

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VI

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : BIOCHIMIE APPLIQUEE

**Mémoire présenté pour l'obtention**

**Du diplôme de Master Académique**

Par : BOUAFIA wissame

MAKHLOUF maymouna

BEN HAWA asma

**Intitulé**

**Etude bibliographiques des activités  
biologiques de l'Atriplex halimus**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. GUESMIA .K

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Président

Dr. BOUAZIZ .S

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Dr. LAIB .S.

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examineur

Année universitaire : 2024. /2025.

## **Didicace**

## **Remmerciement**

*Au termmiséricordieux qui noue de ce travail, Nous remercions Dieu le tout puissant et s a donné le courage et la patience pour accomplir ce modeste travail. Nous tenons particulièrement à remercier notre encadreur Dr. Bouaziz samia Maitre de conférences, pour avoir accepté d'encadrer ce mémoire, nous la remercions pour sa disponibilité, ses pertinents conseils et pour les efforts qu'elle a consenti durant la réalisation de ce mémoire. Ce travail témoigne de sa confiance et de son soutien dans les moments les plus difficiles. Enfin merci A ceux et celles qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans notre travail, nous les remercions du fond du cœur. Merci à vous tous.*

## Sommaire

<b>Résumé .....</b>	<b>II</b>
<b>Liste d'abréviation.....</b>	<b>III</b>
<b>Liste de figures .....</b>	<b>V</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>VII</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>chapitreI Étude botanique et biologique d'<i>Atriplex halimus</i> .....</b>	<b>3</b>
I-1 Introduction à <i>Atriplex halimus</i> .....	3
I-2 Définition de « <i>Atriplex halimus</i> »: .....	3
I-3 Classification taxonomique .....	4
I-4 Morphologie de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	4
I-4-1 Tige .....	5
I-4-2 Feuilles .....	5
I-4-3 Fleurs.....	6
I-4-4 Fruit.....	6
I-4-4 Système racinaire .....	7
I-4-5 Les grains .....	8
I-5 Distribution géographique.....	9
I-6 Les composés phytochimiques.....	11
I-6-1 Les métabolites primaires .....	11
I-6-2 Les métabolites secondaires.....	13
I-7 Adaptations écologiques.....	20
I-7 Utilisation traditionnelle d' <i>Atriplex halimus</i> .....	20
I-7-1 Mode de préparation: .....	20
I-7-2 Les différentes techniques de préparations sont: .....	21
I-7-2-6 L'inhalation: .....	22

I-7-3 Partie floristique utilisée: .....	23
I-7-4 Etude ethnobotanique d' <i>Atriplex halimus</i> : .....	24
<b>chapitreII Les activités biologiques et pharmacologiques de l'<i>Atriplex halimus</i>.....</b>	<b>31</b>
II-1 L'activité antioxydante.....	31
II-2 Activité antimicrobienne .....	34
II-2-1 Les mécanismes d'action.....	35
II-3 Activité antiparasitaire.....	37
II-3-1 Activité protoscolicidale.....	37
II-3-2 Activité antileishmaniose.....	38
II-4 Activité anti-inflammatoire.....	39
II-5 Activité antidiabétique .....	40
II-6 Activité hépatoprotectrice .....	42
II-7 Activité néphroprotecteur .....	45
II-8 Activité anti tumorale.....	47
II-9 Cytotoxicité d' <i>A. halimus</i> .....	49
II-10 Activity cicatrisante .....	50
II-11 Activité anticholinestérase.....	51
II-12 Activité immunomodulatrice .....	51
II-13 Lien entre les activités biologiques et les composés phénoliques. ....	52
<b>Conclusion.....</b>	<b>54</b>
<b>Reference bibliographique .....</b>	<b>55</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>30</b>

## ملخص

تتناول هذه الدراسة النبات الملحي \**Atriplex halimus*\* (القطف)، وهو شجيرة تنتمي إلى عائلة Amaranthaceae، تتميز بقدرتها على التكيف مع الظروف البيئية القاسية مثل الملوحة والجفاف. تسلط الدراسة الضوء على الخصائص النباتية والبيولوجية للنبات، بما في ذلك التصنيف، الشكل الخارجي (الجدع، الأوراق، الزهور، الجذور، والبذور)، والتوزيع الجغرافي في مناطق البحر الأبيض المتوسط وشمال إفريقيا. تم استعراض الاستخدامات التقليدية للنبات في الجزائر، حيث يُستخدم لعلاج أمراض مثل السكري، السرطان، الالتهابات، ومشاكل الجلد. تؤكد هذه الدراسة على الإمكانيات العلاجية لـ \**Atriplex halimus*\* كما تم تحليل التركيب الكيميائي النباتي، حيث تم تحديد مركبات مثل الأحماض الفينولية، الفلافونويدات، القلويدات، الأحماض الدهنية، الكربوهيدرات، والفيتامينات باستخدام تقنيات مثل LC-MS/MS وHPLC. أظهرت الدراسة الأنشطة الدوائية المتنوعة للنبات، بما في ذلك الخصائص المضادة للأكسدة، المضادة للميكروبات، المضادة للأورام، التئام الجروح، ومضادة للكولين استيراز، بالإضافة إلى التأثيرات المناعية والمضادة للشيخوخة. مما يمهد الطريق لأبحاث مستقبلية لاستغلال هذه الخصائص في الطب الحديث.

## Abstract

This study focuses on *Atriplex halimus* (saltbush), a halophytic shrub from the Amaranthaceae family, renowned for its adaptability to harsh environmental conditions such as salinity and drought. It examines the plant's botanical and biological characteristics, including taxonomic classification, morphology (stem, leaves, flowers, roots, seeds), and geographical distribution across the Mediterranean and North Africa. Traditional uses in Algeria were reviewed, highlighting its application in treating diabetes, cancer, inflammations, and skin disorders. Phytochemical analysis identified compounds like phenolic acids, flavonoids, alkaloids, fatty acids, carbohydrates, and vitamins using techniques such as LC-MS/MS and HPLC. The plant exhibited diverse pharmacological activities, including antioxidant, antimicrobial, antitumor, wound-healing, anticholinesterase, immunomodulatory, and antileishmanial properties. This study underscores the therapeutic potential of *Atriplex halimus*, paving the way for future research to harness its properties in modern medicine.

## Résumé

Cette étude porte sur *Atriplex halimus*, un arbuste halophyte de la famille des Amaranthaceae, connu pour sa résilience dans des conditions environnementales extrêmes telles

que la salinité et la sécheresse. Elle explore les aspects botaniques et biologiques, incluant la classification taxonomique, la morphologie (tige, feuilles, fleurs, racines, graines) et la distribution géographique dans le bassin méditerranéen et en Afrique du Nord. Les usages traditionnels en Algérie ont été documentés, où la plante est utilisée pour traiter le diabète, le cancer, les inflammations et les affections cutanées. L'analyse phytochimique a révélé la présence de composés tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les acides gras, les glucides et les vitamines, identifiés par des techniques comme LC-MS/MS et HPLC. Les activités pharmacologiques variées de la plante ont été mises en évidence, notamment ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, antitumorales, cicatrisantes, anticholinestérasiques, immunomodulatrices et antileishmaniennes. Cette étude souligne le potentiel thérapeutique d'\**Atriplex halimus*\*', ouvrant la voie à des recherches futures pour exploiter ses propriétés dans la médecine moderne.

## Liste d'abréviations

- *A. baumannii*: *Acinetobacter baumannii*.
- **AAE** : Extrait aqueux de l'*Atriplex halimus*.
- **AchE** : acétyl cholinestérase.
- **Alb** : Albimine.
- **ALP** : Phosphatase alcaline.
- **ALT** : Alanine transminase.
- **AO** : agents oxydants.
- **AOPP** : produit protéique d'oxydation avancée.
- **AST** : Aspartate transminase.
- **BZ** : Benzene.
- **Cat** : Catalase.
- **CCL4** : Tétrachlorure de carbon.
- **CCl4**: le tétrachlorure de carbone.
- **cdc 2** : Cycle de division cellulaire 2.
- **COX1** : Cyclooxygenase-1.
- **COX2** : Cyclooxygenase-2.
- **DB** : Bliribine directe.
- **DPPH** : 2,2-diphenyl -1-picrylhydrazyl.
- *E. cloacae* : *Enterobactercloacae*.
- *E. coli*: *Escherichia coli*.
- *E. faecalis* : *Enterococcus faecalis*.
- *EC* : *Echinococcus granulosus*.
- **ERO** : espèces réactives de l'oxygène.
- **EST** : la tumeur solide d'Ehrlich.
- **expression de p53** : expression du gèneTP53, produisant la protéine p53.
- **FRAP** : Récupération de fluorescence après photoblanchiment.
- **FRAP** : Récupération de la fluorescence après photoblanchiment.
- **GGT** : gamma glutamyltranférase.
- **GPX** : Glutathion peroxydase.
- **GSH** : Glutathion réduit.
- *H. pylori* : *Helicobacter pylori*.
- **H2O2** : peroxyde d'hydrogene.

- **HepG2** : Lignée cellulaire de carcinome hépatocellulaire humain(G2).
- ***K. pneumoniae*** : *Klebsiellapneumonia*.
- ***L. iaivanoviiLi4*** :*ListeriaivanoviiLi4*.
- ***L. monocytogenes*** : *Listeriamonocytogenes*.
- **LDH** : Lactate déshydrogénase.
- **LDL** : Lipoprotéine de basse densité.
- **MCF-7** : Lignée cellulaire de cancer de sein.
- **MDA** : malondialdéhyde.
- **NO** : monoxyde d'azote.
- **ORAC** : Capacité d'absorption des radicaux d'oxygene.
- ***P. aeruginosa*** : *Pseudomonas aeruginosa*.
- ***P. aeruginosa*** : *Pseudomonasaeruginosa*.
- **PCR** : Réaction en chaîne de la polymérase.
- **PGE2** : Prostaglandine E2.
- **PRA** : le piege des radicaux hydroxyles.
- **qRT-PCR** : Transcription Reverse Quantitative Réaction en chaîne de la polymérase.
- **RI** : Risistance a l'insuline.
- ***S. aureus***: *Staphylococcus aureus*.
- ***S. pyogenes*** : *Streptococcus pyogenes*.
- ***S. typhimurium*** : *Salmonella typhimirium*.
- **SM** : Syndrome métabolique.
- **SOD** : Superoxydedismitase.
- **STZ** : Streptozotocine.
- **T1DM** : Diabète sucré deb type 1.
- **T2D** : Diabète type 2.
- **TB** : Bliribine total.
- **TBARS** : Substance réactive à l'acide Thiobarbiturique.
- **TEAC** : capacité antioxydante équivalent Trolox.
- **TNF** : facteur de necrose tumorale.
- **TRAP** : paramètre total de piégeage des radicaux par les antioxydants.

## Liste de figures

Figure 0-1 <i>Atriplex halimus</i> .....	2
--	---

Figure I-1 Aspect de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	4
Figure I-2 tige de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	5
Figure I-3 les feuilles de <i>Atriplex halimus</i> .....	6
Figure I-4 les fruits de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	7
Figure I-5 les racines de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	8
Figure I-6 les graines de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	9
Figure I-7 carte de distribution géographique l' <i>Atriplex halimus</i> Description : Une carte géographique illustrant la répartition d' <i>Atriplex halimus</i> dans le bassin méditerranéen, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, avec des zones ombrées indiquant les habitats principaux (sols salins, steppes arides).....	10
Figure I-8 Structure chimique d'acides gras dans l' <i>A. halimus</i> . .....	11
Figure I-9 Structure chimique des glucides .....	12
Figure I-10 Structure chimique des acides organiques dans <i>A. halimus</i> .....	12
Figure I-11 Structure chimique de L'alanine.....	12
Figure I-12: Structure chimique des vitamines ont été détectés dans <i>A. halimus</i> .....	13
Figure I-13 structure chimique les composés phénoliques extraits d' <i>A. halimus</i> .....	15
Figure I-14 Structure chimique des flavonoïdes détectés dans <i>A. halim</i> .....	16
Figure I-15 structure chimique de tanins .....	16
Figure I-16 structure de 1,4-benzoquinone(A) et 9,10-antraquinone(B)(Socaciu,2007).....	17
Figure I-17: Structure chimique d'alcaloïdes dans <i>A. halimus</i> (Bouaziz et al., 2021).....	18
Figure I-18 structure chimique de l'isoprène (Morot-Gaudry, 2016).....	18
Figure I-19 structure chimique de squelette de noyau stéroïde (ling, jones., 1995). .....	19
Figure I-20 indication thérapeutiques d' <i>Atriplex halimus</i> par population.(Hellal et al., 2021).....	25
Figure I-21 Profil ethnopharmacologiques de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	29

## Liste des tableaux

Tableau I-1 Le profil phytochimique d' <i>Atriplex halimus</i> . .....	19
Tableau I-2 utilisation traditionnelle d' <i>Atriplex halimus</i> selon différentes régions d'Algérie.....	26
II-1 activités antioxydantes de l' <i>Atriplex halimus</i> . .....	33
Tableau II-2 <i>Atriplex halimus</i> activité antibactérienne.....	36
Tableau II-5 <i>Atriplex halimus</i> capacité scolicide .....	38
Tableau II-3 effet du CCL4-de l'AHE et leur combinaison (AHE+CCL4) sur les paramètres métaboliques des rats témoins et expérimentaux .....	43
Tableau II-4 Activité cytotoxique d' <i>Atriplex halimus</i> .....	49

# **Introduction**

## Introduction

Les remèdes naturels et les thérapies conventionnelles revêtent une importance capitale. Depuis des temps immémoriaux, l'homme a recours à des remèdes naturels issus de plantes, d'animaux, de microbes et d'organismes marins pour soigner et prévenir les maladies. Les documents fossiles indiquent que l'homme utilise des plantes à des fins médicinales depuis au moins 600 000 ans (Dalli *et al.*, 2023 ; Roubi *et al.*, 2024). Parmi ces végétaux à efficacités curatives, *Atriplex halimus* L, souvent désigné sous le nom de gaillet de la Méditerranée, est un arbuste halophyte appartenant à la famille des Amaranthaceae. Cette espèce prospère dans les zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen et s'étend vers l'orient jusqu'à l'Arabie Saoudite, généralement à des altitudes inférieures à 900 m. Grâce à sa capacité d'adaptation aux sols salins et dégradés, elle domine les communautés végétales dans ces habitats et crée des formations monospécifiques (Walker *et al.*, 2014).

L'utilisation traditionnelle d'*A. halimus* est étroitement liée à sa résilience dans des conditions environnementales difficiles (Walker *et al.*, 2014 ; Abou Auda, 2012). Les études ethnobotaniques ont révélé que cette plante est utilisée dans des pays tels que le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, le Liban, la Jordanie et la Palestine à diverses fins médicinales, notamment pour traiter les maladies cardiaques et digestives, les intoxications, les tumeurs, l'hypertension et le rhumatisme (Idm'hand *et al.*, 2020 ; Abou Auda, 2012).

Malgré son utilisation répandue en médecine traditionnelle, les propriétés phytochimiques et pharmacologiques d'*A. halimus* n'ont commencé que récemment à faire l'objet d'études systématiques. U ! Dans cette étude, nous avons cherché à évaluer de manière exhaustive la composition phytochimique d'*A. halimus* et les activités pharmacologiques qui y sont associées. Les acides phénoliques, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les acides gras, les hydrates de carbone, les acides organiques, les acides aminés et les vitamines ont été trouvés dans les différents extraits d'*A. halimus* et ont été identifiés à l'aide de méthodes telles que la CLM-MS/MS et la CLHP (Benhammou *et al.*, 2009 ; Morad *et al.*, 2023 ).

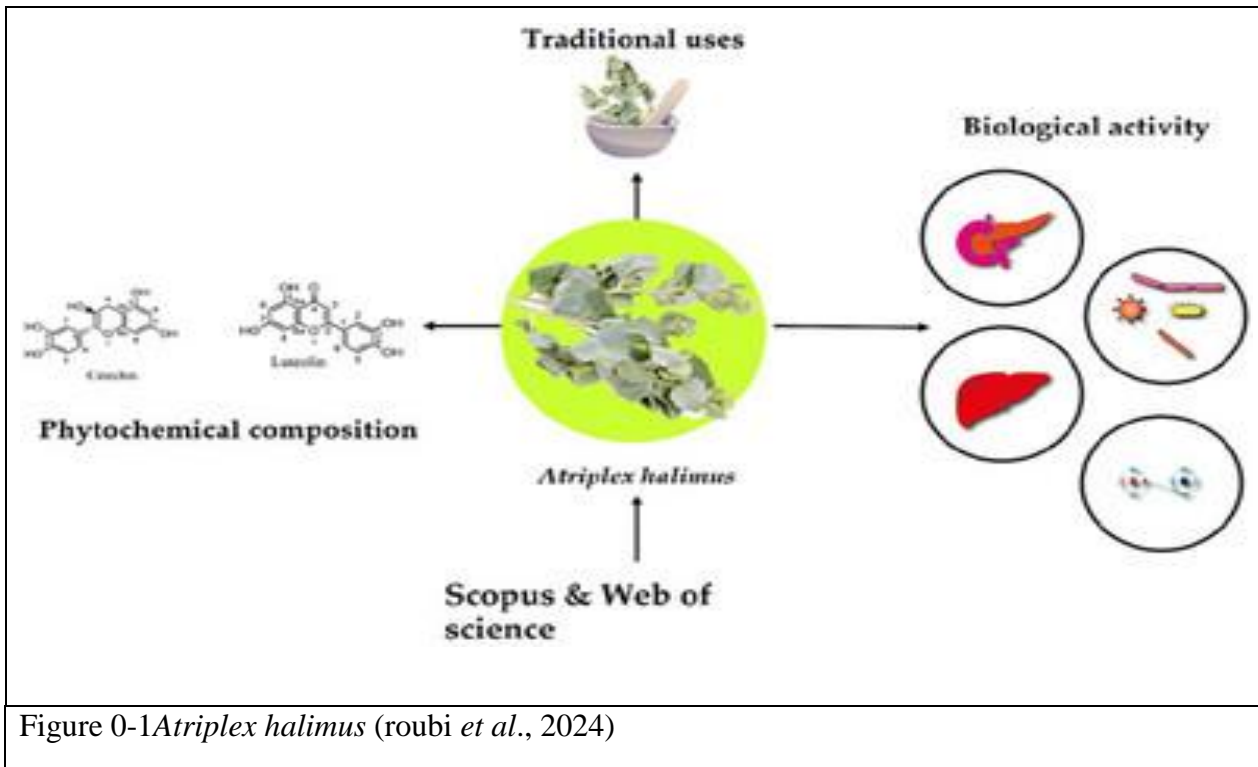


Figure 0-1 *Atriplex halimus* (roubi *et al.*, 2024)

# **Chapitre I Étude botanique et biologique d'*Atriplex halimus***

**chapitre I** Étude botanique et biologique d'*Atriplex halimus***I-1 Introduction à *Atriplex halimus***

Les végétaux classés sous le genre *Atriplex* font partie de la famille des Chénopodiacées. Elles se distinguent par leur vaste diversité dans presque toutes les régions du monde, avec environ 420 espèces qui se répartissent dans les zones tempérées, méditerranéennes et subtropicales, entre 20° et 50° de latitude au nord et au sud. Ce sont des espèces halophytes qui croissent dans des zones arides et salées. (Houérou, 1992).

