacon hermétiquement fermé, puis laissé à température ambiante pendant 24 heures.

L'extrait hydroalcoolique est récupéré dans un premier temps après filtration du mélange à travers papier wattman et le résidu obtenu est repris pour une deuxième extraction avec un même volume de mélange hydroalcoolique, d'une durée respective de 24 heures.

Le filtrat est concentré sous pression réduite dans un rotavapeur à 40°C permettant ainsi d'obtenir un résidu sec qui est considéré comme étant l'extrait éthanolique "brut".

b. Extraction par Soxhlet

L'épuisement de la matière végétale séchée à l'air libre a été réalisé à chaud par un montage de type Soxhlet, où 150g de la matière végétale sont placées dans une cartouche poreuse à l'intérieur du siphon, et cela successivement en utilisant des solvants de polarité croissante en commençant par l'Héxane, puis le Chloroforme, puis l'Acétate d'éthyle et en dernier le n-Butanol. Après extraction, l'extrait de chaque solvant a été concentré par évaporateur rotatif (30°C - 40°C et 50°C pour l'extrait n-butanolique), puis conservé dans un flacon stérile.

2.1.2. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement des extraits est le rapport entre le poids de l'extrait sec et le poids de la plante en poudre utilisée. Il est exprimé en pourcentage selon la formule suivant :

$$R (\%) = P_1 / P_0 * 100$$

Où :

R (%) : Rendement d'extraction

P₁ : Poids de l'extrait sec en gramme (g)

P₀: Poids de la poudre végétale en gramme (g)

2.2. Étude quantitative

2.2.1. Dosage des flavonoïdes totaux

a. Principe

La concentration totale en flavonoïdes a été déterminée par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium. La méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium (AlCl₃) repose sur l'idée que l'AlCl₃ crée des complexes acido-stables avec les groupes céto C-4 des flavones et des flavonols et les groupes hydroxyles C-3 ou C-5. De plus, il forme des complexes acido-labiles avec les groupes ortho-dihydroxyles des cycles A ou B des flavonoïdes (Makuasa & Ningsih, 2020).

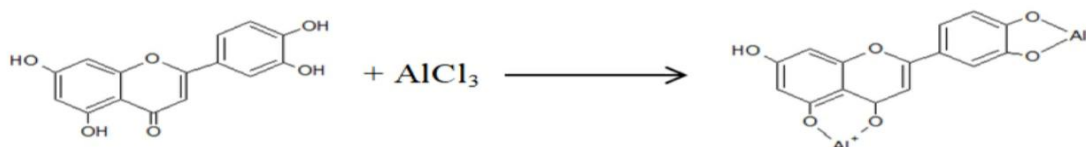


Figure 15 : Réaction de flavonoïde et chlorure d'aluminium (Makuasa & Ningsih, 2020)

b. Mode opératoire

❖ Préparation du mélange réactionnel :

Dans un tube à essai, ajouter 250 µL de l'extrait végétal.

Ajouter 750 µL d'éthanol pour faciliter la dissolution des flavonoïdes.

Ajouter 50 µL de solution d'AlCl₃ (10% dans le méthanol) pour permettre la formation du complexe coloré.

Ajouter 50 µL d'acétate de potassium (1M), qui stabilise le complexe formé.

Compléter avec 1,4 mL d'eau distillée pour ajuster le volume total de la réaction.

❖ Incubation :

Mélanger doucement la solution.

Laisser reposer 30 minutes à température ambiante, dans l'obscurité pour éviter la dégradation des flavonoïdes sensibles à la lumière.

❖ Mesure spectrophotométrique :

Après incubation, mesurer l'absorbance à 415 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Un témoin blanc (blanc) doit être préparé en remplaçant l'extrait végétal par de l'éthanol pur pour corriger l'absorbance de base.

c. Expression des résultats

Construire une courbe d'étalonnage en utilisant de la quercétine à différentes concentrations (6,25 – 100 µg/ml).

Utiliser l'équation de la droite de calibration ($y = ax + b$) pour convertir les valeurs d'absorbance des échantillons en µg équivalents de quercétine par gramme d'extrait sec (Nguyen et al., 2020).

2.3. Etude de l'activité anti-oxydante in vitro**2.3.1. Test de piégeage des radicaux DPPH****a. Principe**

Le test DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) est une méthode couramment utilisée pour évaluer le pouvoir antioxydant d'un échantillon. Le radical DPPH•, stable en solution, présente une couleur violette intense avec une absorption maximale autour de 517 nm. Lorsqu'un antioxydant est présent, il réduit le DPPH• en DPPH-H, entraînant une diminution de l'absorbance. Ce changement est mesuré par spectrophotométrie, permettant ainsi d'estimer l'activité antioxydante de l'échantillon (Habibatni.S, 2018).

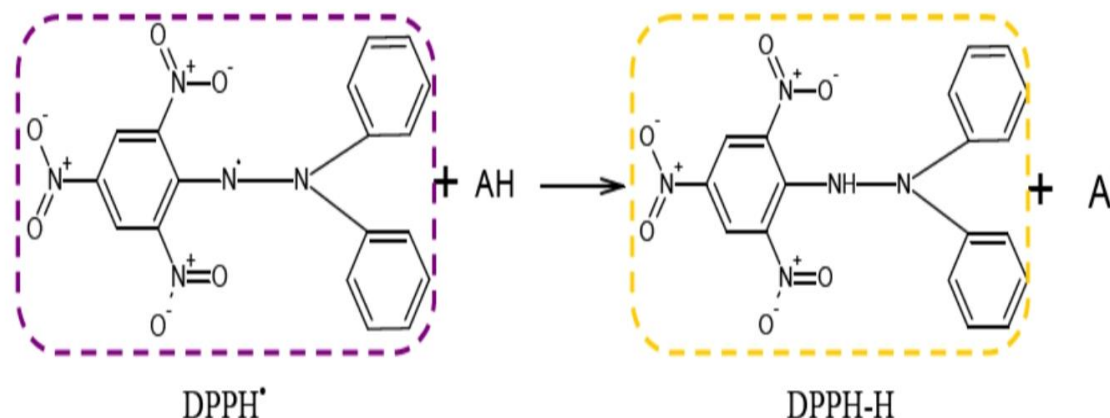


Figure 16 : Réduction du DPPH par un antioxydant (**Haddouchi et al., 2018**).