La majorité des espèces appartenant au genre *Atriplex* se trouvent dans des habitats écologiques préférentiels tels que les zones arides ou semi-arides, souvent marquées par une irrégularité des précipitations. Toutes ces espèces possèdent des adaptations spécifiques à ce genre d'environnement. (Benchâabane, 1997).

L'*Atriplex halimus* constitue un fourrage de choix dans les régions où la sécheresse s'associe fréquemment à des niveaux élevés de sels.

**I-2 Définition de « *Atriplex halimus* »:**

C'est une espèce précieuse, elle s'étale presque sur tous les étages bioclimatiques, étage méditerranéen, subhumide, humide, aride, semi-aride, saharien supérieur et inférieur (Houérou, 1992 ; Talamali, 2001). Elle est reconnue par la tolérance au sel, le pouvoir de maintenir l'équilibre écologique, assure la lutte contre la désertification et en tant que fourrage.

Son feuillage persistant, riche en protéines, est très apprécié durant la longue période de sécheresse estivale, alors que les espèces herbacées ont disparu (Chalbi, Demarly, 1991), elle présente également des intérêts économiques et phytothérapeutiques ...etc. (Nedjimi *et al.*, 2013). (Figure I-1).



Figure I-1 Aspect de l'*Atriplex halimus* (Chehema, 2019).

### I-3 Classifications taxonomiques

*Atriplex halimus* est classée selon le système taxonomique suivant, basé sur les normes modernes de la botanique systématique:

- **Règne:** Plantae
- **Clade:** Angiospermes
- **Ordre:** Caryophyllales
- **Famille:** Amaranthaceae (sous-famille Chenopodioideae)
- **Genre:** *Atriplex*
- **Espèce:** *Atriplex halimus* L. (Angiosperm Phylogeny Group., 2016).

### I-4 Morphologie de l'*Atriplex halimus*

Selon la morphologie l'*Atriplex halimus* se divise en deux sous espèces:

- *Atriplex halimus* L. *halimus*: est généralement plus feuillée et se rencontre sur les zones du littoral semi-aride à humide.
- *Atriplex halimus* L. *scweinfurthii*: est caractérisée par des rameaux florifères dépourvus de feuilles; c'est une sous espèce des zones arides et désertiques (Francllet, Houerou., 1971).

L'*Atriplex halimus* L. est un buisson fourrager indigène qui supporte efficacement les conditions d'aridité (sécheresse, salinité, .....etc.) (Souayah *et al.*, 1998).

#### I-4-1 Tige

L'*Atriplex halimus* est une espèce très ramifiée avec:

1 - Des rameaux dressés, érigés. (Aganga *et al.*, 2003).

2 - Des branches étalées très rameuses d'une couleur blanche-grisâtre plus au moins anguleuses entièrement feuillées. (Négre., 1961). (Figure I-2).



Figure I-2 tige de l'*Atriplex halimus*<https://www.floramaroccana.fr/atriples-halimus.html>

#### I-4-2 Feuilles

Les feuilles sont le plus souvent alternes et entières. L'inflorescence est spiciforme, paniculée, ou formée de simples glomérules axillaires dont l'ensemble constitue, au sommet des rameaux, une grappe composée peu ou pas feuillée. (Castroviejo *et al.*, 1990). Ses feuilles sont alternes brièvement pétiolées, grandes sur les jeunes pousses de printemps atteignant 5 à 6 cm, et très petites sur les rameaux florifères de l'automne. (Aganga *et al.*, 2003). (Figure I-3).



Figure I-3 les feuilles de *Atriplex halimus* <https://www.floramaroccana.fr/atriplex-halimus.html>

#### I-4-3 Fleurs

Les fleurs mâles et hermaphrodites sont dépourvues de bractées,

#### I-4-4 Fruit

-L'ovaire est supère, avec deux stigmates filiformes.

-Les bractées fructifères entourant l'ovaire sont réniformes à sub-orbiculaires, entières ou dentées, et ont une surface dorsale lisse. (Castroviejo *et al.*, 1990). Chez cette espèce, un seul individu peut porter des fleurs unisexuées mâles, unisexuées femelles et bisexuée.

L'*Atriplex halimus* se révèle donc polygame, plus particulièrement tri-monoïque. (Talamali *et al.*, 2003). (Figure I- 4).



Figure I-4 les fruits de l'*Atriplex halimus* <https://www.floramaroccana.fr/Atriplex-halimus.html>

#### I-4-4 Système racinaire

L'*Atriplex halimus* possède un système racinaire qui se compose d'une racine pivotante atteignant 50 à 90 cm de profondeur, accompagnée de quelques racines secondaires, à partir desquelles émergent diverses racines tertiaires minces et courtes. (Garcia. 1993), *A. halimus* montre un développement prononcé de son système racinaire pivotant. (Houérou., 1992). (Figure I-5).



Figure I-5 les racines de *Atriplex halimus* <https://www.floramaroccano.fr/Atriplex-halimus.html>

#### I-4-5 Les grains

La dormance apparente des graines est associée à la présence de deux bractées enveloppant l'ovaire, qui accumulent des substances inhibant la germination. Des bractées dures et persistantes qui freinent la germination entourent ces plantes, ce qui entraîne des problèmes d'indéhiscence et d'imperméabilité à l'eau et aux gaz. De plus, ces bractées renferment des substances inhibitrices pour la germination. Le retrait de ces bractées favorise une germination allant de 35 à 98 %.

Leur collecte est rendue aisée puisque les fruits demeurent fixés à la plante, de l'hiver précoce jusqu'au printemps. Elles se gardent habituellement bien si elles sont entreposées dans un endroit sec et frais. Elles maintiendront leur capacité à germer pendant une période de 3 à 10 ans et conservent un pouvoir germinatif estimé entre 50 et 90 %. De nombreuses études ont démontré que l'accroissement de la salinité entrave la germination des graines d'*Atriplex halimus*. Des taux de traitement de graines à 4 et 5 % de Na Cl ont entraîné une germination inférieure à 5%, tandis qu'aucune germination n'a été détectée avec des taux dépassant les 5%.

En revanche, une fois immergées dans l'eau distillée, leur capacité de germination s'est élevée à des niveaux similaires à celle des graines traitées avec l'eau distillée. Certaines recherches indiquent que le trempage des graines dans de l'eau froide pendant une à deux heures peut retirer le sel et favoriser la germination.

Pour améliorer le potentiel germinatif des graines, le prétraitement optimal consiste à les rincer à l'eau courante pendant 24 heures et à procéder à une scarification avec de l'acide sulfurique.

La majorité des graines présentent une période de dormance embryonnaire, un traitement de stratification à froid de 15 à 30 jours peut favoriser leur germination. Cela justifie également pourquoi ils sont semés en fin d'automne ou en hiver, en veillant à ne pas les enterrer trop profondément (pas plus de 1 cm). La germination est optimale entre 13 et 20 °C; cette caractéristique favorise le développement des plantules lors des périodes fraîches et humides, s'avérant être une stratégie d'adaptation aux conditions arides ou semi-arides. (Choukrallah., 1991). (FigureI- 6).



FigureI-6les graines de l'*Atriplex halimus*  
<https://www.floramaroccana.fr/Atriplex-halimus.html>

### I-5 Distribution géographique

*A. halimus* est une plante d'origines multiples, et cette plante est indigène en Algérie, au Cap-Vert, à Chypre, en Égypte, en Érythrée, en Éthiopie, en France, en Grèce, en Iraq, en Italie, au Liban, en Syrie, en Libye, au Mali, en Mauritanie, au Maroc, en Palestine, au Portugal, en Arabie Saoudite, en Somalie, en Espagne, en Tunisie et en Turquie. *A. halimus* a également été introduit en Belgique, en Grande-Bretagne et en Iran (Stadnicka, Nobis., 2024), (Figure I-7)

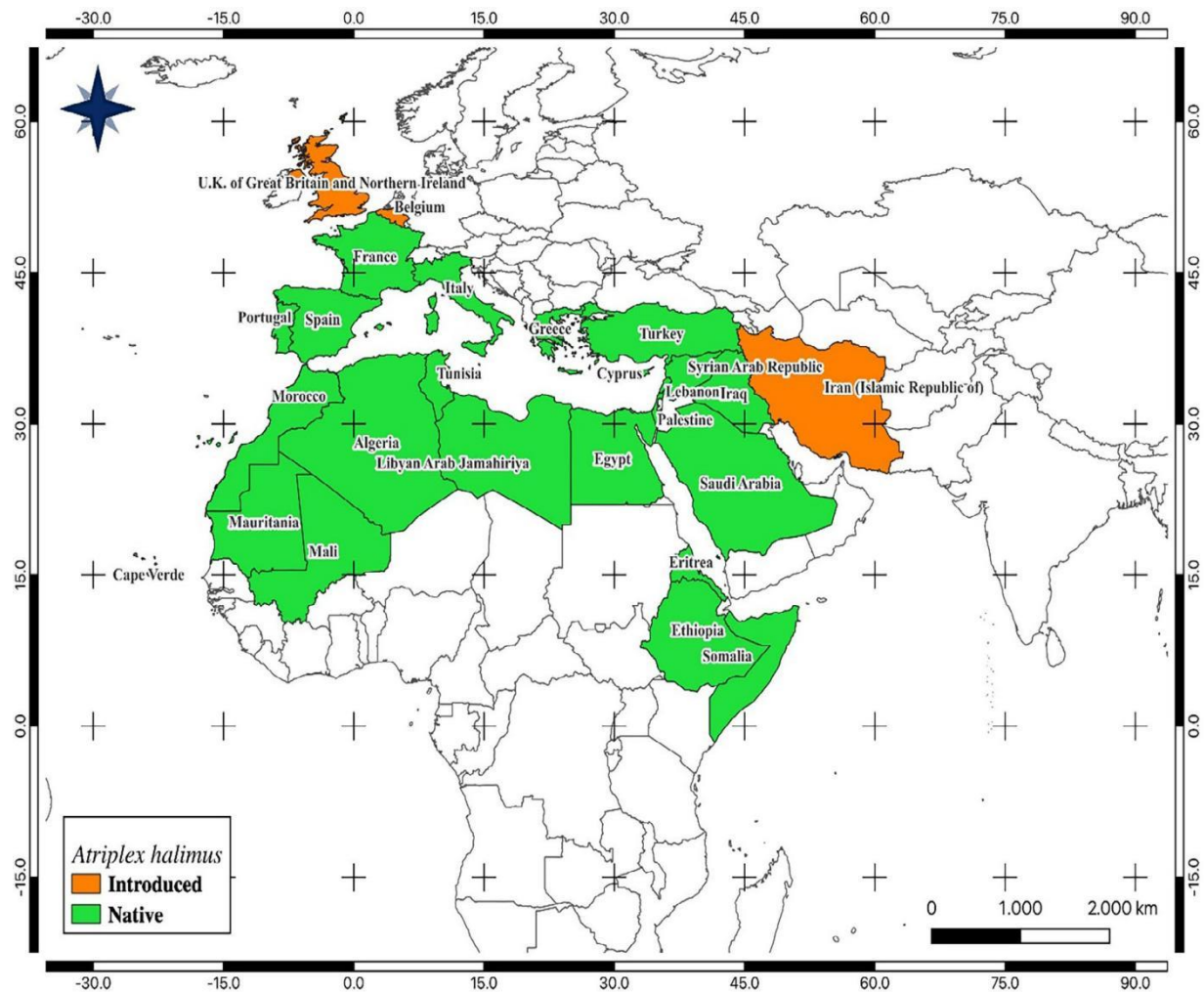


Figure I-7carte de distribution géographique d'*Atriplex halimus* Description : Une carte géographique illustrant la répartition d'*Atriplex halimus* dans le bassin méditerranéen, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, avec des zones ombrées indiquant les habitats principaux (sols salins, steppes arides). (Robi *et al.*, 2024)

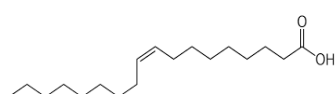
Les composés produits par les plantes sont séparés en métabolites primaires et secondaires. Les métabolites secondaires ont une répartition limitée. Elles sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement, en faible quantité et sont emmagasinés surtout dans les vacuoles (Raven *et al.*, 2003).

**I-6 Les composés phytochimiques**

## I-6-1 Les métabolites primaires

## I-6-1-1 Acides gras

Les acides gras sont essentiels pour toutes les membranes, principal carburant métabolique (stockage et transit d'énergie), et régulateurs de gènes, ce ne sont là que quelques-uns des rôles importants que jouent les acides gras dans le métabolisme (Rustan, Drevo., 2005). L'extrait d'*A. halimus* est connu pour la présence d'acides gras tels que l'acide oléique, stéarique et palmitique (Figure I- 11) (Morad *et al.*, 2023).



acide oléique



acide stéarique



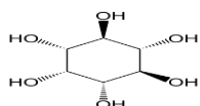
acide palmitique

Figure I-8 Structure chimique d'acides gras dans *A. halimus* (Morad *et al.*, 2023).

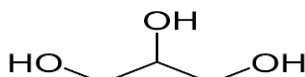
## I-6-1-2 Glucides

Les glucides sont essentiels pour le corps humain, jouant un rôle clé dans la production d'énergie et divers processus métaboliques. *A. halimus* peut servir de source de glucides, avec plusieurs types identifiés, notamment le myo-inositol, le glycérol, le sucrose, le d-fructofuranose et le d-pinitol (Figure I-12) (Morad *et al.*, 2023). Parmi ceux-ci, le d-pinitol est particulièrement significatif en raison de ses propriétés mimétiques de l'insuline, offrant un potentiel pour la gestion du diabète (Srivastava *et al.*, 2020)

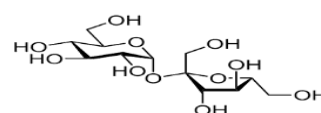
Ces glucides contribuent non seulement à l'apport énergétique, mais peuvent également interagir avec les mécanismes d'insuline, aidant à réguler les niveaux de glucose dans le sang, ce qui est crucial pour les personnes atteintes de diabète. Des études supplémentaires sur les effets de ces glucides dérivés d'*A. halimus* pourraient élargir leur utilisation dans des interventions diététiques.



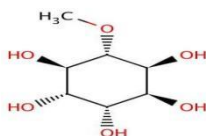
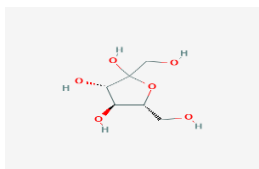
le myo-inositol



le glycérol



le sucrose

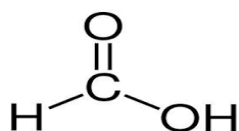


le d-fructofuranose                      le d-pinitol

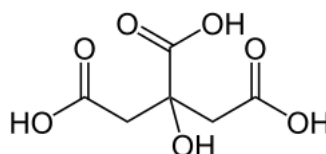
Figure I-9 Structure chimique des glucides

## I-6-1-3 Acides Organiques

Toutes les plantes contiennent des acides organiques, qui sont essentiels à leur physiologie. De plus, ils sont cruciaux pour la régulation du pH et les qualités organoleptiques (Vallarino, Osorio., 2019). Ils ont identifié certains des acides organiques dans *A. halimus*, y compris l'acide carboxylique (Bouaziz *et al.*, 2021) et l'acide citrique (Figure 13) (Morad *et al.*, 2023).



l'acide carboxylique

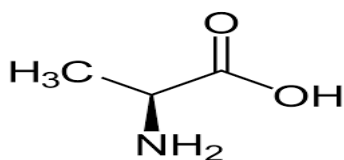


l'acide citrique

Figure I-10 Structure chimique des acides organiques dans *A. halimus* (Morad *et al.*, 2023).

## I-6-1-4 Acides Aminés

Les protéines sont composées d'acides aminés, qui sont généralement répartis en variétés essentielles et non essentielles (Kumar *et al.*, 2017). L'alanine (Morad *et al.*, 2023) est l'un des acides aminés détectés dans *A. halimus* (Figure I-14).

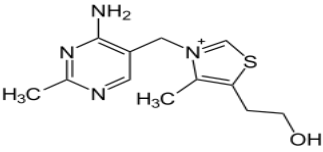
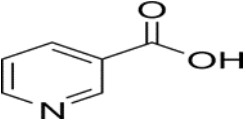
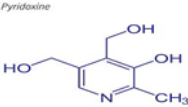
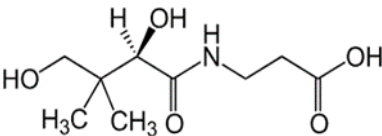
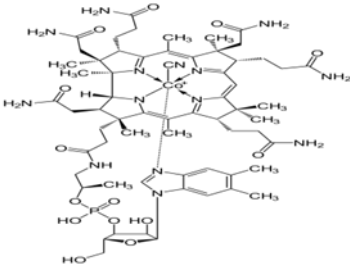
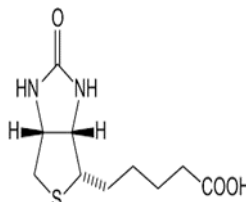
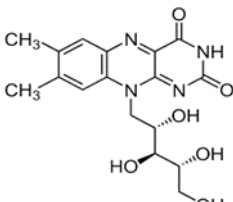
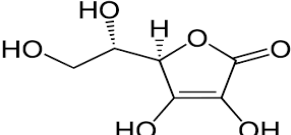
Figure I-11 Structure chimique de L'alanine (Morad *et al.*, 2023).

## I-6-1-5 Vitamine

Des substances organiques appelées vitamines sont nécessaires en faibles quantités pour un certain nombre de processus corporels. Elles sont essentielles pour maintenir un métabolisme sain, renforcer le système immunitaire et favoriser le développement. À l'aide de LC-MS/MS, différents types de vitamines ont été détectés dans *A. halimus* : thiamine (vitamine B1), niacine (vitamine

B3), pyridoxine (vitamine B6), acide pantothénique (vitamine B5), cyanocobalamine (vitamine B12), biotine (vitamine B7), riboflavine (vitamine B2), acide ascorbique (vitamine C) (Figure I-14) (Zeghib *et al.*, 2021).

Ces vitamines identifiées sont très importantes car elles jouent un rôle crucial dans le bien-être humain (Ball, 2008). et thérapeutiques, soulignant ainsi l'importance des plantes comme *A. halimus* dans les régimes alimentaires modernes et les traitements de santé.

			
Thiamine	Niacine	pyridoxine	acide pantothénique
			
Cyanocobalamine	Biotine	riboflavine	acide ascorbique
Figure I-12: Structure chimique des vitamines ont été détectés dans <i>A. halimus</i> (Zeghib <i>et al.</i> , 2021).			

### I-6-2 Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont repartis en plusieurs grandes familles chimiques: les composés phénoliques, les terpénoïdes, les alcaloïdes et les saponines (Mamadou, 2011).

#### I-6-2-1 Les composés phénoliques (polyphénols):

##### I-6-2-1-1 Les composés phénoliques

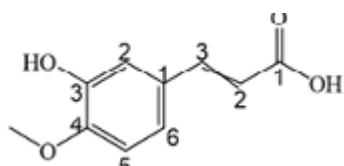
constituent l'une des grandes familles de molécules largement répandues dans le règne végétal (Lugasi *et al.*, 2003). Ce sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, à partir des racines jusqu'aux fruits (Yusuf, 2006). Ces composés jouent un rôle fondamental car sont des éléments importants de qualités sensorielles (couleur et caractères organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux. (Sculbert *et al.*, 2000).

##### I-6-2-1-1-1 Acides phénoliques

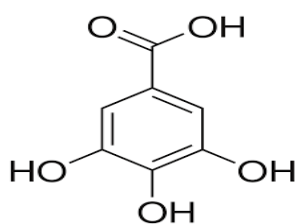
De nombreux types de plantes contiennent des acides phénoliques, qui sont des métabolites secondaires aromatiques. Un intérêt récent pour les acides phénoliques a émergé de leur capacité possible à prévenir les troubles liés aux dommages oxydatifs grâce à la consommation de fruits et de légumes (Robbins, 2003). Les substances phénoliques sont produites par les plantes en réponse à des conditions environnementales, ainsi que pour leur rôle essentiel dans leur développement et leur reproduction (Ghasemzadeh, 2011).

Parmi les composés phénoliques extraits d'*A. halimus* : acide gallique, acide chlorogénique, acide p-coumarique, acide trans-cinnamique, acide 3-hydroxy-4-méthoxy-cinnamique, acide vanillique, acide m-anisé (acide 3-méthoxy-benzoïque), acide salicylique, acide férulique, acide caféique (FigureI-8) (Bouaziz *et al.*,2021 ).

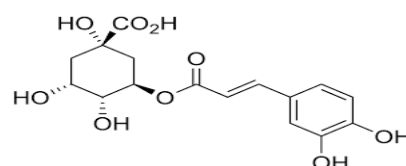
La composante phénolique identifiée dans *A. halimus* est très importante en raison de ses propriétés pharmacologiques, telles que le potentiel antioxydant de l'acide gallique ou le potentiel anti-inflammatoire et antidiabétique de l'acide caféique et de l'acide trans-cinnamique (Cunha *et al.*, 2004 ;Badhani *et al.*,2015).



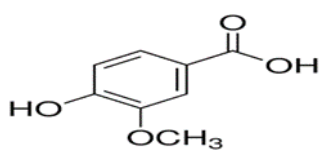
acide 3-hydroxy-4-méthoxy-cinnamique



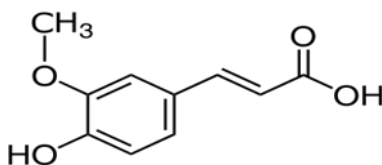
acide gallique



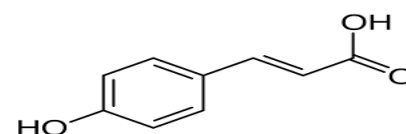
acide chlorogénique



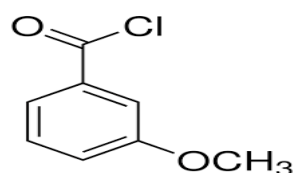
acide vanillique



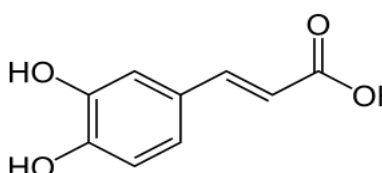
acide férulique



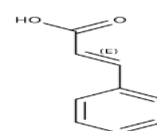
acide p-coumarique



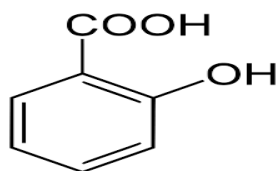
acide 3-méthoxy-benzoïque



acide caféique



acide trans-cinnamique

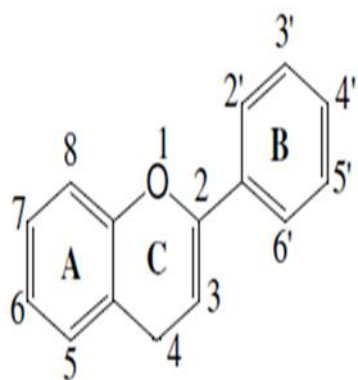


acide salicylique

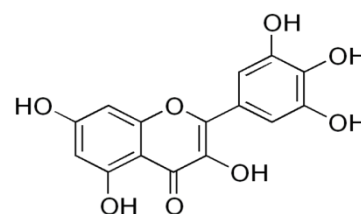
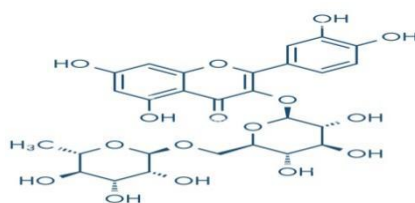
Figure I-13 structure chimique les composés phénoliques extraits d'*A. halimus* (Bouaziz *et al.*, 2021)

#### I-6-2-1-1-2 Flavonoïdes

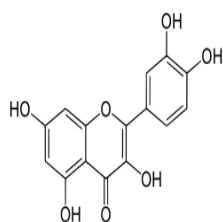
Les actions biologiques des flavonoïdes, une classe de produits chimiques naturellement présents de manière largement dispersée, sont liées à leurs effets antioxydants. De nombreuses investigations ont découvert que beaucoup de ces substances possèdent des propriétés pro- et antioxydantes (Cotelle., 2001 ; Dalli,*et al.*,2024). De plus, les flavonoïdes réduisent l'adhésion des cellules inflammatoires à la sous-endothélium, ce qui réduit la réponse inflammatoire (Dalli *et al.*, 2021). Parmi les flavonoïdes détectés dans *A. halimus*: la catéchine, la rutine, la myricétine et la quercétine (FigureI-9) (Bouaziz *et al.*, 2021). Ces flavonoïdes identifiés dans notre plante sont connus pour leurs bienfaits, tels que la rutine et la quercétine, qui pourraient améliorer les bénéfices cardiovasculaires (Sengul *et al.*, 2021).



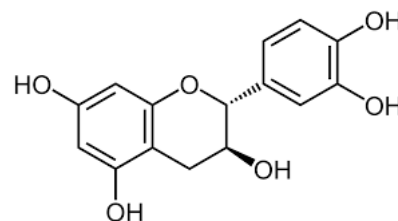
Structure de base des la rutine  
flavonoïdes



la myricétine



la quercétine



la catéchine

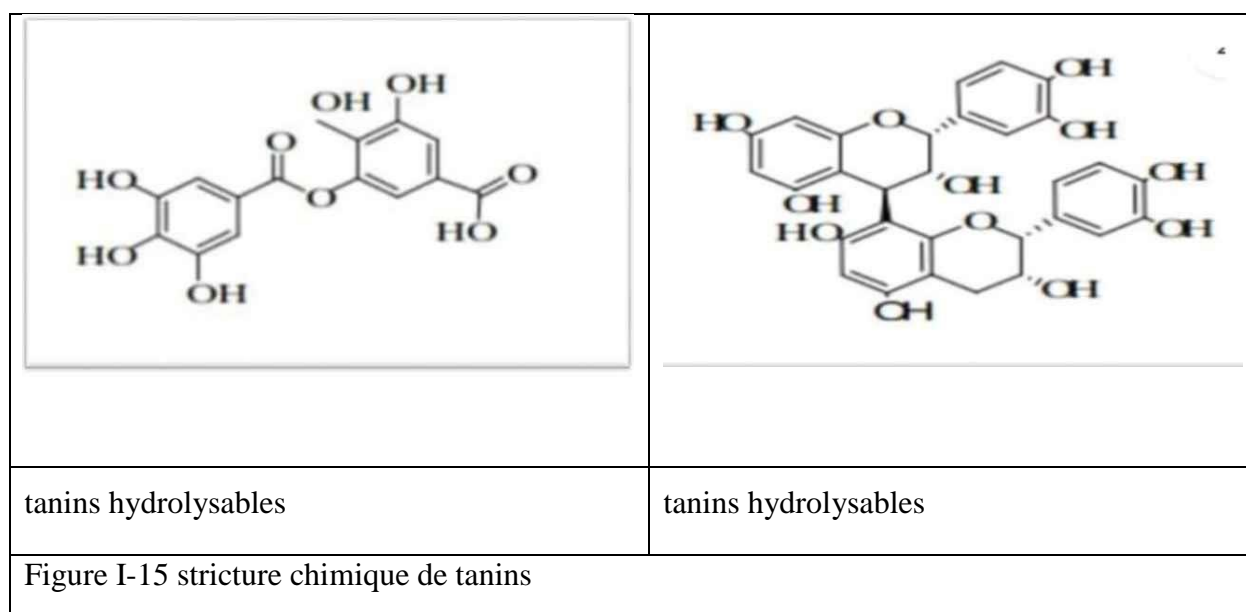
Figure I-14 Structure chimique des flavonoïdes détectés dans *A. halimus* (Bouaziz *et al.*, 2021).

## I-6-2-1-1-3 Les tanins

Les tanins végétaux sont des composés phénoliques qui se dissolvent dans l'eau et possèdent des poids moléculaires allant de 500 à 3000 Da (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008).

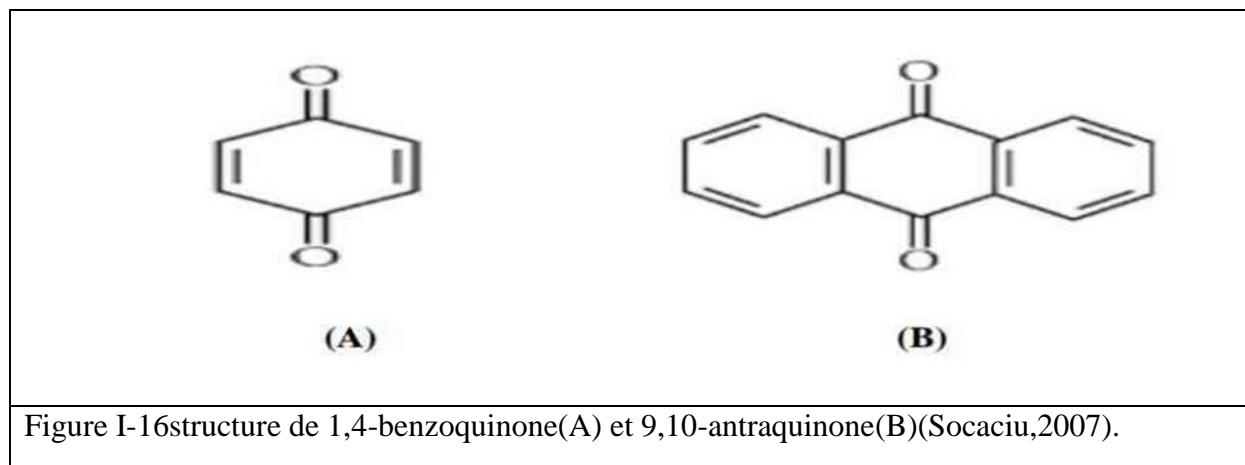
Les tanins représentent une famille complexe de principes actifs que l'on retrouve dans toutes les parties des plantes, y compris l'écorce, les racines, les feuilles, etc. Ils ont la faculté de créer des complexes avec des macromolécules (comme les protéines ...) et d'établir des liaisons entre les fibres de collagène, ce qui est à l'origine de la majorité de leurs caractéristiques (Paolini *et al.*, 2003).

Ils présentent toujours une portion polyphénolique, bien que leur structure chimique puisse varier considérablement ; on distingue deux types de tanins, issus de biosynthèses distinctes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Paolini *et al.*, 2003). Figure(I-6)



## I-6-2-1-2 Les quinones:

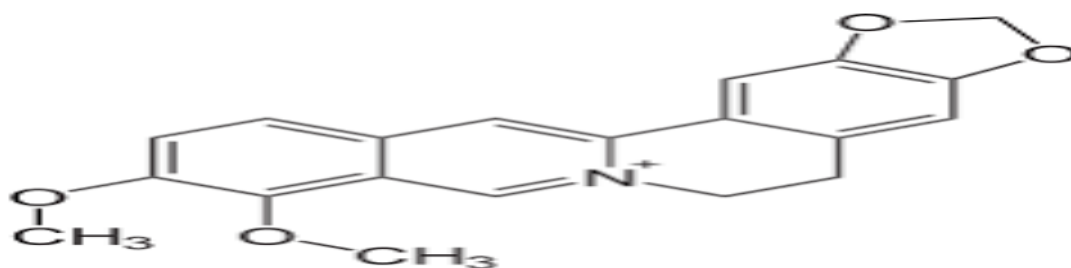
Les quinones se trouvent partout dans la nature, surtout dans le règne végétal, et sont très réactives (Cowan, 1999). On les retrouve également dans les champignons, les bactéries et les animaux (Kansole, 2009). Il s'agit de composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques comportant deux substitutions par des cétones. Elles se caractérisent par un motif de 1,4-dicéto cyclohexa-2,5-diénique (para-quinones) ou éventuellement, par un motif de 1,2-dicéto cyclohexa-3,5-diénique (ortho-quinones) (Bruneton, 1993). Figure 11



## I-6-2-1-3 Alcaloïdes

Des composés chimiques significatifs connus sous le nom d'alcaloïdes offrent une large gamme de cibles thérapeutiques potentielles. Des tests *in vitro* et *in vivo* sur divers cancers ont montré que certains alcaloïdes dérivés d'herbes naturelles possèdent de nombreuses propriétés, notamment des effets antiprolifératifs, antibactériens, antiviraux, insecticides et anti-métastatiques (Shi *et al.*, 2014) Plusieurs études ont confirmé la présence d'alcaloïdes dans *A. halimus* (Benhammou *et al.*, 2009).

L'un de ces alcaloïdes détectés est la berbérine, qui est un composant très important en raison de son potentiel à inhiber la prolifération cellulaire et de son effet cytotoxique sur les cellules cancéreuses (Figure I-10) (Guamán *et al.*, 2014 ; Samadi, *et al.*, 2020 ; Bouaziz *et al.*, 2021).



la berbérine

Figure I-17: Structure chimique d'alcaloïdes dans *A. halimus* (Bouaziz *et al.*, 2021)

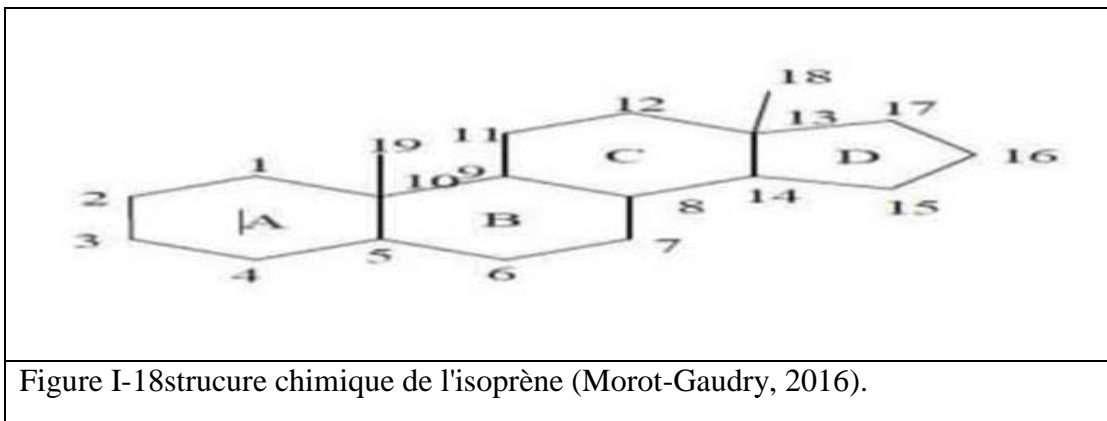
#### I-6-2-1-3 Les saponines:

Le terme saponine découle du mot latin «sapo», qui signifie «savon». Ces substances produisent de la mousse lorsqu'elles sont secouées dans l'eau. Il s'agit de composés qui agissent comme une défense pour la plante. Ils sont constitués d'aglycones non polaires attachés à un ou plusieurs sucres. Cette combinaison L'explication du comportement moussant des éléments structuraux polaires et non polaires est basée sur leurs propriétés, solution à base d'eau. Essentiellement, on fait la distinction entre les saponines stéroïques et les saponines triterpéniques issues de l'oxyde de scalène. (Manase, 2013).

#### I-6-2-1-4 Les terpénoïdes et stéroïdes:

Le terme terpène désigne tous les composés ayant une structure moléculaire formée d'un monomère de cinq carbones, connu sous le nom d'isoprène, dont la formule est  $C_5H_8$ . La majorité de ces composés provient de sources végétales.

L'utilisation de ces composés se faisait par le biais d'huiles dérivées de plantes (huiles essentielles) obtenues par distillation (Malecky, 2005). Figure 13



Les stéroïdes, qui sont des tétracycles de triterpènes, contiennent moins de 30 atomes de carbone et sont produits à partir d'un triterpène acyclique (Hopkins, 2003). Figure (I-19).

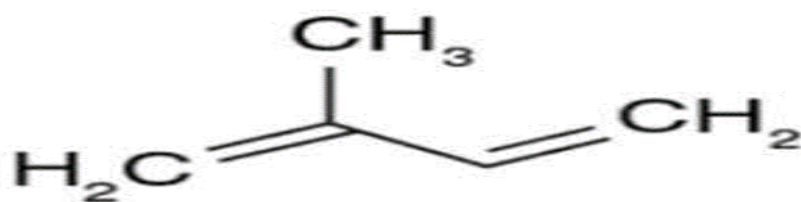


Figure I-19 structure chimique de squelette de noyau stéroïde (ling, jones., 1995).

Tous les végétaux contiennent ces composés associés à un groupement alcool, appelés stérols. Ils se présentent sous une forme plane, glycosylée, semblable au cholestérol qui ne se distingue de ce dernier que par sa chaîne latérale. On peut citer : B-Sitostérol et Stigmastérol (Hopkins, 2003).