b. Mode opératoire

- ❖ La solution de DPPH est préparée en dissolvant 4 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol.
- ❖ À 167 μL de chaque solution méthanolique, des extraits à différentes concentrations (0.0625, 0.125, 0.25 ,0.5 ,0.75, 1, 1.5 mg/ml) sont ajoutés à 1mL de la solution de DPPH.
- ❖ Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons et les mêmes concentrations (0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5 mg/ml) sont ajoutés à 1mL de la solution de DPPH.
- ❖ Le contrôle négatif est préparé en mélangeant 167 μl de méthanol avec 1mL de la solution méthanolique de DPPH.
- ❖ Les absorbances ont été mesurées à 517 nm après 30 minutes d'incubation à l'obscurité.
- ❖ Le blanc pour réglage d'appareils est constitué par 1 ml de méthanol. (**Habibatni et al., 2025**)

c. Expression des résultats

Les résultats ont été exprimés en pourcentage de réduction de DPPH (PI%) :

$$\text{PI} (\%) = ((\text{Abs contrôle} - \text{Abs test}) / \text{Abs contrôle}) * 100$$

Abs c et Abs e sont les valeurs de l'absorbance du contrôle et de l'échantillon testé respectivement à 517 nm à partir d'équations de régression linéaire des graphes :

$$Y = ax + b$$

La concentration de l'extrait essentiel pour balayer 50 % des radicaux libres ou IC₅₀ a été calculée graphiquement par la régression linéaire des graphes tracés (pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations des différents extraits de *Searsia tripartita*). Selon l'équation suivante :

$$IC_{50} = (Y - b) / a$$

CHAPITRE III

Résultats et discussion

1. Rendement d'extraction

Dans la présente étude, six solvants ont été utilisés pour l'extraction des composés bioactifs à partir des feuilles de la plante *Searsia tripartita*. Les résultats de rendement sont présentés dans la **figure 17**.

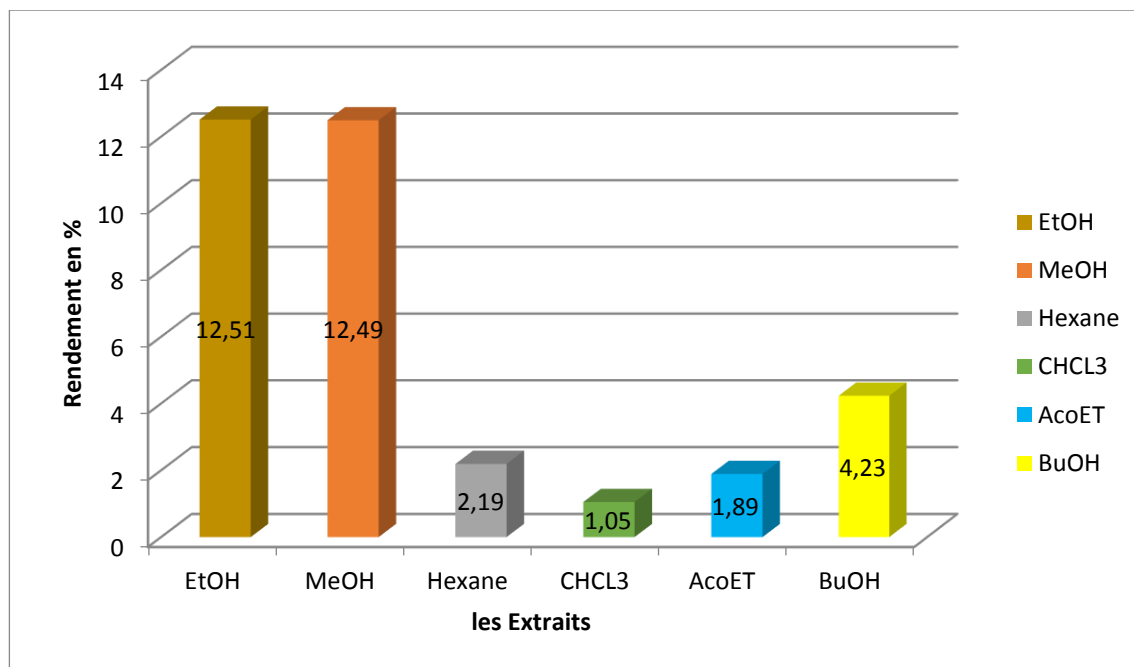


Figure 17 : Rendements des extraits de *Searsia tripartita*

Les résultats obtenus indiquent que la macération avec l'éthanol et le méthanol a permis d'obtenir les rendements les plus élevés (12,51 % et 12,49 % respectivement). Par contre, l'extraction par Soxhlet a donné des rendements plus faibles : butanol (4,23 %), hexane (2,19 %), acétate d'éthyle (1,89 %) et chloroforme (1,05 %).

Cette variation peut s'expliquer par la polarité des solvants et les méthodes d'extraction, qui influencent à la fois les rendements et le profil des composés extraits, selon leur nature chimique. La polarité, en particulier, joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la solubilité des substances phytochimiques (**Dai & Mumper, 2010**).

Les rendements d'extraction obtenus par macération à l'éthanol (12,51 %) et au méthanol (12,49 %) sont nettement inférieurs à ceux rapportés par **Hadjadj (2017)**, appliqués sur la même espèce en utilisant des solvants à 70 % (23,79 % et 36,20 % respectivement).