Tableau I-1 Le profil phytochimique d'*Atriplex halimus*. (Robi *et al.*, 2024)

Catégories de bioactif composés	Composés
Acides phénoliques	Acide gallique, acide chlorogénique, p-coumarique acide, acide trans-cinnamique, 3-hydroxy-4-méthoxy, acide cinnamique, acide vanillique, m-acide anisique, acide salicylique, acide férulique, acide caféique
Flavonoïdes	Catéchine, rutine, myricétine, quercétine
Alcaloïdes	Berbérine
Acides gras	Acide oléique, acide stéarique, acide palmitique
Glucides	Myo-inositol, glycérol, saccharose, d-fructofuranose, d-pinitol
Acides organiques	Acide carboxylique, acide citrique
Acides aminés	Alanine

Vitamine	Thiamine (vitamine B1) niacine (vitamine B3) pyridoxine (vitamine B6) acide pantothénique (vitamine B5) cyanocobalamine (vitamine B12) biotine (vitamine B7) riboflavin (vitamine B2) acide ascorbique L (vitamine C)
----------	---

### I-7 Adaptations écologiques

L'*Atriplex halimus* L. supporte des températures inférieures à (-10° C); cette espèce, qualifiée de halophyte, prospère dans toutes les régions gypseuses salées (avec une conductivité pouvant atteindre environ 55 mmhos/cm). Elle pousse aussi sur des sols qui ne sont pas salés et s'adapte aux sols sablonneux comportant des couches salées. L'espèce montre une grande résistance à la sécheresse dans les régions où les précipitations ne dépassent pas 130 mm (Djelakh *et al.*, 2015).

L'efficacité des processus impliqués dans la réduction des dégâts causés par le sel peut aussi être associée à la résistance au sel. Selon (Bouchenak *et al.*, 2012), les peroxiredoxines et les méthionine sulfoxyde réductases, qui sont des enzymes cruciales pour la capture des peroxydes organiques et la réparation des protéines oxydées, respectivement, ont été plus efficacement stimulées dans les populations d'*A. halimus* qui montrent une plus grande résistance au sel. À des niveaux élevés de sel à l'extérieur ( $\geq 300$  mM NaCl), on observe des altérations touchant la conductance stomatique (Nemat *et al.*, 2011), la perméabilité de la membrane plasmique des racines, la conductivité hydraulique des racines ainsi que le taux de chlorophylle (Nedjimi, Daoud., 2009), la photosynthèse (Boughalleb *et al.*, 2009 ; Khedr *et al.*, 2011) et les organites intracellulaires (Blumenthal, Poljakoff., 1968 ; Wong , Jäger., 1978).

### I-7 Utilisation traditionnelle d'*Atriplex halimus*

*Atriplex halimus* est largement utilisée en médecine traditionnelle dans les régions arides et semi-arides du bassin méditerranéen, notamment en Algérie et au Maroc. Cette plante est connue pour ses applications thérapeutiques variées, transmises de génération en génération par les populations locales

#### I-7-1 Mode de préparation:

Différentes pratiques thérapeutiques sont employées par la population locale à savoir la décoction, l'infusion, la préparation en poudre, la fumigation, le cataplasme, la macération, le cru, et la cuisson ( Belmadani *et al.* ,2014)

Les différentes techniques de préparation des plantes médicinales dans les plantes médicinales, Il y a les Principes actifs qui soignent. Pour obtenir ces Principes actifs, il faut faire des préparations spéciales en fonction des parties de la plante (feuilles, fleurs, racines, écorces) afin de les extraire.

I-7-2 Les différentes techniques de préparations sont:

#### I-7-2-1 La décoction

Cette technique consiste à faire bouillir de l'eau froide dans laquelle on a mis des parties dures et épaisses des plantes et laisser cuire (tiges, racines, écorces, feuilles épaisses). Les plantes libèrent leurs substances actives dans de l'eau peu à peu au cours de la cuisson. La durée d'ébullition varie entre 10 et 20 min selon l'espèce. (Ingle *et al.*,2017;Azwanida *et al.*,2015; Pandey *et al.*,2014 ; Majekodunmi., 2015).

#### I-7-2-2 L'infusion

Il s'agit d'un processus d'extraction tel que la macération. La substance médicamenteuse est réduite en poudre fine, puis placée dans un récipient propre. Le solvant d'extraction chaud ou froid est ensuite versé sur la substance médicamenteuse, trempé et conservé pendant une courte période. Cette méthode convient à l'extraction des constituants bioactifs qui sont facilement solubles. En outre, il s'agit d'une méthode appropriée pour la préparation d'un extrait frais avant utilisation. Le rapport solvant/échantillon est généralement de 4:1 ou 16:1 en fonction de l'utilisation prévue. (Ingle *et al.*, 2017; Azwanida *et al.*, 2015; Pandey *et al.*, 2014; Majekodunmi., 2015).

#### I-7-2-3 La macération

Il s'agit d'une procédure d'extraction dans laquelle la substance médicamenteuse grossièrement pulvérisée, qu'il s'agisse de feuilles, d'écorce de tige ou d'écorce de racine, est placée dans un récipient; le menstruum est versé dessus jusqu'à ce qu'il recouvre complètement la substance médicamenteuse. Le récipient est ensuite fermé et conservé pendant au moins trois jours. Le contenu est remué périodiquement et, s'il est placé dans une bouteille, il doit être agité de temps en temps pour assurer une extraction complète. À la fin de l'extraction, la micelle est séparée du marc par filtration ou décantation. Ensuite, la micelle est séparée du menstrue par évaporation dans un four ou au dessus d'un bain-marie.( Ingle *et al.*,2017;Azwanida *et al.*,2015; Pandey *et al.*,2014; Ujang *et al.*,2013; Majekodunmi., 2015).

#### I-7-2-4 Le cataplasme

Il consiste à appliquer une pâte de plantes fraîches sur la partie malade. (Abubakar, Haque., 2020).

## I-7-2-5 Les compresses

La compresse est l'application d'un linge que l'on a trempé dans une décoction de plantes. On l'applique ensuite sur la partie malade. (Abubakar, Haque., 2020).

## I-7-2-6 L'inhalation:

C'est une technique qui consiste à dégager les voies respiratoires (nez, poumons, etc.) en respirant la vapeur chargée de substances actives des plantes. On se penche au-dessus du liquide chaud contenant de l'extrait liquide des plantes, la tête couverte d'une serviette pour respirer la vapeur pendant quelques minutes. (Abubakar, Haque., 2020).

## I-7-2-7 Bains de bouche et gargarismes:

On prend quelques décoctions dans la bouche, qu'on garde en faisant des mouvements avec la bouche (ou avec la gorge). Après quelques minutes on recrache le liquide. (Ingle *et al.*, 2017; Azwanida *et al.*, 2015; Pandey *et al.*, 2014; Majekodunmi., 2015)

## I-7-2-8 Poudre : (Abubakar, Haque., 2020).

## I-7-2-9 La digestion

Il s'agit d'une méthode d'extraction qui implique l'utilisation d'une chaleur modérée pendant le processus d'extraction. Le solvant d'extraction est versé dans un récipient propre, suivi de la substance médicamenteuse en poudre. Le mélange est placé au-dessus d'un bain-marie ou dans un four à une température d'environ 50C°. La chaleur a été appliquée tout au long du processus d'extraction pour diminuer la viscosité du solvant d'extraction et améliorer l'élimination des métabolites secondaires. Cette méthode convient aux matières végétales facilement solubles. (Ingle *et al.*, 2017; Pandey *et al.*, 2014; Majekodunmi., 2015).

## I-7-2-10 Percolation :

L'appareil utilisé dans ce processus est appelé percolateur. Il s'agit d'un récipient en verre de forme conique et étroite avec une ouverture aux deux extrémités. Une matière végétale séchée, broyée et finement pulvérisée est humidifiée avec le solvant d'extraction dans un récipient propre. Une plus grande quantité de solvant est ajoutée et le mélange est conservé pendant 4 heures. Ensuite, le contenu est transféré dans un percolateur dont l'extrémité inférieure est fermée et laissé au repos pendant une période de 24 heures. Le solvant d'extraction est ensuite versé par le haut jusqu'à ce que le matériau de la drogue soit complètement saturé. La partie inférieure du percolateur est alors ouverte et le liquide s'égoutte lentement. Une certaine quantité de solvant est ajoutée en continu et l'extraction s'effectue par la force gravitationnelle, en poussant le solvant à

travers la substance médicamenteuse vers le bas. L'ajout de solvant s'arrête lorsque le volume de solvant ajouté atteint 75 % de la quantité prévue pour l'ensemble des préparations. L'extrait est séparé par filtration suivie d'une décantation. Le marc est ensuite exprimé et la dernière quantité de solvant est ajoutée pour obtenir le volume requis. (Azwanida *et al.*, 2015; Pandey *et al.*, 2014 ; Majekodunmi., 2015).

#### I-7-2-11 Extraction Soxhlet :

Ce procédé est également connu sous le nom d'extraction continue à chaud. L'appareil appelé extracteur Soxhlet est en verre. Il se compose d'un ballon à fond rond, d'une chambre d'extraction, d'un tube siphon et d'un condenseur au sommet. Le matériel végétal séché, broyé et finement pulvérisé est placé dans un sac poreux (dé à coudre) constitué d'un tissu propre ou d'un papier filtre solide et fermé hermétiquement. Le solvant d'extraction est versé dans le ballon inférieur, puis le dé à coudre dans la chambre d'extraction. Le solvant est ensuite chauffé à partir du flacon inférieur, s'évapore et passe dans le condenseur où il se condense et descend dans la chambre d'extraction pour extraire la drogue par contact. ( Hossain *et al.*, 2014; Harborne., 1998 ;Ingle *et al.*,2017;Azwanida *et al.*,2015; Pandey *et al.*,2014; Ujang *et al.*,2013; Majekodunmi., 2015).

Par conséquent, lorsque le niveau de solvant dans la chambre d'extraction atteint le haut du siphon, le solvant et la matière végétale extraite retournent dans le flacon Ce processus se poursuit jusqu'à ce que le médicament soit complètement extrait, c'est-à-dire jusqu'à ce que le solvant qui s'écoule de la chambre d'extraction ne laisse aucun résidu derrière lui. En revanche, elle ne convient pas aux matières végétales thermolabiles. Avantages. Une grande quantité de médicament peut être extraite avec une petite quantité de solvant. Cette méthode est également applicable aux matières végétales thermostables. Inconvénients : l'agitation régulière n'est pas possible et la méthode ne convient pas aux matières thermolabiles. ( Hossain *et al.*, 2014; Harborne., 1998 ;Ingle *et al.*,2017;Azwanida *et al.*,2015; Pandey *et al.*,2014; Ujang *et al.*,2013; Majekodunmi., 2015).

#### I-7-3 Partie floristique utilisée:

Différentes parties des plantes sont utilisées pour la préparation de différentes recettes thérapeutiques (feuilles, tiges, écorce, graines, racines, fleurs, etc.).

Dans le cas d'*A. halimus*, les feuilles sont les parties les plus utilisées , suivies par les tiges

Les autres parties sont utilisées à des fréquences inférieures à 10% . En effet, les feuilles sont principalement utilisées en raison de leur forte concentration en ingrédients actifs , puisqu'elles sont les sites de biosynthèse et de stockage des métabolites secondaires Zennaf 2022

#### I-7-4 Etude ethnobotanique d'*Atriplex halimus*:

Plusieurs enquetes ont étudié l'utilisation ethnobotanique d'*Atriplex halimus*.

D'après walker en 2014, Les plantes d'*A. halimus* sont utilisées depuis des milliers d'années comme remèdes traditionnels pour de nombreuses affections. Bien que dans certains cas inefficaces, comme dans l'utilisation d'une décoction pour traiter la syphilis (Rolleston, 1942),

La cendre des plantes brûlées est utilisée comme alcali pour fabriquer du savon, tandis que les pousses peuvent être brûlées pour obtenir une poudre antiacide (Uphof, 1968).

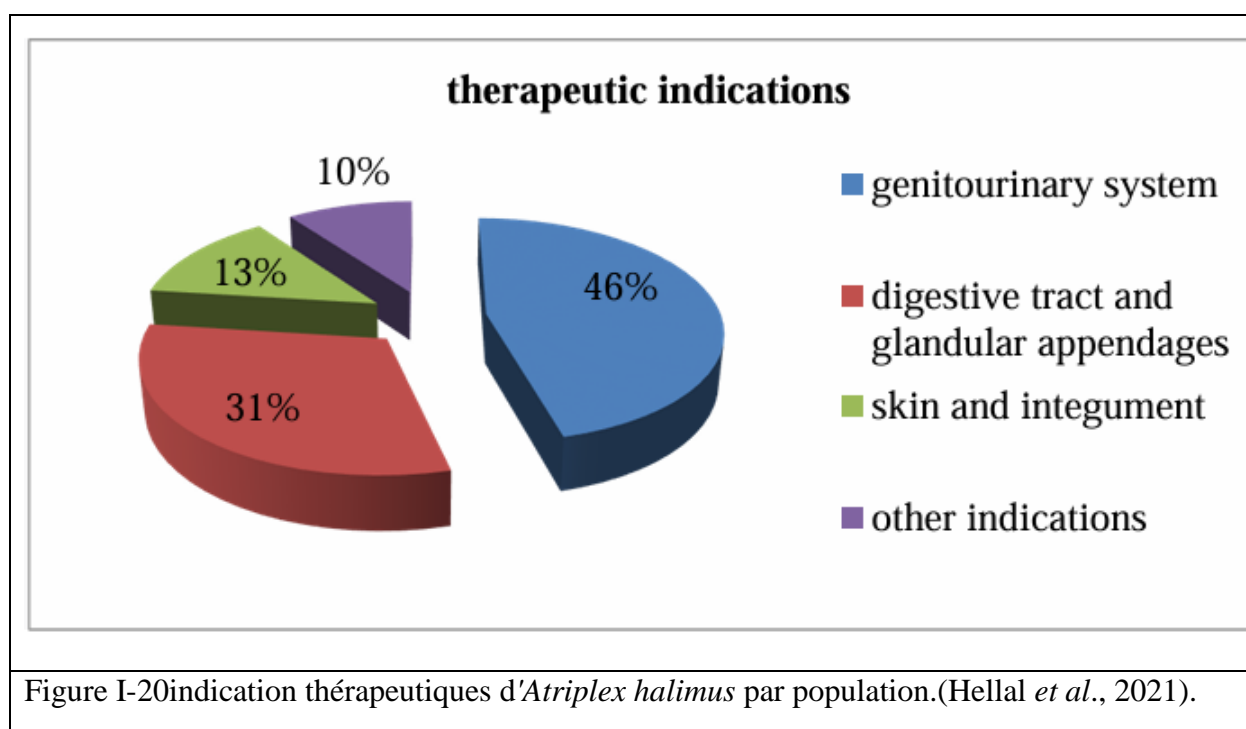
Les herboristes arabes indigènes utilisent les feuilles pour traiter les maladies cardiaques et le diabète (décoction) et les rhumatismes (un extrait préparé avec de l'eau bouillante est ajouté à l'eau du bain) (Said *et al.*, 2002).

D'autres applications thérapeutiques sont possibles. On utilise aussi *A. halimus* pour soigner les inflammations des voies urinaires (cystites) et les lithiases urinaires (BELOUAD, 2001; EMAM, 2011). Draineur cutané et rénal, diurétique et dépuratif, il accompagne tout régime qui nécessite un drainage des tissus et la désincrustation des déchets et toxines (BELOUAD, 2001). (Nedjimi *et al.*, 2013)

*L'Atriplex halimus* est la plante la plus utilisée par les populations de la steppe pour traiter l'hyperglycémie, l'inflammation des voies urinaires (cystite) et les lithiases urinaires et elle est qualifiée de draineur cutané et rénal, de diurétique et de dépuratif, Avec une activité antimicrobienne et anti-inflammatoire, l'*Atriplex* est également recommandé pour traiter la malaria et est également utilisé comme un antiépileptique efficace. (Behaz *et al.*, 2024)

Etude ethnobotanique de l'*Atriplex halimus* dans la region de Sidi bel abbes-Algerie occidentale:*Atriplex halimus* est utilisé conjointement par les deux sexes avec une légère prédominance masculine. Sur les deux cent personnes interrogées, cent soixante-dix (170) reconnaissent la plante au premier coup d'œil. Elles affirment que son utilisation est purement thérapeutique (81%). Certaines précisent également qu'elle est utilisée à des fins commerciales sur le site ou même comme aliment pour le bétail dans la région des steppes (8, 5%). D'autres usages sont signalés par 10,5% de la population enquêtée (hellal *et al.*, 2020)

La plante est plutôt utilisée sous sa forme fraîche (76%) que sèche (24%). Les méthodes les plus courantes sont l'infusion et la decoction. L'utilisation des parties de la plante sous forme de poudre mélangée à du miel ou du lait (communément appelée "Aqda") a été très rarement proposée aux patients. Il est à noter que les autres méthodes de préparation (cataplasme, macération) n'ont en aucun cas été indiquées. Selon la population interrogée, *Atriplex halimus* est indiqué dans le traitement de diverses maladies. Par ordre décroissant d'indications, nous avons les maladies du système génito-urinaire, celles du tube digestif et de ses annexes glandulaires (foie et pancréas) et dermatoses (maladies de la peau et des téguments) qui sont peu rapportées. Les autres indications (maladies respiratoires, ostéoarticulaires, etc.) ont été très rarement (Hellal *et al.*, 2020).