La différence de rendement pourrait s'expliquer par la teneur en eau des solvants, qui aurait facilité l'extraction des composés polaires (**Boeing et al., 2014**). De plus, des variations dans le rapport solvant/matière, la durée de macération, la température d'extraction ou encore la granulométrie du matériel végétal influencent directement l'efficacité de l'extraction (**Azwanida, 2015 ; Pandey & Tripathi, 2014**).

Par ailleurs, Des facteurs biologiques et environnementaux influencent la composition des extraits et les rendements, d'où l'importance de normaliser les protocoles d'extraction pour assurer la comparabilité des études.

2. Résultats de l'étude quantitative

2.1. Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur totale en flavonoïdes de l'extrait Chloroformique et Acétate d'éthyle des feuilles de *Searsia tripartita* a été réalisée par la méthode de chlorure d'aluminium (AlCl_3) et exprimée en milligrammes d'équivalents quercétine (EQ) par gramme d'extrait végétal avec la quercétine comme étalon (**Figure 18**). Selon la courbe d'étalonnage, la concentration de flavonoïdes dans ces extraits a été estimée par l'équation de la courbe $y=5,932x+0,101$, avec $R^2=0,993$.

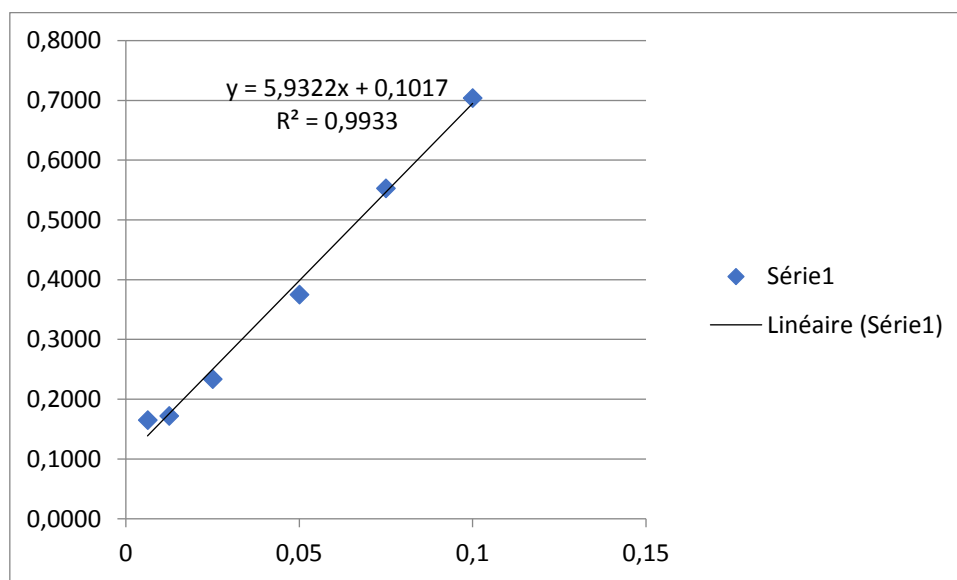


Figure 18 : courbe d'étalonnage de la quercétine.

La présente étude a montré que l'extrait Chloroformique de la plante étudiée présente la plus forte teneur en flavonoïdes totaux, atteignant 114,62 mg EQ/g d'extrait, suivi par l'extrait à l'acétate d'éthyle avec une teneur de 71,075 mg EQ/g. Ces valeurs indiquent une richesse notable en composés flavonoïdiques, particulièrement dans la fraction extraite au Chloroforme.

En comparaison avec les données de la littérature, **Hadjadj (2020)** a rapporté une teneur en flavonoïdes de seulement $44,2 \pm 0,8$ mg EQ/g pour l'extrait à l'acétate d'éthyle, ce qui est nettement inférieur à la valeur obtenue dans notre étude pour le même solvant (71,075 mg EQ/g). Cette différence pourrait être attribuée à plusieurs facteurs, notamment l'origine botanique et géographique de la plante, la période de récolte ou encore les conditions d'extraction.

D'un autre côté, une étude plus récente menée par **Abcha et al. (2019)** sur les fruits de *Rhus tripartita* a montré une teneur exceptionnellement élevée en flavonoïdes dans l'extrait à l'acétate d'éthyle, atteignant 147 ± 1 mg EQ/g. Cette valeur dépasse largement celle obtenue dans notre travail. Cela suggère que certaines parties de la plante, comme les fruits, peuvent contenir des concentrations plus importantes en métabolites secondaires que d'autres parties telles que les feuilles ou les racines.

La quantité de composés phénoliques dans un extrait végétal est influencée par la composition chimique des constituants, ainsi que par la méthode de mesure, le choix du standard et la présence de substances interférentes.

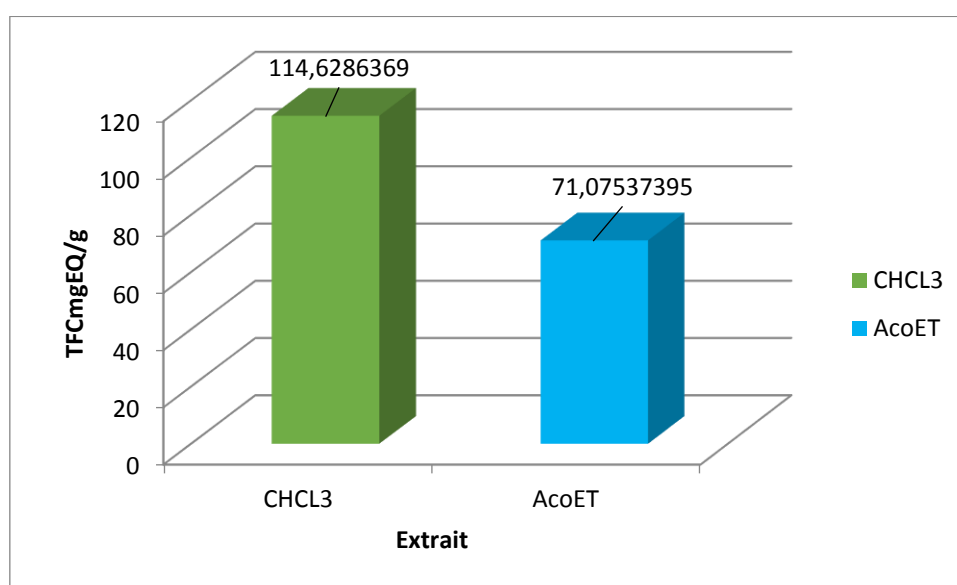


Figure 19 : Teneur en flavonoides dans différents extraits de *Searsia tripartita*.