Selon l'étude de Roubi 2024: L'*A. halimus* est une plante adaptable connue sous le nom de salicorne, qui a de nombreuses utilisations dans une variété de nations, y compris divers endroits au Maroc tels que Agadir, Ida Ou Tanane, Al Haouz Rhamna Region, Er-Rich region, TanTan (Sahara marocain), Tarfaya

Province, et le Rif (Nord du Maroc). Dans ces régions, *A. halimus* est appelé Legtef ou L'gtaf. Les racines et les feuilles peuvent être utilisées sur le site de diverses manières: infusions, décoctions, produits séchés, poudre, mais aussi en salade. Au Maroc, *A. halimus* est utilisé dans la médecine traditionnelle pour prévenir les maladies contre la cystite, vulnérable et stomachique, le diabète, les douleurs intestinales, les douleurs rénales et le cancer, les maladies génito-urinaires, l'hypertension, les rhumatismes, l'intoxication, et la soif. (Roubi *et al.* 2024)

En Algérie, *A. halimus* est utilisé dans de nombreuses régions telles que Adrar et Bechar, Algérie, Bordj Bou Arreridj, El Kantara, Hoggar, M'Sila, Oran, Saida. Il est administré par voie orale ou cutanée pour prévenir ou traiter diverses maladies telles que le cancer, l'hypercholestérolémie, les kystes hydatiques, les troubles thyroïdiens, l'eczéma, la gale, les inflammations intestinales, le diabète sucré, le cancer du sein et le cancer du col de l'utérus. (Roubi *et al.*, 2024)

En Tunisie, *A. halimus* est bien connu sous le nom de « Gtaf », dans des régions telles que comme Ouled Dabbeb dans le sud de la Tunisie, on utilise les feuilles soit avec macération, soit crues par administration orale contre les douleurs inflammatoires, antirhumatismales et articulaires ainsi que pour soulager la constipation. *A. halimus* est également largement utilisé au Liban à des fins médicinales; il est connu sous le nom de « Mulayh, Sarmak bahri » et est utilisé pour traiter les rhumatismes via une décoction des feuilles « Katif pahri » est le nom vernaculaire d'*A. halimus* dans la vallée de Gaza (Palestine), et les feuilles sont utilisées pour traiter les rhumatismes, le diabète et les problèmes cardiaques. Dans les régions jordaniennes telles que Wadi Kufrinja (nord) à Zara (sud), les hauts plateaux centraux et la partie sud de la vallée du Jourdain, les feuilles d'*A. halimus* sont utilisées comme laxatif ou contre les troubles cardiaques et le diabète. (Roubi *et al.*, 2024)

Tableau I-2 utilisation traditionnelle d'*Atriplex halimus* selon différentes régions d'Algérie.

Localité	Partie utilisée	Mode de préparation	Mode d'administration	Utilisation traditionnelle
Adrar Bechar	Feuilles Graines	Décoction Décoction	Orale Orale	Douleurs rénales et cystite Cancers Cholestérol Thyroïde
Bordj Bou Arreridj	Partie aérienne	Décoction		Eczéma, Cicatrices Morsures

El Kantara	Feuilles	Décoction	Oral  Compresse	Inflammation intestinale  Régule les hormones  Mains fissurées
Hoggar	Feuilles Racines	Décoction Infusion Poudre		Kystes
M'Sila	Partie aérienne	Infusion Lotion		Eczéma
Nord et ouest Algérie	Feuilles	Décoction	Orale	Diabète de type 2
Oran				Fibrome Hypertension Antiseptique Diabète Diurétiques Incontinence urinaire Kystes
Oued Righ				Estomac Constipation Diarrhée Gaz gastrique

				Fibrome Kystes Hypertension Antiseptique Jaunisse Anémie Incontinences urinaires Ulcères
--	--	--	--	---

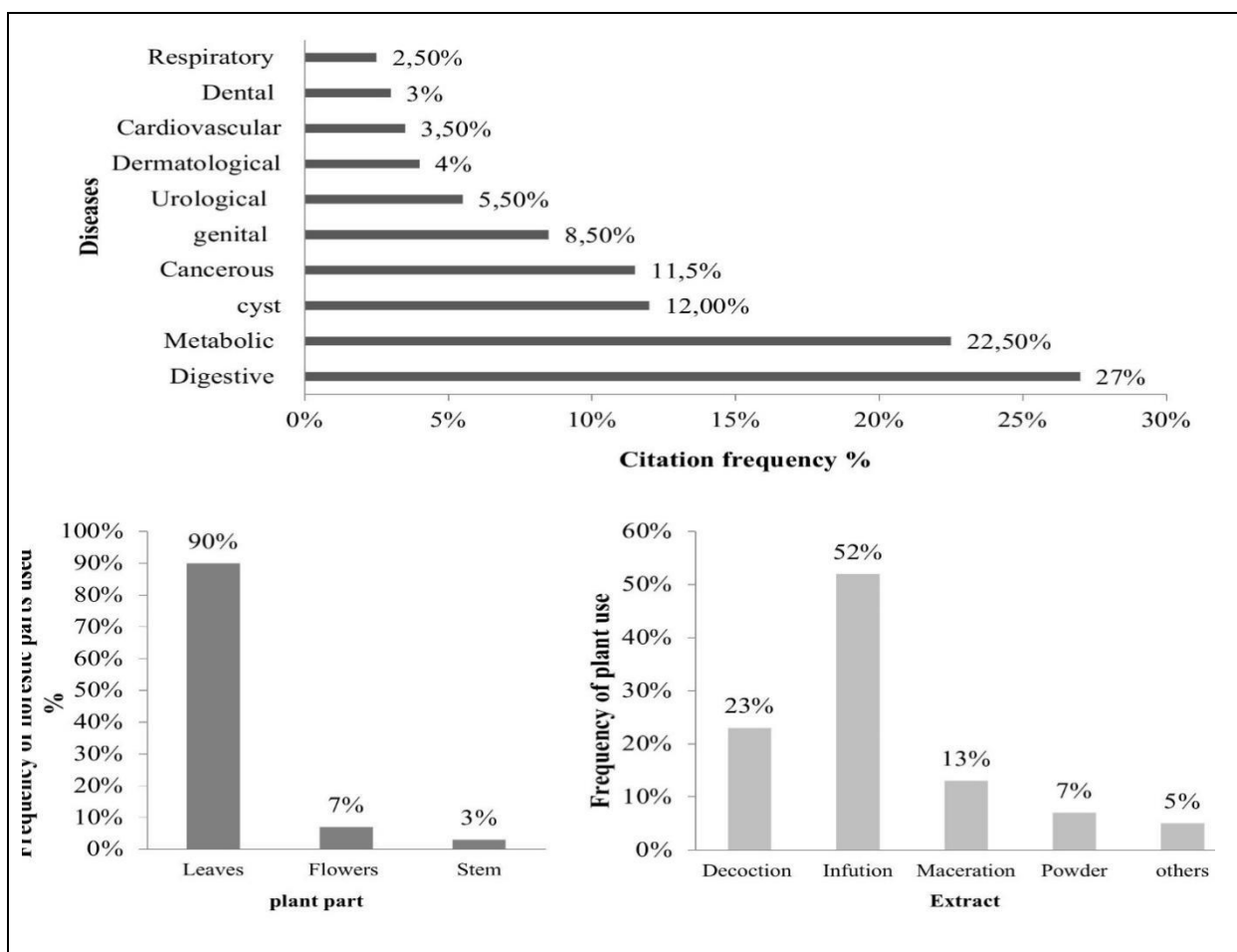


Figure I-21 Profil ethnopharmacologiques de l'*Atriplex halimus*

: types de maladies traitées, parties de la plante utilisées et formes d'extraction. (Hellal *et al.*, 2021)

L'étude ethnobotanique des applications thérapeutiques de la plante examinée montre une prévalence d'utilisations dans le soin des troubles digestifs (27 %) et métaboliques (22,5 %), viennent ensuite les maladies kystiques (12 %) et cancéreuses (11,5 %). Les indications de traitement pour les systèmes génital, urologique, dermatologique, cardiovasculaire, dentaire et respiratoire demeurent peu fréquentes.

En ce qui concerne les éléments végétaux utilisés, les feuilles sont la ressource principale souvent exploitée (90 %), alors que les fleurs (7 %) et les tiges (3 %) sont peu souvent mises à contribution. On peut imputer cette sélection à la richesse biochimique des feuilles en substances actives.

Les formes galéniques les plus fréquentes comprennent l'infusion (52 %) et la décoction (23 %), suivies par la macération (13 %), la poudre (7 %) ainsi que d'autres préparations (5 %). Ces méthodes de préparation reflètent une expertise traditionnelle fondée sur des techniques simples et à la portée de tous.

***Chapitre II Activités***  
**biologiques de *l'Atriplex***  
***halimus***

## chapitre II Les activités biologiques de l'*Atriplex halimus*

### II-1 L'activité antioxydante

Le stress oxydant se définit comme l'incapacité de l'organisme de se défendre contre les espèces réactives de l'oxygène (ERO) en raison de la perturbation d'équilibre endogène entre ces derniers et les agents oxydants (AO). Ce déséquilibre conduit potentiellement à des dégâts structuraux et fonctionnels. Les ERO sont des espèces chimiques oxygénées telles que les radicaux libres, ions oxygénés, peroxydes, rendues chimiquement très réactives par la présence d'électrons de valence non appariés dans l'orbitale la plus externe. L'équilibre est rétabli soit par oxydation (perte de cet électron libre) ou par réduction (gain d'un autre électron). Le caractère radicalaire de la molécule ne disparaît pas, l'électron libre peut passer sur d'autres molécules, c'est le phénomène d'oxydation en chaîne. (Bensakhria, 2018).

Les radicaux libres sont les principaux déclencheurs de plusieurs affections chroniques comme le cancer, l'athérosclérose, ainsi que les maladies cardiovasculaires et inflammatoires (Annapandian, Rajagopal, 2017). En outre, l'emploi de molécules antioxydantes synthétiques peut comporter des dangers toxicologiques et potentiellement cancérigènes (Srivastava, 2013). En réponse à ces enjeux de santé publique, l'utilisation de plantes médicinales pourrait offrir une solution thérapeutique plus appropriée. (Soltani *et al.*, 2023).

L'*Atriplex halimus*, communément appelé salicorne, possède un remarquable éventail de propriétés antioxydantes qui contribuent à son potentiel thérapeutique dans la lutte contre les maladies liées au stress oxydatif. Les antioxydants jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des radicaux libres, prévenant ainsi les dommages cellulaires. La recherche a démontré que la plante présente une activité antioxydante significative, principalement attribuée à sa composition phytochimique diversifiée, y compris les flavonoïdes, les acides phénoliques et les caroténoïdes. Ces composés sont reconnus pour leur capacité à donner des électrons aux radicaux libres, les stabilisant ainsi et atténuant les dommages oxydatifs cellulaires. (Soltani *et al.*, 2023).

Composés phytochimiques des extraits de plantes imposent le développement de nombreuses méthodes pour évaluer l'activité antioxydante et estimer l'efficacité de ces substances. La plupart de ces méthodes sont basées sur la coloration ou la décoloration d'un réactif dans le milieu réactionnel. Elles peuvent être classées en deux groupes : les tests utilisés dans les aliments et le système biologique pour évaluer la peroxydation des lipides tout en mesurant le degré

d'inhibition de l'oxydation (Sánchez, Larrauri., 1998), et les tests utilisés pour mesurer la capacité de piégeage des radicaux libres (Sánchez, 2002).

Certains peuvent être basés sur le pouvoir réducteur des métaux (ferric reducing antioxidant power, FRAP), le piégeage des radicaux peroxydes (oxygen radical absorbance capacity, ORAC ; total radical trapping antioxidant parameter, TRAP), le piégeage des radicaux hydroxydes (deoxyribose assay), le piégeage des radicaux organiques comme ABTS et DPPH (trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC), la quantification des produits formés lors de la peroxydation des lipides (thiobarbituric acid reactive substance, TBARS ; oxydation des LDL (Le pouvoir réducteur et DPPH ont été utilisés Pour évaluer la capacité antioxydante de l'*Atriplex halimus*. (Sánchez., 2002).

Plusieurs recherches ont prouvé les propriétés antioxydantes notable's des extraits d'*A. halimus*, comme l'indiquent (Benhammou *et al.*, 2009 ; Slama *et al.*, 2020) Les résultats obtenus avec les extraits d'*A. halimus* ont été captivants, présentant une IC<sub>50</sub> de :  $4,55 \pm 0,79$  pour l'extrait méthanolique ;  $3,24 \pm 0,23$  pour l'acétate d'éthyle ;  $1,51 \pm 0,01$  pour les fractions butanoliques ;  $1,76 \pm 0,00$  pour les saponines ;  $4,02 \pm 0,30$  pour les tanins et enfin  $3,31 \pm 0,22$  pour les alcaloïdes. Ces valeurs correspondent respectivement aux feuilles et aux tiges dans le cadre du test du pouvoir réducteur qui repose sur l'idée que les composés réducteurs se révèlent plus performants que les autres. S'appuie sur le principe que les composés à potentiel réducteur interagissent avec Fe<sup>3+</sup> pour former (+), qui est par la suite en réaction avec le chlorure ferrique pour produire du fer (+). En utilisant du chlorure ferrique pour former un complexe ferrique-ferreux (Bhalodia *et al.*, 2013), on a évalué le potentiel réducteur des feuilles et des tiges sur ces mêmes parties de la plante, les feuilles d'*A. halimus*, lorsque extraites dans l'eau et le méthanol, ont démontré une activité notable contre le DPPH, avec des valeurs IC<sub>50</sub> respectives de  $0,95 \pm 0,02$  et  $0,53 \pm 0,05$  mg/mL. (Bhalodia *et al.*, 2013)

Les fractions d'acétate d'éthyle et de butanol ont aussi démontré une activité notable contre le DPPH, avec des valeurs IC<sub>50</sub> respectives de  $2,04 \pm 0,00$  et  $1,7 \pm 0,00$  mg/mL. Par ailleurs, les saponines et les tanins ont affiché une valeur IC<sub>50</sub> de  $4,75 \pm 0,00$  et  $7,64 \pm 0,00$  mg/mL respectivement (Benhammou *et al.*, 2009 ; Slama *et al.*, 2020 ; Bouaziz *et al.*, 2021). Pour finir, une recherche réalisée par (Roubi *et al.*, 2023) a mis en évidence le potentiel antioxydant de l'AH hydroéthanolique grâce à un test DPPH et β-carotène, affichant respectivement des valeurs IC<sub>50</sub> de  $0,59 \pm 0,12$  et  $2,21 \pm 0,22$  mg/mL ( Tableau II-1).

II-1 activités antioxydantes de l'*Atriplex halimus* (Benhammou *et al.*, 2009 ; Bhalodia *et al.*, 2013 ; Slama *et al.*, 2020 ; Bouaziz *et al.*, 2021 ; Roubi *et al.*, 2023).

Extrait/composé	Méthodes	Test	Partie de la plante	Résultats (IC50=mg/mL)
Extraits hydro-éthanoliques	<i>Invitro</i>	$\beta$ -carotène DPPH	Feuilles	2.21±0.22
			Feuilles	0.59±0.12
Extrait méthanolique		Essai de puissance de réduction DPPH TAC	Feuilles	4.55±0.79
			Tiges	3.24±0.23
			Feuilles	0.53±0.05
			Feuilles	17.24±0.09
Fraction de l'acétate d'éthyle	<i>Invitro</i>	Essai de puissance de réduction DPPH	Feuilles	1.51±0.01
			Tiges	1.60±0.05
			Feuilles	2.04±0.00
Fraction butanolique	<i>Invitro</i>	Essai de puissance de réduction DPPH	Feuilles	1.76±0.00
			Tiges	5.96±0.44
			Feuilles	1.73±0.00
Saponines	<i>Invitro</i>	Essai de puissance de réduction DPPH	Feuilles	4.02±0.30
			Tiges	5.12±0.03
			Feuilles	4.75±0.00
Tanins	<i>Invitro</i>	Essai de puissance de réduction DPPH	Feuilles	3.31±0.22
			Tiges	7.61±0.08
			Feuilles	7.64±0.00
			Tiges	6.31±0.00
Alcaloïdes	<i>Invitro</i>	Essai de puissance de réduction	Feuilles	6.71±0.44
			Tiges	9.06±0.45
Aqueux	<i>Invitro</i>	DPPH TAC	Feuilles	0.95±0.02
			Feuilles	7.79±1.33

## II-2 Activité antimicrobienne

De nombreuses affections sont causées par des microbes ; on les qualifie de maladies microbiennes. Le microbe en question peut être un virus (comme la grippe, le rhume, la majorité des maladies infantiles ou le sida), une bactérie (telle que la tuberculose, le tétanos, certaines angines, la lèpre, etc.) ou encore un protiste (comme l'amibiase). (Finlay, 2011).

Les bactéries sont des organismes microscopiques (micro-organismes) composés d'une cellule unique très simple délimitée par une membrane. Dans une bactérie, l'information génétique est contenue dans une unique molécule d'ADN, et cette information n'est pas enfermée au sein d'un noyau. Elle « bat » librement aux côtés des autres éléments de la cellule bactérienne. On désigne ce type de cellule, présent uniquement chez les bactéries, par le terme procaryote. Il fait une distinction marquée entre les bactéries et les organismes eucaryotes (tous les autres types de vie), dont les cellules possèdent un noyau qui préserve l'ADN (l'information génétique). (Finlay, 2011).

L'*Atriplex halimus*, une plante halophyte appartenant à la famille des Chenopodiaceae, a suscité l'intérêt pour ses propriétés antimicrobiennes. Diverses études ont mis en évidence le potentiel de ses extraits à inhiber la croissance microbienne, soulignant son importance en phytothérapie et en médecine naturelle. Les effets antimicrobiens de l'*Atriplex halimus* peuvent être attribués à ses divers constituants phytochimiques, notamment les flavonoïdes, les composés phénoliques et les saponines, qui présentent une activité significative contre une série de micro-organismes pathogènes. Ces composés peuvent altérer l'intégrité de la membrane cellulaire ou inhiber des voies enzymatiques vitales des microbes, les rendant moins efficaces ou totalement non viables.

Des études *in vitro* ont fourni des preuves substantielles de l'efficacité antimicrobienne des extraits d'*Atriplex halimus*. La recherche a démontré une activité contre les bactéries gram-positives telles que *Staphylococcus aureus* et les bactéries gram-négatives, y compris *Escherichia coli*, ce qui suggère un effet à large spectre. L'utilisation de différentes méthodes d'extraction - telles que la macération, l'extraction au Soxhlet ou l'ultrasonisation - a permis de comprendre comment la polarité variable des solvants influence le rendement et la puissance des composés bioactifs. Par exemple, les extraits d'éthanol et de méthanol ont montré une activité antimicrobienne plus élevée que les extraits aqueux, soulignant l'importance du choix du solvant pour maximiser le potentiel thérapeutique. En outre, la capacité des extraits d'*Atriplex halimus* à inhiber la formation de biofilms microbiens souligne son applicabilité dans la prévention des infections chroniques associées aux biofilms.

L'ensemble de ces études suggère que l'*Atriplex halimus* n'est pas seulement prometteur en tant qu'agent antimicrobien, mais qu'il pourrait également jouer un rôle essentiel dans la lutte contre la résistance aux antibiotiques. En offrant une alternative naturelle aux antibiotiques conventionnels, il pourrait jouer un rôle crucial dans le développement de nouvelles stratégies thérapeutiques. Des recherches futures sont nécessaires pour isoler des composés actifs spécifiques et comprendre leurs mécanismes d'action au niveau moléculaire. Les résultats de ces études pourraient ouvrir la voie à de nouvelles applications pharmaceutiques de l'*Atriplex halimus* et contribuer à l'essor de la phytomédecine. (Soltani *et al.*, 2023).