3. Analyse de l'activité antioxydante

3.1. Test de piégeage des radicaux DPPH

La méthode DPPH, indépendante de la polarité du substrat, repose sur la réduction de solutions alcooliques de DPPH en présence d'hydrogène ou d'antioxydants donneurs d'électrons, ce qui entraîne la formation de DPPH-H, une forme non radicalaire.

À partir des valeurs d'absorbance obtenues lors du test DPPH, les pourcentages d'inhibition ont été calculés en utilisant la formule fournie précédemment. Le graphique ci-dessous montre le pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de l'acide ascorbique.

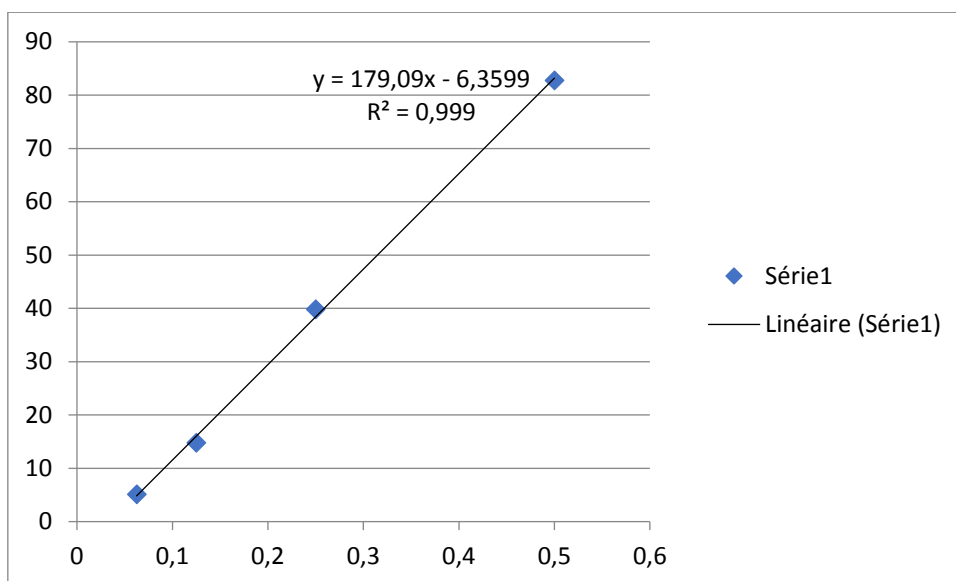


Figure 20 : pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations de l'acide ascorbique.

La capacité antioxydante des différents extraits a été déterminée par IC_{50} , la concentration requise pour réduire les radicaux libres DPPH de 50 %. Plus la valeur IC_{50} est faible, plus l'activité antioxydante du composé est élevée.

Nous avons évalué la concentration de chaque extrait nécessaire pour réduire de 50 % le DPPH, c'est-à-dire l' IC_{50} des radicaux libres. L' IC_{50} a été déterminée à partir de l'équation de régression linéaire. Cette analyse a été appliquée aux extraits Hexanique, chloroformique et Acétate d'éthyle. Les valeurs sont indiquées dans le graphique ci-dessous :

L' IC_{50} de l'acide ascorbique, utilisé comme témoin positif, était de 0,315 mg/ml.

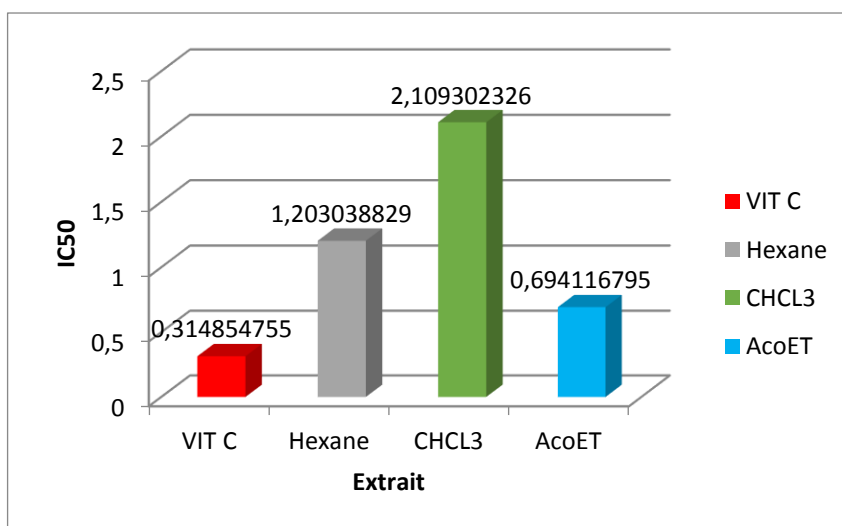


Figure 21 : Résultats du test de l'activité antioxydante exprimant la concentration efficace 50% en mg/ml.

Les données obtenues ont clairement montré que tous les extraits étudiés ont présenté une activité antioxydante inférieure à celle de l'acide ascorbique utilisé comme antioxydant de référence ($IC_{50} = 0,315$ mg/ml). L'extrait de l'acétate d'éthyle reste le plus actif (0,694 mg/ml), suivi par l'hexane (1,203 mg/ml), et enfin du chloroforme (2,109 mg/ml). Ce dernier, bien qu'il présente la teneur en flavonoïdes la plus élevée (114,62 mg EQ/g), a montré la plus faible activité. À l'inverse, l'extrait à l'acétate d'éthyle, avec une teneur moindre (71,075 mg EQ/g), a affiché une meilleure efficacité. Ce décalage indique que la nature chimique et la réactivité des composés antioxydants sont plus déterminantes que leur concentration globale. Le pouvoir antioxydant observé peut ainsi être en partie attribué aux flavonoïdes, reconnus pour leurs propriétés oxydoréductrices leur permettant de neutraliser les radicaux libres.

Une étude menée par **Tlili et al (2019)** sur la même espèce de *Rhus tripartita* a montré une bonne efficacité antioxydante, enregistrant une valeur d' IC_{50} de $(0.44 \pm 0.008$ mg/ml).

Cette valeur est nettement inférieure à celles trouvées dans notre étude, indiquant une efficacité plus faible.

Conclusion

et

Perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion et Perspectives

De nos jours, les plantes médicinales suscitent un intérêt croissant en raison de leurs nombreuses propriétés biologiques, ce qui leur confère une large utilisation dans des domaines variés tels que la médecine, la pharmacie, la cosmétologie et l'agriculture. Cet engouement s'explique, d'une part, par la richesse inépuisable des plantes médicinales en substances bioactives, et d'autre part, par les effets secondaires souvent associés aux médicaments de synthèse, poussant de plus en plus de personnes à se tourner vers des alternatives naturelles, jugées moins agressives pour l'organisme.

Le présent travail avait pour but le dosage de la teneur en flavonoïdes de la plante médicinale *Searsia tripartita* de la famille des Anacardiaceae originaire de la région de Khirane, wilaya de Khenchela et l'évaluation de leur activité antioxydante.

Les rendements d'extraction ont varié selon le solvant utilisé : par macération, l'éthanol et le méthanol ont donné les meilleurs rendements avec 12,51 % et 12,49 % respectivement. Par Soxhlet, les rendements étaient plus faibles : butanol (4,23 %), hexane (2,19 %), acétate d'éthyle (1,89 %) et chloroforme (1,05 %).

L'analyse quantitative des extraits de *Searsia tripartita* a été réalisée par dosage spectrophotométrique des flavonoïdes. Les résultats révèlent que l'extrait chloroformique présente la teneur la plus élevée (114,62 mg EQ/g), suivi par l'extrait à l'acétate d'éthyle (71,075 mg EQ/g).

L'étude du pouvoir antioxydant par le test de DPPH a révélé un fort pouvoir antioxydant dans l'extrait AcoEt tandis que l'extrait Hexanique et Chloroformique ont présenté l'activité la plus faible.

Par ailleurs, les résultats de cette étude restent préliminaires et ne constituent qu'une première étape dans la recherche de substances d'origine naturelle biologiquement active, donc, de nombreuses perspectives expérimentales découlent de cette recherche. En fait, des études plus approfondies sont nécessaires concernant plusieurs points à savoir :

- ✓ Étudier chaque extrait séparément puis isoler et identifier les différents composés qui sont responsables des différentes activités biologiques.
- ✓ L'utilisation de diverses techniques chromatographiques notamment la chromatographie liquide à Haute performance (HPLC), chromatographie en phase gaz (CPG) et des méthodes spectrales pour l'élucidation structurale des métabolites qui sont responsables de ces activités biologiques.

Conclusion et perspectives

- ✓ Il serait intéressant d'effectuer une étude in vivo et tester les extraits sur des animaux de laboratoire comme le rat, la souris ou le lapin pour voir l'efficacité de chaque extrait.
- ✓ Recherche d'autres activités biologiques, telles que l'activité antidiabétique, anticoagulante, cytotoxique et antinflammatoire.



Reference

Bibliographiques

- **Azwanida, N. (2015).** A review on the extraction methods use in medicinal plants, *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(1), 1–6.
- **Attia, R. (2020).** Contribution à l'étude de la flore Tunisienne et recherche d'inhibiteurs d'origine naturelle de l'oarginase (Thèse de doctorat). Université Bourgogne Franche-Comté, UFR Sciences de la Santé. 392 pages.
- **Alam, P., Parvez, M. K., Arbab, A. H., Siddiqui, N. A., Al-Dosari, M. S., Al-Rehaily, A. J., Ahmed, S., Kalam, M. A., & Ahmad, M. S. (2017).** Inter-species comparative antioxidant assay and HPTLC analysis of sakuranetin in the chloroform and ethanol extracts of aerial parts of *Rhus retinorrhoea* and *Rhus tripartita*. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1450–1457.
- **Abbassi, F., & Hani, K. (2012).** In vitro antibacterial and antifungal activities of *Rhus tripartitum* used as antidiarrheal in Tunisian folk medicine. *Natural Product Research*, 26(23), 2215–2218.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2011.639072>
- **Alimi, H., Mbarki, S., Barka, Z. B., Feriani, A., Bouoni, Z., Hfaeidh, N., Sakly, M., Tebourbi, O., & Ben Rhouma, K. (2013).** Phytochemical, antioxidant and protective effect of *Rhus tripartitum* root bark extract against ethanol-induced ulcer in rats. *General Physiology and Biophysics*, 32(1), 115–127.
- **Aribi-Zouiouche, L., Couic-Marinier, F. (2021).** Huiles essentielles et chiralité moléculaire. *Comptes Rendus. Chimie*, 24(3), 397-414.
- **Abcha, I., Criado, P., Salmieri, S., Najjaa, H., Isoda, H., Neffati, M., & Lacroix, M. (2019).** Edible *Rhus tripartita* fruit as source of healthpromoting compounds: characterization of bioactive components and antioxidant properties. *European Food Research and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03374-1>.
- **Ammari, M., Djeddi, S., & Bouchentouf, S. (2020).** Ecological and biochemical characteristics of *Rhus tripartita* in the Algerian desert. *Advances in Horticultural Science*, 34(4), 290-302.
- **Ben Barka, A. (2021).** Antioxidant properties of hydromethanolic extract of *Rhus tripartita* leaves. *Phytochemical and Pharmacological Journal*, 15(4), 290-302.
- **Ben Khnigue, R. (2020).** Essential oil of *Rhus tripartita*: Chemical composition and antioxidant activity. *Journal of Essential Oils Research*, 32(5), 424-431.