### II-2-1 Les mécanismes d'action

Les mécanismes d'action des composés bioactifs présents dans *Atriplex halimus*, une plante halophyte largement étudiée pour ses propriétés pharmacologiques, sont variés et complexes. Cette espèce végétale, capable de s'épanouir dans des conditions de salinité élevée, synthétise une gamme de métabolites secondaires, dont des flavonoïdes, des saponines et des alcaloïdes, qui jouent un rôle crucial dans son activité antimicrobienne, les travaux récents ont mis en évidence que ces composés interagissent avec les membranes cellulaires des pathogènes en altérant leur intégrité, ce qui conduit à une augmentation de la perméabilité des membranes. Par ce mécanisme, on observe une perturbation significative des fonctions cellulaires vitales, notamment la synthèse d'ADN et de protéines, entraînant finalement la mort cellulaire des micro-organismes. (El-Aasr *et al.*, 2016 ; CHAOUCHÉ *et al.*, 2021 ; Alkofahi *et al.*, 2023 ; Soltani *et al.*, 2023).

L'analyse phytochimique des parties aériennes d'*Atriplex halimus* L, a abouti à l'isolement de quatre glycosides flavonoliques : la syringétine 3-O- $\beta$ -D-rutinoside (1), la syringétine 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside (2), l'isorhamnétine 3-O- $\beta$ -D-rutinoside, également appelée narcissine (3) et l'artiplexoside A (4). On a isolé pour la première fois les composés (1), (2) et (3) à partir de cette espèce. La configuration chimique des composés a été établie grâce à la <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR et 2D-NMR. L'étude de l'activité antimicrobienne des composés isolés a été réalisée sur place. L'activité antimicrobienne des composés isolés a été examinée et les conclusions ont montré que tous les composés évalués manifestaient une vaste activité antibactérienne. (El-Aasr *et al.*, 2016).

L'isorhamnétine 3-O- $\beta$ -D-rutinoside (narcissin) (3) a démontré son efficacité contre des isolats Gram-négatifs comme *Escherichia coli* et *Acinetobacter baumannii*. L'Artiplexoside A (4) a démontré la plus forte efficacité contre les bactéries Gram-positives, y compris le *Staphylococcus aureus*, le *Streptococcus pyogenes* et l'*Enterococcus faecalis*. (El-Aasr *et al.*, 2016).

Selon (Morad *et al.*, 2023), l'extrait de méthanol d'*A. halimus* a démontré une forte activité antibactérienne contre l'espèce *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 7853. Les travaux de Chaouche *et al.* ont prouvé l'efficacité de l'extrait méthanol-acétone (60-40) d'*A. halimus* pour inhiber la croissance bactérienne : *Salmonella typhimurium* (12 mm), *Enterobacter cloacae* (15 mm), *Staphylococcus aureus* (15 mm) et *Listeria monocytogenes* (12 mm) (CHAOUCHE *et al.*, 2021), tandis que (Rahman *et al.*, 2011) ont démontré que l'extrait méthanolique présente une activité antibactérienne contre les bactéries *Listeria ivanovii* Li4 (pVS2) (40 mm) et *S. aureus* 224 (25 mm).

L'AHAE a démontré une forte activité contre *Salmonella typhimurium* (16 mm), *Klebsiella pneumoniae* (13 mm), *S. aureus* (13,5 mm) et *Helicobacter pylori* (16 mm) selon les travaux de (Messaoudi *et al.*, 2020), ainsi que d'(Alkofahi *et al.*, 2023). L'extrait éthanolique a aussi montré une bonne efficacité contre *H. pylori* avec (17 mm), tandis que la fraction de chloroforme a révélé une activité encore plus prononcée avec (20 mm) (voir tableau II-2). (Alkofahi *et al.*, 2023)

Tableau II-2 *Atriplex halimus* activité antibactérienne

Extrait	Bactéries	Inhibition Zone	Reference
Méthanol acétone (60-40)	<i>Salmonella typhimurium</i>	12	(CHAOUCHE <i>et al.</i> , 2021).
	<i>Enterobacter cloacae</i>	15	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	15	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	12	
Méthanol	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	14	(Rahman <i>et al.</i> , 2011), (Morad <i>et al.</i> , 2023).
	<i>Listeria ivanovii</i> Li4	40	
	<i>Staphylococcus aureus</i> 224	25	
Aqueux	<i>Salmonella typhimurium</i>	16	(Messaoudi <i>et al.</i> , 2020), (Alkofahi <i>et al.</i> , 2023).
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	13	
	<i>Helicobacter pylori</i>	16	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	13,5	

Éthanol	<i>Helicobacterpylori</i>	17	(Alkofahi <i>et al.</i> , 2023).
Chloroforme Fraction	<i>Helicobacterpylori</i>	20	(Alkofahi <i>et al.</i> , 2023).

### II-3 Activité antiparasitaire

#### II-3-1 Activité protoscolicidale

Dans leurs travaux, Bouaziz *et al.* ont affirmé que l'extrait aqueux d'*A. halimus* (AHAE) avait une très forte activité scolicide en analysant l'influence scolicide de l'extrait aqueux de feuilles sur la viabilité des protoscoles *in vitro* (Bouaziz *et al.*, 2021). Après 90 minutes d'incubation, les taux de mortalité étaient respectivement de 30,25 %, 59,66 %, 63,05 %, 96,86 % et 99,95 % pour des concentrations de 20, 40, 50, 60 et 100 mg/mL. L'effet spoliateur était également de 50,81 %, 70,05 %, 91,08 %, 99,33 % et 100 % pour les concentrations de 20, 40, 50, 60 et 100 mg/mL, 99,33 % et 100 % pour les mêmes concentrations après 180 min d'incubation avec l'AHAE. Par rapport aux groupes témoins (0 mg/mL), le taux de mortalité était de 0 %. Toutes les concentrations d'AHAE ont eu une action scolicide dépendante du temps et de la dose. (Bouaziz *et al.*, 2021)

L'étude menée par Mars *et al.* visait à examiner l'effet scolicide de deux extraits, éthanolique et aqueux, d'*Atriplex halimus*, une plante utilisée par les Algériens dans le traitement de l'EC. (Benmarce *et al.*, 2024).

L'analyse comparative a englobé l'étude du contenu phytochimique, la sélection par GC-MS/MS, l'évaluation du potentiel antioxydant à travers DPPH et l'observation de l'action scolicide *in vitro* des extraits d'*A. halimus*. Les feuilles, lorsqu'elles sont extraites à l'aide de solvants aqueux et éthanoliques, renferment respectivement  $19,601 \pm 0,016$  mg et  $15,406 \pm 0,003$  mg de composés phénoliques totaux exprimés en équivalent acide gallique par gramme d'extrait (GAE/g d'extrait). toutefois, La concentration en flavonoïdes des extraits aqueux et éthanoliques était respectivement de  $4,350 \pm 0,023$  et  $1,995 \pm 0,026$  mg d'équivalent quercétine par gramme (QE/g d'extrait). Pour l'extrait éthanolique, quatre composés ont été repérés par GC-MS/MS, alors que pour l'extrait à base d'eau, vingt-trois composés ont été identifiés ( Benmarce *et al.*, 2024).

Les formes éthanoliques et aqueuses d'*A. halimus* ont manifesté une activité antioxydante avec un IC<sub>50</sub> de  $0,850 \pm 0,026$  mg/ml et  $0,897 \pm 0,060$  mg/ml respectivement. Le scolicide *in vitro* le plus puissant a montré un taux d'efficacité de 100 % après une heure et demie, et dix minutes à 100 et 150 mg/ml pour l'extrait éthanolique, tandis que l'extrait aqueux a démontré une efficacité

de 100 % après deux heures et une heure pour les concentrations de 100 et 150 mg/ml respectivement. On pourrait exploiter l'*Atriplex halimus* en tant que ressource naturelle pour produire un agent scolicide potentiel à utiliser lors de chirurgies CE et/ou procédures percutanées. (Benmarce *et al.*, 2024).

Tableau II-3 *Atriplex halimus* capacité scolicide

Concentration (mg/mL)		Mortalité de <i>Echinococcus granulosus</i> Après 90 minutes	Mortalité de <i>Echinococcus granulosus</i> Après 180 minutes	Références
Extrait aqueux	0	0	0	(Bouaziz <i>et al.</i> , 2021)
	20	30.25%	50.81%	
	40	59.66%	70.05%	
	50	63.05%	91.08%	
	60	96.86%	99.33%	
	100	99.95%	100%	
Extrait aqueux Aqueux	75	60%	93.05%	(Benmarce <i>et al.</i> , 2024).
	100	100%	100%	
	150	100%	100%	
Extrait éthanolique Ethanolique	75	62%	98.01%	(Benmarce <i>et al.</i> , 2024).
	100	100%	100%	
	150	100%	100%	

### II-3-2 Activité antileishmaniose

La leishmaniose est une maladie parasitaire qui touche les populations les plus pauvres du monde, entraînant une forte mortalité et morbidité. Suite à des traitements hautement toxiques et sur le long terme, de nouvelles solutions sûres et il est indispensable de disposer de médicaments plus efficaces. Dernièrement, des recherches ont été menées sur l'activité antileishmanienne des flavonoïdes. Les composés présentant le plus haut niveau d'activité antileishmanienne ont été découverts dans la série des flavon-3-ol (flavonol).

Selon la recherche menée par Kabach et ses collaborateurs, l'activité contre le *Leishmania major*, responsable de la leishmaniose cutanée du Vieux Monde, a été examinée.

La fraction soluble dans le n-butanol a présenté un IC<sub>50</sub> de  $92,09 \pm 3,41 \mu\text{g mL}^{-1}$ , alors que l'amphotéricine B (contrôle positif) a montré un IC<sub>50</sub> de  $1,5 \pm 0,95 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Tous les composés analysés paraissent non nocifs pour les cellules hôtes (IC<sub>50</sub> > 30  $\mu\text{M}$ ), tandis que l'IC<sub>50</sub> de l'amphotéricine B était de  $0,91 \pm 1,23 \mu\text{M}$ . (Kabbash, Shoeib., 2012).

Donc selon (Kabbash, Shoeib., 2012). *Atriplex halimus* possède une activité antileishmaniose grâce à ses composés secondaire, en particulier les flavanols. (Kabbash, Shoeib., 2012).

#### II-4 Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est la réaction universelle de l'organisme aux blessures et agressions, qu'elles soient externes ou internes, rencontrées tout au long de sa vie. L'inflammation représente la première phase qui favorise soit la régénération, soit la cicatrisation, afin de garantir la survie.

L'inflammation est un phénomène connu depuis l'époque antique Aulus Cornelius Celsus l'a décrite comme une agrégation de traits : rubor (rougeur), calor (chaleur), tumor (gonflement), dolor (douleur) et functio laesa (impotence fonctionnelle). En réalité, il s'agit simplement des répercussions, ou dommages secondaires, issus de la réponse inflammatoire contrôlée par le système immunitaire. (Piccolo, 2021).

Plusieurs anti-inflammatoires non stéroïdiens ont la capacité de diminuer la douleur et l'inflammation en entravant le métabolisme de l'acide arachidonique par les variantes enzymatiques des cyclooxygénases (COX-1 et/ou COX-2), ce qui réduit la synthèse des prostaglandines (Brune, Patrignani, 2015).

Malheureusement, l'utilisation d'anti-inflammatoires non stéroïdiens peut entraîner de nombreux effets indésirables. Toutefois, certaines plantes médicinales possèdent des propriétés anti-inflammatoires thérapeutiques et présentent peu ou pas d'effets indésirables (Elhassan, 2017). L'Afrique est abondamment pourvue en diverses espèces de plantes médicinales dotées d'effets anti-inflammatoires, prouvés efficaces dans le cadre des traitements traditionnels des inflammations (Oguntibeju., 2018).

La phytothérapie se définit comme étant la médecine qui utilise des extraits de plantes et des substances actives naturelles. L'usage des plantes pour des objectifs médicaux remonte à la période antique et englobe un large éventail de civilisations au fil des époques (Yahia *et al.* 2018).

L'espèce examinée est *Atriplex halimus*, qui fait partie de la famille des Chenopodiaceae. Une plante reconnue dans la thérapie traditionnelle pour ses propriétés exceptionnelles dans le traitement des pathologies. (Dutuit *et al.*, 1991).

L'extrait de méthanol d'*A. halimus* a démontré une prometteuse capacité à inhiber à 90 % l'hémolyse induite par la chaleur et l'hypotonie. 90% de l'hémolyse qui génère la chaleur et l'hypotonie, et qui contribue à la dénaturation de l'albumine. Participe à l'indénaturation de l'albumine à une concentration de 400µg/mL ; également, ce même extrait freine la saturation de l'albumine chez un individu en fonction de la dose, avec un niveau d'inhibition de 81% à une concentration de 400µg/mL (Yahia *et al.*, 2023).

Les concentrations de composés phénoliques, de flavonoïdes et de tanins condensés étaient significativement plus élevées dans l'extrait éthanolique d'*A. halimus* que dans l'extrait aqueux. . En outre, à une concentration de 300 µg/mL, les extraits aqueux et éthanolique d'*Atriplex halimus*. ont montré des taux d'inhibition de 81,4 % et 80,2 % de la dégradation des protéines. Cependant, les taux d'inhibition de l'hémolyse étaient de 67 % pour les extraits aqueux et de 57, 7 % pour les extraits éthylés. En résumé, *A. halimus* peut être considéré comme une source naturelle potentielle d'agents anti-inflammatoires et anti-hémolytiques. (Yahia *et al.*, 2023).

Selon (Taj *et al.*, 2024). Les résultats obtenus ont montré que les extraits aqueux et éthanoliques de l'*Atriplex halimus* sont riches en composés phénoliques qui possèdent plusieurs activités biologiques telles que les effets anti-inflammatoires.

## II-5 Activité antidiabétique

Le diabète regroupe un ensemble de troubles métaboliques caractérisés par une hyperglycémie persistante susceptible d'entraîner des dommages dans divers organes (notamment les yeux, les reins, les nerfs, le cœur et les vaisseaux sanguins) conduisent finalement à un dysfonctionnement. Deux formes majeures de diabète sont identifiées (en plus d'autres) : le diabète de type 1 (T1D) et le diabète de type 2 (T2D). Ce système de catégorisation se base sur plusieurs éléments qui varient entre les patients souffrant de T1D et T2D, comme l'âge d'apparition de la maladie, l'excès de poids, le niveau de résistance à l'insuline (RI), l'éventuelle présence du syndrome métabolique (SM) et le niveau de dégradation des cellules β. (Bielka *et al.*, 2024).

Le diabète est devenu un problème de santé croissant tant pour les pays en développement que pour les pays développés. Maîtriser l'hyperglycémie est l'un des principaux défis qui surgissent lors du processus de surveillance de cette maladie. C'est une maladie chronique qui se manifeste lorsque le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline. D'après (Bakoyiannis *et al.*,

2018), plus de 200 composés naturels d'origine végétale ont été recensés pour leur activité hypoglycémisante. Les mécanismes d'action peuvent jouer un rôle dans le retardement de l'absorption du glucose en inhibant les enzymes de l'hydrolyse des glucides, telles que l' $\alpha$ -amylase et l' $\alpha$ -glucosidase. (Guedri *et al.*, 2024).

De nombreuses recherches ont souligné les vertus antidiabétiques de l'*A. halimus*, qui sont attribuées à son aptitude à diminuer la résistance à l'insuline et à optimiser l'assimilation du glucose par les tissus périphériques, à son aptitude à diminuer la résistance à l'insuline et à optimiser l'assimilation du glucose par les tissus périphériques. Cette plante contient plusieurs composés biologiquement actifs, comme les acides phénoliques, flavonoïdes et alcaloïdes, qui exhibent des effets hypoglycémiques. (Walker *et al.*, 2014).

L'effet du traitement à long terme sur la régulation de la glycémie. Par ailleurs, les rats diabétiques non soignés avaient des niveaux de glycémie à jeun nettement plus élevés que les rats qui n'étaient pas atteints de diabète. Les rats traités à court terme avec l'AAE ont montré des niveaux de jeûne significativement plus élevés par rapport aux rats normaux non traités, ce qui témoigne de l'effet de cette thérapie, l'impact d'un traitement de courte durée par l'AAE d'*A. halim* sur le contrôle de la glycémie est significatif. L'effet de l'AHAE sur la diminution du taux de sucre sanguin a été étudié. Après 2 et 3 heures de traitement, les patients diabétiques ont présenté les baisses les plus significatives de leur glycémie à jeun. de glycémie à jeun de  $280,11 \pm 28,30$  mg/dL (23%) et de  $214,30$  mg/dL (23%). (23%) et de  $214,75 \pm 21,30$  mg/dL (41%), comparativement à  $364,25 \pm 21,30$  mg/dL. À 0h, la mesure est de  $364,25 \pm 21,10$  mg/dL. (Furman, 2015).

Les rats qui ont été injectés de STZ ont montré une débilité marquée et une chute rapide de poids, et quelques-uns sont décédés suite à des complications liées à l'hyperglycémie. Cependant, les rats qui ont reçu la même injection et également des doses d'AHAE 100 et 200 mg/kg de BW ont présenté une progression de leur poids au bout de 42 jours, avec des mortalités modérées et une réduction du niveau de glucose dans le sang.

Les travaux de (Bounouar *et al.*, 2022) ont mis en évidence que l'AAE de l'*A. halimus* a grandement diminué le niveau de sucre sanguin.

Une autre recherche a été réalisée afin d'évaluer l'effet d'*A. halimus* sur des rats à qui une injection de streptozotocine (STZ) a été administrée. Dans le contexte d'un modèle expérimental du diabète de type 1 (T1DM), le traitement par l'antibiotique STZ, connu pour provoquer une diminution de la pression artérielle, a été appliqué à des rats ayant bénéficié d'une injection de

STZ. L'antibiotique STZ, qui provoque la destruction des cellules des îlots pancréatiques, est couramment employé. (Cherrada *et al.*, 2023).

Cherrada et al mène ensuite une étude visant à évaluer l'impact du traitement à court et à long terme d'*A. halimus* sur le taux de glucose sanguin, et sur le taux de sucre dans le sang à long terme. D'après les études, l'AAE d'*A. halimus* a notablement réduit le niveau de sucre sanguin chez les rats diabétiques après une période de traitement de 30 jours. D'après les résultats de la recherche (Cherrada *et al.*, 2024), une diminution de 54% a été observée par rapport aux niveaux initiaux de glycémie à jeun chez les rats diabétiques, en comparaison avec les niveaux avant le traitement. Concernant la glycémie à jeun avant le traitement, on a observé une diminution de 54% de l'effet à long terme du traitement sur la glycémie. (Cherrada *et al.*, 2024).

Donc l'*Atriplex halimus* possède une capacité hypoglycémiant significative, attribuée à la richesse de sa composition en métabolites secondaires bioactifs, tel que les flavonoides, saponines et les alcaloides, qui jouent un rôle clé dans la régulation de la glycémie.

## II-6 Activité hépatoprotectrice

Le foie est souvent perçu comme l'organe le plus crucial en matière de toxicité médicamenteuse pour deux raisons : premièrement, il se situe entre le lieu d'absorption et la circulation systémique et constitue un site prépondérant du métabolisme. Cela permet l'élimination des substances étrangères, mais ces caractéristiques font aussi de lui une cible de choix pour la toxicité des médicaments. Ainsi, les dommages au foie causés par les médicaments représentent un enjeu clinique de première importance. Ces dommages sont désormais la cause principale de l'insuffisance hépatique aiguë et des greffes dans les pays occidentaux. (Rusmann *et al.*, 2009).

La majorité des cas d'insuffisance hépatique aiguë due aux médicaments aux États-Unis est attribuée à l'hépatotoxicité intrinsèque résultant d'une surconsommation d'acétaminophène (APAP ; paracétamol en Europe). Et au Royaume-Uni. Toutefois, l'hépatotoxicité liée à la majorité des autres médicaments est idiosyncrasique, signifiant par définition que l'insuffisance hépatique aiguë ne survient que chez un petit nombre de personnes exposées à un médicament à des doses thérapeutiques. De plus, le risque d'insuffisance hépatique aiguë associé aux hépatotoxines idiosyncrasiques est généralement inférieur à 1 sur 10'000 patients traités. Toutefois, plus d'un millier de médicaments et de produits à base de plantes sont liés à une hépatotoxicité idiosyncrasique, et la totalité des hépatotoxicités idiosyncrasiques est à l'origine plus de 10 % des cas d'insuffisance hépatique aiguë (Rusmann *et al.*, 2009).

Dans une recherche menée par Slama et ses collaborateurs (Slama *et al.*, 2020). On a utilisé le tétrachlorure de carbone (CCl<sub>4</sub>), un xénobiotique puissant qui cause la nécrose hépatique et la stéatose (Manibusan *et al.*, 2007 ; Brautbar, Williams., 2002), pour évaluer l'efficacité de l'AHAE face à divers indicateurs biochimiques. Une augmentation significative de l'hémoglobine a prouvé la présence d'une hépatotoxicité. L'hépatotoxicité a été prouvée par une élévation significative des niveaux de l'aspartate-transaminase (AST), de l'alanine transaminase (ALT), de la phosphatase alcaline (ALP), de la gamma-glutamyltransférase ( $\gamma$ -GT) et du lactate déshydrogénase (LDH). Les niveaux de déshydrogénase lactique (LDH) et de plasmabilirubine ont augmenté suite à une administration de CCl<sub>4</sub>, alors que les taux de protéines totales, du plasma et d'albumine ont montré une réduction significative.

Les niveaux de protéines totales, de plasma et d'albumine se sont nettement réduits comparativement au groupe de contrôle. L'AHAE a été employé en tant que traitement préliminaire, contribuant à diminuer l'accroissement des enzymes somatiques et de la bilirubine dans le sérum. L'AHAE a servi de traitement préalable, diminuant ainsi l'élévation des niveaux d'enzymes sériques et de bilirubine. Itals a aussi mis en évidence la réduction des protéines totales et de l'albumine induite par le CCL<sub>4</sub>. Toutefois, le groupe ayant uniquement reçu l'AHAE n'a pas démontré de distinction notable entre ces paramètres. On observe une différence notable dans l'activité de ces paramètres comparativement au groupe contrôle. (Tableau II-3).

Tableau II-4 effet du CCL<sub>4</sub>-de l'AHE et leur combinaison (AHE+CCL<sub>4</sub>) sur les paramètres métaboliques des rats témoins et expérimentaux (Slama *et al.*, 2020).

Paramètres	Contrôle	CCl <sub>4</sub>	AHE+CCl <sub>4</sub>	AHE
alanine transaminase ALT (U/L)	22.50±3.83	+++	+	*
Sérum aspartate transaminase AST (U/L)	37.50±5.20	+++	+	*
Alcaline phosphatase ALP (U/L)	76.83±4.02	++	+	*
Lactate déshydrogénase LDH (U/L)	94.83±12.15	+	++	*

Gamma-glutamyltransférase GGT (U/L)	2.54±0.39	+	+	*
Bilirubine totale TB (mg/L)	7.85±0.70	+	+	*
Bilirubine directe DB (mg/L)	2.33±0.40	+	+	*
Protéines totales du plasma TP (g/L)	73.82±1.48	-	-	*
Albumine Alb (g/L)	46.55±0.89	-	*	*

Note: +=augmentation; -=diminution; \*=pas d'effet

Selon (Khaoula, Ali., 2020), cette recherche a été menée afin d'examiner l'action préventive et thérapeutique de l'extrait aqueux des parties aériennes d'*Atriplex halimus* L. (Ah) contre l'intoxication au benzène (BZ) chez les rats hépatiques. Cinq groupes de 6 rats mâles albinos ont été formés, à savoir le groupe Contrôle, Ah, BZ, AhP+ BZ, et enfin le groupe BZ+ AhC. On a incorporé du BZ (à raison de 100 mg/kg p.c.) dans l'eau de consommation sur une durée de 15 semaines. On a administré un extrait aqueux d'*Atriplex halimus* par voie intragastrique durant les 30 derniers jours de l'exposition au BZ pour le traitement curatif (AhC), et tout au long de l'exposition au BZ pour le traitement préventif (AhP). Au terme de l'expérience, l'augmentation du poids corporel ainsi que le poids L'estimation du gain de poids corporel et du poids relatif du foie a été faite, suivie d'une analyse des marqueurs enzymatiques hépatiques (AST, ALT, ALP et LDH) par spectrophotométrie. Des études histopathologiques sur les tissus hépatiques ont également été réalisées en utilisant la technique de coloration à l'Hématoxyline et l'Éosine. (Khaoula, Ali., 2020).

Donc l'administration de benzène aux rats a entraîné une modification des paramètres physiologiques (poids corporel et organes) ainsi que des marqueurs enzymatiques hépatiques (AST, ALT, ALP et LDH). De plus, les études histopathologiques ont révélé une dégradation massive du tissu hépatique chez les rats exposés au BZ. Néanmoins, le traitement par *Atriplex halimus*, en particulier son effet préventif, a atténué la majorité des effets néfastes induits par le benzène. Ah a rétabli les modifications physiologiques, biochimiques et histopathologiques. (Khaoula, Ali., 2020).

## II-7 Activité néphroprotectrice

La néphrotoxicité désigne l'apparition de dommages fonctionnels ou structuraux aux reins suite à une exposition à divers médicaments, autres traitements ou toxines exogènes, et peut entraîner différentes conséquences fonctionnelles et lésions structurelles. La néphrotoxicité revêt une grande importance puisqu'elle peut toucher une part significative d'enfants soignés avec certains médicaments et parfois entraîner une grave défaillance rénale qui pourrait entraver l'administration d'un traitement anticancéreux optimal et/ou diminuer la qualité de vie des survivants à long terme. (Skinner, 2011).

Le benzène (BZ), dont la formule est C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, est le composé aromatique principal. Utilisé depuis un siècle, il reste un composant intermédiaire et un solvant couramment employé et produit. On trouve en grande quantité dans les secteurs chimiques et pétroliers, y compris l'essence, les gaz d'échappement automobiles, divers polymères, résines, fibres synthétiques et la fumée de cigarette. On l'utilise également dans la production de produits tels que le caoutchouc, les détergents, les lubrifiants, les pesticides et les médicaments.

La recherche de (Zeghib, Djahra., 2019), montre que l'administration d'*Atriplex halimus* peut diminuer (ou totalement empêcher) diverses toxicités provoquées par le BZ au niveau des reins. Ce potentiel protecteur pourrait impliquer le puissant antioxydant.

Les propriétés de cette plante permettent d'éliminer les radicaux libres et les dommages oxydatifs causés par le BZ. Par conséquent, la supplémentation alimentaire en Ah pourrait être une méthode utile pour protéger les populations à haut risque d'intoxication chronique au BZ environnemental et/ou professionnel, et pour neutraliser les radicaux libres générés au niveau des reins. (Zeghib, Djahra., 2019).

Ces dernières années, avec la surproduction et la consommation effrénées d'aliments transformés et pratiques, l'utilisation des additifs alimentaires a considérablement augmenté. Ces additifs sont couramment utilisés pour diverses finalités et la plupart d'entre eux ont une fonction de conservateur. Les conservateurs alimentaires sont des substances ajoutées pour éviter la détérioration des aliments due aux micro-organismes, aux enzymes et à l'exposition à l'oxygène. Le benzoate de sodium (SB), un des agents conservateurs alimentaires courants (4), est le sel sodique de l'acide benzoïque et possède la formule chimique C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>NaO<sub>2</sub> ainsi que le numéro E211. Elle se distingue par une stabilité notable et une excellente capacité de dissolution dans l'eau, ce qui a favorisé son utilisation répandue dans plusieurs produits alimentaires comme la

margarine, la sauce, la marmelade, la gélatine, les liqueurs, la bière, les jus de fruits et les boissons gazeuses. (Zeghib, Boutlelis., 2021).

La Food and Drug Administration (FDA) considère généralement le SB comme sûr (GRAS), avec une limite autorisée dans les aliments de 0,1% (1000 ppm). Les reins jouent un rôle crucial dans l'élimination des substances toxiques du corps en les concentrant dans leurs tubules et La production de stress oxydatif au niveau du rein est le mécanisme principal de la néphrotoxicité induite par les xénobiotiques. Ainsi, une approche naturelle. (Zeghib, Boutlelis., 2021).

Il est crucial de consommer une alimentation riche en composés antioxydants pour prévenir ou atténuer les effets toxiques des substances chimiques sur le rein. Les plantes possèdent des vertus thérapeutiques extraordinaires. Leurs applications pour le traitement de diverses maladies chez les êtres vivants sont très anciennes, les éliminant par l'urine. Ces fonctions le rendent vulnérable aux dommages résultant d'une exposition cumulative prolongée à des composés métaboliques toxiques. SB est en outre éliminé par les reins et leur utilisation continue peut provoquer des effets néfastes, tout comme d'autres produits chimiques. De plus, le programme international sur la sécurité des produits chimiques (IPCS) n'a signalé aucun effet indésirable sur la santé humaine à des doses de 647 à 825 mg/kg de poids corporel par jour. (Zeghib, Boutlelis., 2021).

Toutefois, de nombreuses études indiquent que la consommation de benzoate de sodium entraîne l'urticaire, l'angioedème, l'asthme, l'hyperactivité infantile et l'anxiété. Elle a également été liée à des dommages à l'ADN. Cette recherche prouve que l'*Atriplex halimus* peut atténuer (ou empêcher) diverses toxicités induites par le benzoate de sodium dans les reins. Ce potentiel protecteur pourrait être dû à ses propriétés antioxydantes et de neutralisation des radicaux libres. Par conséquent, *Atriplex halimus* peut servir d'agent néphroprotecteur et protéger les reins des lésions induites par le SB. (Zeghib, Boutlelis., 2021).

D'après Slama *et al*, qui avaient pour objectif d'étudier le rôle de protection rénale et la capacité antioxydante de l'extrait aqueux de feuilles d'*Atriplex halimus* (AHAE) face aux dommages rénaux causés par le tétrachlorure de carbone chez les rats. Huit rats expérimentaux ont été assignés de manière aléatoire en quatre groupes distincts:

Le groupe (C) a été utilisé comme témoin et a suivi une alimentation normale, tandis que le groupe (CCl<sub>4</sub>), également sous un régime normal, a reçu une injection de 1,0 ml/kg de CCl<sub>4</sub> après 4 semaines. Le groupe comprenant AHAE et CCl<sub>4</sub> a été administré 200 mg/kg du poids corporel

d'AHAE pendant une durée de 4 semaines. Par la suite, ils ont reçu une injection de tétrachlorure de carbone dissous dans l'huile d'olive (v/v) à raison de 1,0 ml/kg du poids corporel par voie intrapéritonéale. De leur côté, le groupe uniquement AHAE a également reçu 200 mg/kg du poids corporel d'AHAE sur une période de 4 semaines. L'AHAE a été évalué pour son effet néphroprotecteur à l'aide d'analyses histopathologiques et biochimiques, en quantifiant divers indicateurs dans le plasma, l'urine et les homogénats rénaux. (Slama *et al.*, 2021).

Les résultats montrent que l'administration intrapéritonéale de CCl<sub>4</sub> a entraîné d'importantes lésions rénales liées à un stress oxydatif, amplifiant les taux de malondialdéhyde (MDA), de produit protéique d'oxydation avancée (AOPP) et de peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), tandis qu'elle réduisait le système antioxydant, y compris le glutathion réduit (GSH), la vitamine C (Vit C), la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (GPx) et la glutathion-S-transférase. En comparaison avec le groupe de contrôle. L'AHAE, grâce à son prétraitement, a réussi à réduire la plupart de ces paramètres biochimiques à des niveaux standards et à optimiser les modifications histopathologiques comparativement au groupe traité au CCl<sub>4</sub>. Les résultats démontrent l'usage potentiel de l'AHAE comme une source de composés bioactifs ayant des bénéfices pharmacologiques (Slama *et al.*, 2021).

## II-8 Activité anti tumorale

Une tumeur est un développement anormal de tissu qui semble surgir et se développer de manière spontanée, présentant une structure atypique, qui n'a pas pour fonction de l'organisme et qui ne parvient pas à une phase de croissance définie. (Brown *et al.*, 2023).

Le cancer est une pathologie caractérisée par la prolifération incontrôlée de certaines cellules du corps qui finissent par se disséminer vers d'autres zones. Le cancer est un groupe de maladies caractérisées par la prolifération incontrôlée de cellules. Ignorant le signal d'arrêt de l'organisme, les cellules malignes multiplient pour former des tumeurs dans les organes et les tissus ou, dans le cas des cancers du sang, une foule de cellules normales dans la circulation sanguine et la moelle osseuse. (Brown *et al.*, 2023).

Le cancer reste l'une des principales causes de maladie et de décès dans le monde entier. D'après l'Organisation mondiale de la santé en 2018, il est indispensable de mettre au point des stratégies thérapeutiques nouvelles et efficaces. Ces dernières années, les plantes médicinales ont gagné en popularité comme sources potentielles de traitements anticancéreux, grâce à la variété de leurs composants bioactifs et leur profil de toxicité généralement moins élevé comparé aux médicaments synthétiques. (Alsenosy *et al.*, 2024).

*Atriplex halimus* Traditionnellement employé dans la médecine traditionnelle pour soigner diverses maladies, il a récemment suscité l'intérêt de la communauté scientifique pour ses vertus médicinales possibles. (Alsenosy *et al.*, 2024).

D'après l'étude menée par (Elbouzidi *et al.*, 2022), le profil phytochimique de l'AHEE révèle une grande diversité en ce qui concerne les composés phénoliques, y compris l'acide gallique, l'acide syringique et l'acide trans-férulique, parmi d'autres. Dans ce travail, ils ont examiné deux lignées cellulaires humaines de cancer du sein (MCF-7 et MDA-MB-231) pour analyser l'effet cytotoxique de l'AHEE sur les cellules cancéreuses. L'AHEE a démontré une cytotoxicité significative contre les cellules cancéreuses du sein, notamment la lignée cellulaire MCF-7 qui est positive pour le récepteur aux œstrogènes (ER). L'étude de l'activité cytotoxique a démontré des effets significatifs en termes de cytotoxicité selon la dose administrée, contre les deux types de cellules du carcinome mammaire. Thérapeutiques contre le cancer (Elbouzidi *et al.*, 2022).

AHHE à nouveau fait preuve d'activité cytotoxique contre les lignées cellulaires HepG2 et MDA-MB-463, avec des valeurs IC<sub>50</sub> respectives de  $31.22 \pm 3.19$  µg/mL et  $48.22 \pm 2.03$  µg/mL. Ces résultats *in vitro* ont été corroborés par des analyses informatiques, qui ont validé le potentiel antioxydant et anticancéreux, soulignant l'efficacité supérieure de l'AHHE. (Roubi *et al.*, 2023).

Pour conclure, *A. halimus* est une source riche en agents bioactifs naturels, soulignant ainsi son rôle crucial dans la médecine traditionnelle. En associant le savoir traditionnel à la validation scientifique, cette étude ouvre la voie à de futures recherches sur les traitements par les plantes. C'est particulièrement pertinent dans le cadre de l'augmentation des taux de cancer à l'échelle mondiale et des défis posés par les maladies infectieuses (Roubi *et al.*, 2023).

D'après la recherche menée par (Alsenosy *et al.*, 2024), l'*Atriplex halimus* a montré des vertus antiprolifératives. Cependant, ses impacts sur la tumeur solide d'Ehrlich (EST) n'ont pas encore été étudiés. Cette étude avait pour objectif d'examiner l'impact curatif de l'extrait éthanolique d'*A. Halimus* sur la tumeur solide d'Ehrlich chez les souris et de percer les mystères de ses modes d'action sous-jacents. Pour atteindre D'après l'étude réalisée par Alsenosy *et al.* Pour atteindre notre objectif, ils ont utilisé des souris albinos suisses afin d'induire l'EST, ces dernières ont été réparties en quatre groupes : un groupe témoin négatif, un groupe avec EST non traité, un groupe traité avec 180 mg/kg d'extrait d'*A. Halimus*, et enfin un groupe ayant reçu 360 mg/kg d'extrait d'*A. Halimus*. L'expression génique, les niveaux de protéines et les dommages à l'ADN dans les tissus tumoraux ont été évalués grâce au qRT-PCR, au western blot et au test de la comète. Nos résultats ont démontré une réduction notable de la taille de la tumeur chez les souris EST traitées avec des doses

faibles et élevées d'extrait brut d'*A. halimus*, comparativement aux souris EST non traitées. (Alsnosy *et al.*, 2024)

Des analyses par PCR en temps réel et des études sur l'expression des protéines ont démontré que l'extrait d'*A. halimus* stimule les processus apoptotiques, ce qui provoque une élévation de l'expression de p53, de la Caspase 3 et de cdc2, tout en réduisant la régulation de Bcl-2 à l'échelle de l'ARNm dans les souris soumises à un traitement par EST.

De plus, l'essai des comètes a révélé le potentiel génotoxique de l'*A. halimus* sur les cellules tumoralement solides. Nos conclusions indiquent que l'*A. halimus* pourrait être une source naturelle prometteuse d'agents anti-prolifératifs pour le cancer. Néanmoins, il est impératif de mener d'autres essais cliniques afin de démontrer son efficacité et sa sécurité pour une application thérapeutique. Cette étude offre des éclaircissements essentiels sur les processus moléculaires responsables des actions antitumorales de l'*A. halimus* et souligne son potentiel dans les approches (Alsenosy *et al.*, 2024).