- **Baba Aïssa, F. (1999).** Encyclopédie des plantes utiles (Flore d'Algérie et du Maghreb): Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident (p. 178). Éditions EDAS.
- **Ben Mahmoud, S., Saad, H., Charrier, B., Pizzi, A., Rode, K., Ayed, N., & Charrier-El Bouhtoury, F. (2015).** Characterization of sumac (*Rhus tripartita*) root barks tannin for a potential use in wood adhesives formulation. *Wood Science and Technology*, 49(1), 205–221.
- **Barka, Z. B., Aouadhi, C., & Tlili, M. (2016).** Evaluation of the antidiarrheal activity of the hydromethanolic root extract of *Rhus tripartita* (*Ucria*) [Anacardiaceae]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 83, 827–834.
- **Bounab, A., & Brik, I. (2017).** Étude morphologique et anatomique de la plante *Rhus tripartita* L. de la région de M'sila. Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf, M'sila, Algérie. p57.
- **Benaïssa, A., & Djebbar, R. (2018).** *Rhus tripartita* (*Ucria*) Grande: A shrub rock of the Ahaggar (Algeria): A review. *Biocénoses*, 9(1), 9–18.
- **Benlembarek, Kh. (2024).** Valorisation du *Rhus tripartita* en Algérie: Caractérisation phytochimique et activités biologiques [Thèse de doctorat]. Université Ferhat Abbas Sétif 1.
- **Benaïssa, A. (2020).** Aspects physiologiques et rhizosphériques de *Rhus tripartita* (*Ucria*) Grande en relation avec; aridité [Thèse de doctorat en sciences biologiques]. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.
- **Benmansour, N. (2020).** Étude physico-chimiques et applications de quelques extraits de plantes [Thèse de doctorat]. Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen.
- **Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.). Lavoisier Tec & Doc. p1268 .
- **Bruneton, J. (1993).** Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales (2e éd.). Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp. 268–277.
- **Boeing, J. S., Barizão, É. O., e Silva, B. C., Montanher, P. F., de Cinque Almeida, V., & Visentainer, J. V. (2014).** Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: Application of principal component analysis. *Chemistry Central Journal* ,8(1),48.
- **Boutaghane, N., Kabouche, Z., Voutquenne, L. (2013).** Etude phytochimique et pharmacologique de plantes médicinales Algériennes *Genista ulicina* Spach (Fabaceae) et *Chrysanthemum macrocarpum* (Sch. Bip.) Coss. Kralik ex Batt (Asteraceae).

- **Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 3ème Ed. médicales internationales and Tec & Doc Lavoisier, Paris, p: 1120 .
- **Bouhadjera, K. (2005).** Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana R.Br.* et *Aristida pungens L.* (Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen).
- **Benallel, A., & Abbas Turki, L. (2019).** Étude phytochimique et thérapeutique d'une plante médicinale *Carthamus caeruleus L.* [Mémoire de Master, Université Yahia Farès de Médéa].
- **Cely-Veloza, W., Kato, M. J., Coy-Barrera, E. (2023).** Quinolizidine-type alkaloids: chemodiversity, occurrence, and bioactivity. *ACS omega*, 8(31), 27862-27893.
- **Chu W.L., Lim Y.W., Radhakrishnan A.K. and Lim P.E. (2010).** Protective effect of aqueous extract from *Spirulina platensis* against cell death induced by free radicals. *BMC Complement Altern Med.* 10 (53). 2-8.
- **Chabrier, J.-Y. (2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Sciences pharmaceutiques.
- **Chen, X., Chen, H., Xu, M., & Shen, J. (2013).** Targeting reactive nitrogen species: A promising therapeutic strategy for cerebral ischemia-reperfusion injury. *Acta Pharmacologica Sinica*, 34(1), 67–77.
- **Cushnie, T. P. T., & Lamb, A. J. (2005).** Activité antimicrobienne des flavonoïdes. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26(5), 343-351.
- **Chhour, M. (2020).** Étude de la métabolisation intracellulaire de quinones, du stress oxydant généré et des processus de détoxification associés [Thèse de doctorat]. Université Toulouse 3 Paul Sabatier.
- **Călinoiu, L. F., & Vodnar, D. C. (2018).** Whole grains and phenolic acids: A review on bioactivity, functionality, health benefits and bioavailability. *Nutrients*, 10(11), 1615. <https://doi.org/10.3390/nu10111615>
- **Dai, J., Mumper, R. J. (2010).** Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352. Dajoz, R. (2003). Précis d'écologie. Dunod.
- **Desmier, T. (2016).** Les antioxydants de nos jours: Définition et applications [Thèse de doctorat, Université de Limoges, Faculté de Pharmacie].
- **Djemoui, D (2012).** Contribution à l'étude de l'activitéantioxydante et antibactérienne de quelques coumarines synthétisées. Mémoire Master Academique, Spécialité :Chimie Appliquée, p : 53.

- **Ghedira, K. (2005).** Flavonoids: structure, biological activities, prophylactic function and therapeutic uses. *Phytothérapie*, 3(4), 162–169.
- **Ghestem, A., Seguin, E., Paris, M., Orecchioni, AM. (2001).** Le préparateur en pharmacie. 2^e éme Ed Techniques et documentation . Paris. p 275.
- **Gulcin, I. (2025).** Antioxidants: A comprehensive review. *Archives of Toxicology*, 99(1893–1997)
- **Habibatni, S., Miceli, N., Ginestra, G., Maameri, Z., Bisignano, C., Cacciola, F., Utczás, M., Mondello, L., Anwar, S., Benayache, S., Atrouz, D., Benayache, F., & Taviano, M. F. (2016).** Antioxidant and antibacterial activity of extract and phases from stems of *Spartium junceum L.* growing in Algeria. *International Journal of Phytomedicine*, 8(1), 37–46.
- **Habibatni, S., Maiuolo, J., Davì, F., Samir, Z., Lyas, B., Cacciola, F., ... Miceli, N. (2025).** Characterization of the phenolic profile, antioxidant and neuroprotective activity of leaf hydroalcoholic extracts of *Euphorbia bupleuroides subsp. luteola (Kralik) maire* growing wild in Algeria. *International Journal of Environmental Health Research*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/09603123.2025.2461098>
- **Habibatni, S., Abdessalam, F. Z., Hani, K., Anwar, S., Mansi, I., & Awadh Ali, N. A. (2017).** In-vitro antioxidant, Xanthine oxidase-inhibitory and in-vivo anti-inflammatory, analgesic, antipyretic activity of *Onopordum acanthium*. *International Journal of Phytomedicine*, 9, 92–100.
- **Habibatni, S. (2018).** Etude phytochimique et pharmacologique de deux plantes appartenant à la famille des Astéraceae et Fabaceae, thèse de doctorat, université des Frères Mentouri – Constantine 1. p60.
- **Hadjadj, S. (2017).** Analyses phytochimiques et activités biologiques des extraits de deux plantes médicinales du Sahara septentrional Est Algérien [Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah – Ouargla].
- **Haleng J ., Pincemail J ., Defraigne J ., Charlier C ., Chapelle J., 2007.** Le stress oxydant, *Med Liege* ; 62 :p. 628-638.
- **Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015).** Free radicals in biology and medicine (5th ed.). Oxford University Press.
- **HADJADJ, K., Benaissa, M., Mahammedi, M., Ouragh, A., & Rahmoune, A. (2019).** Importance des plantes médicinales pour la population rurale du parc national de Djebel Aissa (Sud Ouest Algérien). *Lejeunia, Revue de Botanique*, (199), 1–14.

- **Hadjadj, S., Esnault, M.-A., Berardocco, S., Guyot, S., Bouchereau, A., Ghouini, F., Lamini, R., & Ould El Hadj-Khelli, A. (2020).** Polyphenol composition and antioxidant activity of *Searsia tripartita* and *Limoniastrum guyonianum* growing in Southeastern Algeria. *Scientific African*, 10, e00585.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00585>
- **Haddouchi, F., Chaouche, T. M., & Halla, N. (2018).** Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie [Phytochemical screening, antioxidant activities and hemolytic power of four Saharan plants from Algeria]. *Phytothérapie*, 16(S1), S254-S262.
- **Hagerman, A. E. (1998).** Chemistry of tannin–protein complexation. In R. W. Hemingway & J. J. Karchesy (Eds.), *Chemistry and significance of condensed tannins* (pp. 323–333). Plenum Press.
- **Haida, Z., & Hakiman, M. (2019).** A comprehensive review on the determination of enzymatic assay and nonenzymatic antioxidant activities. *Food Science & Nutrition*, 7(5), 1555–1563.
- **Itidel, C., Chokri, M., Mohamed, B., & Yosr, Z. (2013).** Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content variation among Tunisian natural populations of *Rhus tripartita* (*Ucria*) *Grande* and *Rhus pentaphylla* *Desf.* *Industrial Crops and Products*, 51, 171–177.
- **Idm'hand, E., Msanda, F., & Cherifi, K. (2019).** *Searsia tripartita* (*Ucria*) *Moffett*: Phytochimie, pharmacologie et usages traditionnels. *Phytothérapie*, 1–5.
<https://doi.org/10.3166/phyto-2019-0167>
- **Ibingou Dibala, C. (2017).** Composés phénoliques et propriétés biologiques de deux plantes de la pharmacopée traditionnelle utilisées contre les toxi-infections alimentaires au Burkina Faso [Thèse de doctorat]. Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO.
- **Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., & Stevens, P. F. (2002).** *Botanique systématique : Une perspective phylogénétique* (1^{re} éd.). De Boeck Université.
- **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. (2015).** Antioxidant activity of hydro-methanolic extracts from *Rhus tripartita*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 323-329.
- **Khenaka, S. S. (2011).** Effect of integral yoga on psychological and health variables and their correlations. *International Journal of Yoga*, 4(2), 93.
- **Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010).** Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118-126.

- **Mahato, N., & Banerjee, N. (2017).** Phytochemical analysis and DPPH antioxidant activity of two traditionally used plants occurring at Purulia district of West Bengal, India. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(12), 5315–5319.
- **Mokhtari, N., & Djamaa, H. (2019).** Étude phytochimique et évaluation de la toxicité et de l'activité anti-inflammatoire de l'espèce *Santolina rosmarinifolia L.* (Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine 1).
- **Mekhelfi, T. (2016).** Séparation et détermination structurale de métabolites secondaires de deux plantes algériennes – Activités biologiques [Thèse de doctorat]. Université des Frères Mentouri, Constantine.
- **Merghem, R. (2009).** Éléments de biochimie végétale. Éditions Bahaeddine, Constantine, Algérie. p171.
- **Mabberley, D. J. (1987).** The plant book: A portable dictionary of the higher plants. Cambridge University Press, New York.
- **Miled, H. B., Barka, Z. B., Hallègue, D., Allouche, N., Ayadi, H., Elfeki, A., & Rebai, T. (2017).** Hepatoprotective activity of *Rhus oxyacantha* root cortex extract against DDT-induced liver injury in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 90, 203–215.
- **Mohammed, A. E. S. I. (2015).** Phytoconstituents and the study of antioxidant, antimalarial and antimicrobial activities of *Rhus tripartita* growing in Egypt. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4(2), 276–281.
- **Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux: Un exemple de métabolites secondaires ;importance économique. PPUR Presses Polytechniques.
- **Malecky, M. (2005).** Métabolisme des terpénoïdes chez les caprins (Thèse de doctorat, AgroParisTech – Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement), pp. 9, 13–19, 20, 27.
- **Mauro, N. M. (2006).** Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la (±)-camptothécine (Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier - Grenoble). pp. 13, 16–28.
- **Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (dpph) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J Sci Technol.* 26(2) ,p 211-219.
- **Makuasa, D. a. A., Ningsih, P. (2020).** The Analysis of Total Flavonoid Levels in Young Leaves and Old Soursop Leaves (*Annona muricata L.*) Using UV-Vis Spectrophotometry Methods. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 2(1), 11–17.

- **Nguyen, V. T., Le, V. M., Vo, T. S., Bui, L. M., Anh, H. L. T., Danh, V. T. (2020).** Preliminary phytochemical screening and determination of total polyphenols and flavonoids content in the leaves of *Houttuynia cordata Thunb.* In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 736, No. 6, p. 062013). IOP Publishing
- **Nimse, S. B., & Pal, D. (2015).** Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. RSC Advances, 5(35), 27986–28006
- **Noichri Y., 2016.** Stress oxydant et Infarctus du Myocarde. Thèse de doctorat : Sciences de la vie et de la santé. L'université DE MONASTIR ET DE L'université PARIS-SACLAY, 129p.
- **Neves, A. M., Fontenelle, R. O. dos S., Lopes, F. S., Mendes, J. de F. S., Rodrigues, M., & Marinho, M. M. (2021).** Phenolic profile, antioxidant and antifungal activity of extracts from four medicinal plants of the Anacardiaceae family. Research, Society and Development, 10(8), e44510817421.
- **Olchowik, E., Scieplik, A., Mavlyanov, S., Abdullajanova, N., & Zamaraeva, M. (2012).** Antioxidant capacities of polyphenols from Sumac (*Rhus typhina L.*) leaves in protection of erythrocytes against oxidative damage. Biomedicine & Preventive Nutrition, 2(2), 99–105.
- **Olchowik-Grabarek, E., Swiecicka, I., & Andreeva-Kovaleskaya, Z. (2014).** Rôle des changements structuraux induits dans les membranes biologiques par les tanins hydrolysables des feuilles de sumac (*Rhus typhina L.*) dans leurs effets anti-hémolytiques et antibactériens. The Journal of Membrane Biology, 247(6), 533-540.
- **Pell, S. K. (2004).** Molecular systematics of the cashew family (Anacardiaceae) (Doctoral dissertation). Louisiana State University, Baton Rouge.
- **Pottier, A. G. (1981).** Flora of Tunisia: Angiospermes–Dicotyledones, Apétales–Dialypétales. Programme flore et végétation tunisiennes. Tunis: Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et Ministère de l'Agriculture.
- **Prabhu, S., Molath, A., Choksi, H., Kumar, S., & Mehra, R. (2021).** Classifications of polyphenols and their potential application in human health and diseases. International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education, 6(1), 293–301.
- **Pandey, A., & Tripathi, S. (2014).** Concept of standardization, extraction and pre phytochemical screening strategies for herbal drug. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2(5), 115–119.

- **Phytochemical Analysis. (2017).** *Rhus tripartita* Antioxidant activity of extracts using DPPH and β -carotene assays. *Phytochemical Analysis*, 28(2), 112-119.
- **Plant Biodiversity of South-Western Morocco, 2025**
- **Qureshi, N., & Porter, J. W. (1981).** Conversion of acetyl-coenzyme A to isopentenyl pyrophosphate. *Biosynthesis of isoprenoid compounds*, 1, 47–94.
- **Quézel, P., & Santa, S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Tome 2). Paris: Centre National de la Recherche Scientifique. 643 pages.
- **Qazi, M. A., & Molvi, K. I. (2018).** Free radicals and their management. *American Journal of Pharmacy and Health Research*, 6(4), 1–10.
- **Shahat, A. A., Alsaid, M. S., Rafatullah, S., Al-Sohaibani, M. O., Parvez, M. K., Al-Dosari, M. S., Exarchou, V., & Pieters, L. (2016).** Treatment with *Rhus tripartita* extract curtails isoproterenol-elicited cardiotoxicity and oxidative stress in rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16, 351.
- **Souza, V. C., & Lorenzi, H. (2005).** Botânica sistemática: Ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, Nova Odessa. 640 pages.
- **Tebourbi, O., Trabelsi, C., Ben Nasr, C., & Sakly, M. (2006).** Antioxidant activity of extract of *Rhus oxyacantha* root cortex. *Indian Journal of Experimental Biology*, 44(3), 246–249.
- **Talili, A. (2019).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Rhus tripartita*. *Journal of Natural Products*, 9(3), 112-119.
- **Tlili, H., Macovei, A., Doria, E., & others. (2021).** The polyphenol/saponin-rich *Rhus tripartita* extract has an apoptotic effect on THP-1 cells through the PI3K/AKT/mTOR signaling pathway. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21, Article 153.
- **Tlili, H., Hanen, N., Ben Arfa, A., Neffati, M., Boubakri, A., Buonocore, D., Dossena, M., Verri, M., & Doria, E. (2019).** Biochemical profile and in vitro biological activities of extracts from seven folk medicinal plants growing wild in southern Tunisia. *PLOS ONE*, 14(9), e0213049
- **Tlili, N., Mejri, H., Yahia, Y., Saadaoui, E., Rejeb, S., Khaldi, A., & Nasri, N. (2014).** Phytochemicals and antioxidant activities of *Rhus tripartitum* (*Ucria*) fruits depending on locality and different stages of maturity. *Food Chemistry*, 160, 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.030>

- **Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., & Telser, J. (2007).** Radicaux libres et antioxydants dans les fonctions physiologiques normales et les maladies humaines. *Journal international de biochimie et de biologie cellulaire*, 39(1), 44–84
- **Wannan, B. S., & Quinn, C. J. (1991).** Pericarp structure and generic affinities in the Anacardiaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 103(3), 225–252.
- **Zibouche, S. (2014).** Les composés phénoliques : Origine, toxicité et voies d'élimination [Mémoire de Master]. École Nationale Polytechnique.