### II-9 Cytotoxicité d'*A. halimus*

L'enquête menée par (Roubi *et al.*, 2025), qui a fait appel au test MTT, a démontré que les extraits de feuilles et de tiges d'*A. halimus* obtenus par hydrodépimentation 50/50 présentent une toxicité à l'égard des cellules hépatiques G2 (hépatocytes). Des cellules HepG2 (carcinome hépatocellulaire) et des cellules L6 ont été exposées à des concentrations de 100 et 200 µg/mL ; les résultats ont montré une inhibition de croissance de 25,41% et 43,14% respectivement (Alhamadani, Al-Waheeb., 2022).

Selon Alhamadani et Al-Waheeb (2022), la suppression de la croissance cellulaire a atteint 25,41 % et 43,14 %. Une étude menée par (Roubi *et al.*, 2023) a démontré que les AE d'*A. halimus* possèdent un fort potentiel cytotoxique contre l'adénocarcinome du sein métastatique (MDA-MB-468), avec des valeurs respectives de 31, 22±3, 19 et 73, 31±6,93 µg/mL, l'hépatocarcinome (HepG2) 48.17±2.03 et 189.17±8.41 µg/mL, ainsi que le cancer colorectal (HCT-15) 51, 12±4, 41 et 97, 60±10, 26 µg/mL (voir Tableau II-4).

Tableau II-5 Activité cytotoxique d'*Atriplex halimus*

Références	Type d'extrait	Cellule/cellules	Croissance cellulaire inhibition	CC50

(Kadan <i>et al.</i> , 2013).	Extrait d'hydroéthanol (50/50)	HepG2 L6myccelline		0.8±0.3mg/MI 1.72±0.22mg/mL
Al-Senosa <i>et al.</i> , 2018).	Extrait brut	HepG2 MCF-7		54.86µg/MI 153.6µg/mL
(Alhamadani, Waheeb, 2022).	Méthanol	Pancréas carcinome	25.41% at 100µg/mL 43.14% at 200µg/mL	
(Roubi <i>et al.</i> , 2023).	Hydro-ethanolic Extraits aqueux Hydro-éthanol Extraits aqueux Hydro-éthanol Extraits aqueux	MDA-MB-468 MDA-MB-468 HepG2 HepG2 HCT-15 HCT-15		31.22±3.19µg/mL 73.31±6.93µg/mL 48.17±2.03µg/mL 189.17±8.41µg/mL 51.12±4.41µg/mL 97.60±10.26µg/mL

## II-10 Activity cicatrisante

Le processus de cicatrisation des tissus après une blessure est un mécanisme complexe et soigneusement coordonné, essentiel pour maintenir l'intégrité de la barrière cutanée. La réponse immunitaire occupe une place centrale tout au long de cette démarche. L'activation des cellules immunitaires, notamment des macrophages ainsi que la libération de médiateurs spécifiques, initient un processus inflammatoire qui facilite le nettoyage de la plaie dans le but d'éliminer les débris cellulaires, les pathogènes éventuels et les cellules endommagées. (Salon, 2024).

Pour évaluer l'effet cicatrisant de la crème à base d'extrait d'*Atriplex halimus*, récolté dans le Sud-Ouest algérien, sur des rats Wistar. (Missoun *et al.*, 2024), Les profils de polyphénols et les éléments minéraux ont été analysés par HPLC et absorption atomique, respectivement. L'impact de la crème a été examiné, étude a également été menée sur les différentes étapes de la guérison ainsi que son impact sur la contraction des plaies, en évaluant également le temps de fermeture des plaies et en déterminant le taux de contraction des plaies, les observations indiquent la présence de flavonoïdes, d'acides phénoliques, de tanins et de minéraux dans l'extrait aqueux d'*A. Halimus*.

Les données sur la guérison des plaies indiquent que la crème d'*A. Halimus* favorise la contraction et la réépithélialisation des blessures. (Missoun *et al.*, 2024).

L'étude histologique a corroboré ces résultats, montrant une cicatrisation notable dans le groupe traité et un traitement de tous les tissus lésés. Il y a une cicatrisation notable et tous les tissus affectés ont été réparés. Les résultats démontrent que la crème *A. halimus L* a un potentiel encourageant pour la cicatrisation des plaies. (Missoun *et al.*, 2024).

### **II-11      Activité anticholinestérase**

L'enzyme cholinergique, l'acétylcholinestérase (AChE), se trouve dans les jonctions neuromusculaires du côté postsynaptique. Selon l'étude de (Guedri *et al.*, 2024) l'AChE a pour fonction de décomposer ou d'hydrolyser la choline en acide acétique et en choline. L'AChE, l'enzyme clef de l'hydrolyse de l'acétylcholine, étant inhibée, représente une des approches thérapeutiques envisageables contre diverses affections neuronales telles que la maladie d'Alzheimer, la démence sénile, l'ataxie et la myasthénie grave (Benhammou *et al.*, 2002).

On a évalué l'activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase présente dans l'extrait méthanolique d'*A. Halimus* en utilisant un test colorimétrique, et on l'a exprimée en valeurs IC50 équivalentes au donépézil pour chaque gramme d'extrait végétal. Les valeurs IC50 pour l'inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE) se situaient entre 147, 2 et 153, 69 µg/mL. (Guedri *et al.*, 2024).

### **II-12      Activité immunomodulatrice**

La modulation du système immunitaire implique l'amplification, l'expression, l'induction ou l'inhibition de n'importe quelle phase de la réponse immunitaire. Le système immunitaire peut être modulé par divers mécanismes tels que l'activation ou l'inhibition du complément, la prolifération des lymphocytes, l'activation/inhibition des macrophages ou l'influence sur la production de cytokines par diverses cellules immunitaires. (El-Aasr *et al.*, 2016).

Il est important de moduler la réponse immunitaire pour guérir de nombreuses maladies, en particulier si les plantes sont utilisées comme alternative aux médicaments. Les remèdes traditionnels. Des recherches menées récemment ont démontré que de multiples plantes ont été employées en tant qu'immunomodulateurs et Certaines stimulaient directement le système immunitaire, tandis que d'autres avaient un effet d'immunosuppression. L'emploi potentiel des immunomodulateurs en médecine pourrait impliquer l'activation de la réaction immunitaire, comme c'est le cas pour les patients atteints du SIDA. (El-Aasr *et al.*, 2016).

Il pourrait également s'agir de réduire les fonctions immunitaires trop actives et non souhaitées, comme dans le contexte des maladies auto-immunes ou du rejet d'organes transplantés. De plus, les antigènes peuvent aussi être utilisés avec des immunomodulateurs pour renforcer la réaction du système immunitaire aux éléments des vaccins. Durant le processus inflammatoire, d'énormes volumes de médiateurs pro-inflammatoires comme le facteur alpha (TNF- $\alpha$ ), la prostaglandine E2 (PGE2), le monoxyde d'azote (NO) ainsi que la cyclooxygénase-2 (COX-2) sont produits. (El-Aasr *et al.*, 2016).

Donc, l'utilisation de plantes en tant qu'immunomodulateurs présente des avantages parce que Les patients et les médecins l'acceptent. Selon les données précédentes, l'étude menée par Asser et al a été choisie pour examiner *Atriplex halimus* précieux afin d'isoler et de caractériser les métabolites secondaires biologiquement actifs. (El-Aasr *et al.*, 2016).

On a examiné leur fonction immunomodulatrice sur les macrophages humains en laboratoire. Les composés: la syringétine 3-O- $\beta$ -D-rutinoside et la syringétine 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside pourraient activer la réponse immunitaire et pourraient être envisagés comme candidats pour concernant les infections, d'une part, et les composés L'isorhamnétine 3-O- $\beta$ -D-rutinoside (narcissin) et l'artiplexoside A pourraient inhiber la réaction immunitaire, ce qui laisse supposer leur rôle dans le contexte de la transplantation d'organes. (El-Aasr *et al.*, 2016).

### **II-13 Lien entre les activités biologiques et les composés phénoliques.**

Selon l'étude actuelle, les résultats ont démontré que les activités biologiques des extraits de feuilles d'*A. halimus* étaient corrélées différemment avec les composés phénoliques Effectivement, une corrélation positive et hautement significative ( $p < 0.001$ ) a été constatée.

On a établi diverses corrélations entre l'activité des extraits de feuilles *A. halimus* et les composés phénoliques. Effectivement, une corrélation positive et fortement significative ( $p < 0.001$ ) a été constatée entre les niveaux de polyphénols totaux et de flavonoïdes, et l'activité antioxydante (tests FRAP et DPPH). (Guedri *et al.*, 2024).

Des corrélations similaires ont également été notées entre les niveaux de tanins et d'anthocyanines et les valeurs d'activité antioxydante. Plusieurs recherches ont établi des corrélations favorables entre les niveaux de polyphénols et les activités de lutte contre les radicaux libres, ces corrélations attestent que les composés phénoliques sont les micro-composants principaux qui contribuent à l'activité biologique des extraits de feuilles d'*A. halimus*. En revanche, la corrélation entre les niveaux des différentes classes de phénols et les activités inhibitrices de l' $\alpha$ -amylase et de l'acétylcholinestérase n'étaient pas significatifs.

Toutefois, l'inhibition de l' $\alpha$ -glucosidase a montré une corrélation négative avec les niveaux de flavonoïdes et d'anthocyanines. Il semble que ces activités biologiques soient liées à la présence d'autres catégories de composés. Des analyses qualitatives initiales ont démontré la présence de diverses catégories de molécules bioactives, y compris On reconnaît également que les stérols, les saponines, les coumarines et les caroténoïdes ont la capacité de bloquer l'action des trois enzymes examinées. Ces corrélations n'attestent que les extraits de feuilles d'*A. halimus* renferment majoritairement des polyphénols, qui sont les phytoconstitués à l'origine de leurs actions biologiques. Ainsi, cette découverte indique qu'*A. halimus* est une source de multiples molécules bioactives et peut orienter la recherche de composés qui défendent l'organisme contre diverses affections. (Guedri *et al.*, 2024).

# **Conclusion**

## Conclusion

Depuis les débuts de l'humanité, les traitements naturels, élaborés à partir des propriétés de la flore, de la faune, des microbes et des créatures marines, sont employés partout dans le monde. L'essence de la flore, de la faune, des microbes et des organismes marins a été cruciale dans le combat contre les maladies et leur prévention. Notre étude minutieuse des éléments phytochimiques d'*A. halimus* révèle une vaste diversité de composés bioactifs. *A. halimus* dévoile une diversité abondante de composés bioactifs, des acides phénoliques et flavonoïdes aux alcaloïdes. Des flavonoïdes, des alcaloïdes et des acides phénoliques.

Les composants identifiés ont démontré leurs effets pharmacologiques profonds, notamment leurs fortes capacités antioxydantes, antibactériennes, antidiabétiques et scolicides. Cette recherche a non seulement mis en évidence le potentiel thérapeutique diversifié d'*A. halimus*, mais elle a aussi ouvert la voie à de futures investigations. De nombreux composés, bien qu'ils soient présents, demeurent assez peu explorés en ce qui concerne leur valeur médicale. Nous espérons vivement que cette étude servira de point d'ancrage à de futures recherches futures, accélérant les efforts pour exploiter tout l'arsenal thérapeutique d'*A. halimus*.

En fin de compte, l'objectif est de démêler et d'utiliser ces remèdes naturels à leur plein potentiel, ouvrant ainsi la voie à des la voie à des traitements innovants et efficaces dans la médecine moderne.

# **Références bibliographiques**

## Reference bibliographique

- Abou Auda, M. (2012). Medicinal plant diversity in the flora of Gaza Valley, Gaza Strip, Palestine.
- Aganga, A. A., & Tshwenyane, S. (2003). Feeding values and anti-nutritive factors of forage tree legumes.
- Aguilera-Carbo, A., Augur, C., Prado-Barragan, L. A., Favela-Torres, E., & Aguilar, C. N. (2008). Microbial production of ellagic acid and biodegradation of ellagitannins. *Applied microbiology and biotechnology*, 78, 189-199.
- Alhamadani, A. H., & Al-Waheeb, A. N. (2022). New Phytochemical Investigation of *Atriplex halimus* L. and Evaluation of its Cytotoxic and Anticancer Effect on Human Pancreas Cancer Cells. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13.
- Alkofahi, A. S., Alzoubi, K. H., Masadeh, M. M., & Rashed, Z. A. (2023). Anti-microbial activity of jordanian plant extracts against helicobacter pylori. *Pak. J. Bot*, 55(2), 791-797.
- Harborne, A. J. (1998). *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. springer science & business media.
- Hossain, M. A., Al-Hdhrami, S. S., Weli, A. M., Al-Riyami, Q., & Al-Sabahi, J. N. (2014). Isolation, fractionation and identification of chemical constituents from the leaves crude extracts of *Mentha piperita* L grown in Sultanate of Oman. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 4, S368-S372.
- Al-Senosy, N. K., Abou-Eisha, A., & Ahmad, E. S. (2018). In vitro Antiproliferation Effect of *Atriplex halimus* L. Crude Extract on Human Cell Lines by Induction of Apoptosis and G2/M phase Arrest. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, Physiology and Molecular Biology*, 10(1), 115-126.
- Alsenosy, N. K., El-DougDoug, K. A., & El Nady, G. H. (2024). Evaluation of Antiproliferative Activity In Vivo of *Atriplex halimus* Extract against Ehrlich Ascites Carcinoma Cells. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 15(9), 111-118.
- Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., ... & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20.
- Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*, 04 (03), 3–8.
- Pandey, A., & Tripathi, S. (2014). Concept of standardization, extraction and pre phytochemical screening strategies for herbal drug. *Journal of Pharmacognosy and phytochemistry*, 2(5). Doughari, J. H. (2012). Phytochemicals—A global perspective of their role in nutrition and health. *Phytochemicals: Extraction Methods, Basic Structures*

- and Mode of Action as Potential Chemotherapeutic Agents, 1-32 *Phytochemistry* 2.5 (2014).
- Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med aromat plants*, 4(196), 2167-0412. Ingle, Krishnananda P., et al. "Phytochemicals: Extraction methods, identification and detection of bioactive compounds from plant extracts." *Journal of Pharmacognosy and*
  - Badhani, B., Sharma, N., & Kakkar, R. (2015). Gallic acid: A versatile antioxidant with promising therapeutic and industrial applications. *Rsc Advances*, 5(35), 27540-27557.
  - Ball, G. F. (2008). *Vitamins: their role in the human body*. John Wiley & Sons.
  - Bayo, J., Sola, C., Garcia, F., Latorre, P. M., & Vazquez, J. A. (1993). Prevalence of non-insulin dependent diabetes mellitus in Lejona (Vizcaya, Spain). *Medicina clinica*, 101(16), 609-612.
  - 
  - Behaz<sup>1</sup>, Z. F., Allache, F. D., Mebrek, N., & Belhadj, A. (2024). Inventorization of ethnobotanical use of some medicinal halophytes plants in the Algerian arid zone (Biskra). *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 12(6), 1143-1155.
  - Benchaâbane, A., & Abbad, A. (1997). *Les plantes médicinales commercialisées à Marrakech*. Traces du présent.
  - Benhammou, N., Bekkara, F. A., & Panovska, T. K. (2009). Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Comptes Rendus. Chimie*, 12(12), 1259-1266.
  - Benhouda, A., & Yahia, M. (2015). Toxicity and anti-inflammatory effects of methanolic extract of *Umbilicus rupestris* L. leaves (Crassulaceae). *Int J Pharm Bio Sci*, 6(1), 395-408.
  - Benmarce, M., Elissondo, M. C., Laatamna, A., & Haif, A. (2024). Comparative study of the anthelmintic activity of ethanolic and aqueous extracts of *Atriplex halimus*, the anti-echinococcal plant used in Algeria. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 54, 101094.477.
  - Bensakhria, A. (2018). Le stress oxydatif. *Toxicologie générale*, 70-86.
  - Bhalodia, N. R., Nariya, P. B., Acharya, R. N., & Shukla, V. J. (2013). In vitro antioxidant activity of hydro alcoholic extract from the fruit pulp of *Cassia fistula* Linn. *AYU (An international quarterly Journal of Research in Ayurveda)*, 34(2), 209-214.
  - Bielka, W., Przekaz, A., Mołęda, P., Pius-Sadowska, E., & Machaliński, B. (2024). Double diabetes—when type 1 diabetes meets type 2 diabetes: definition, pathogenesis and recognition. *Cardiovascular diabetology*, 23(1), 62.
  - Blumenthal-Goldschmidt, S., & Poljakoff-Mayber, A. (1968). Effect of substrate salinity on growth and on submicroscopic structure of leaf cells of *Atriplex halimus* L. *Australian Journal of Botany*, 16(3), 469-478.
  - Bouaziz, S., Amri, M., Taibi, N., Zeghir-Bouteldja, R., Benkhaled, A., Mezioug, D., & Touil-Boukoffa, C. (2021). Protoscolicidal activity of *Atriplex halimus* leaves extract against *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Experimental parasitology*, 229, 108155.

- Bouchenak, F., Henri, P., Benrebiha, F. Z., & Rey, P. (2012). Differential responses to salinity of two *Atriplex halimus* populations in relation to organic solutes and antioxidant systems involving thiol reductases. *Journal of Plant Physiology*, 169(15), 1445-1453.
- Boughalleb, F., Denden, M., & Tiba, B. B. (2009). Photosystem II photochemistry and physiological parameters of three fodder shrubs, *Nitraria retusa*, *Atriplex halimus* and *Medicago arborea* under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31, 463-476.
- Bounouar, E., Missoun, F., Amari, N. O., Belabaci, F. Z., Belabaci, S., Sekkal, F. Z., & Djebli, N. (2022, May). Antidiabetic effect of *Atriplex halimus* L (Sp. Pl. 2: 1052 (1753)) long and short term treatment against Streptozotocin induced diabetes in rat. In *Anales de Biología* (No. 44, pp. 21-30). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Brautbar, N., & Williams II, J. (2002). Industrial solvents and liver toxicity: risk assessment, risk factors and mechanisms. *International journal of hygiene and environmental health*, 205(6), 479-491.
- Brown, J. S., Amend, S. R., Austin, R. H., Gatenby, R. A., Hammarlund, E. U., & Pienta, K. J. (2023). Updating the definition of cancer. *Molecular Cancer Research*, 21(11), 1142-1147.
- Brune, K., & Patrignani, P. (2015). New insights into the use of currently available non-steroidal anti-inflammatory drugs. *Journal of pain research*, 105-118.
- Bruneton, J. (2016). *Pharmacognosie: Phytochimie-plantes médicinales*. Tec & Doc.
- CHAOUCHI, T. M., HADDOUCHI, F., ABOU, F., AISSAOUI, M., BOUDJEMAI, O., GHELLAI, I., & SENHADJI, S. (2021). Phytochemical screening and evaluation of the antioxidant and antibacterial activity of *Atriplex halimus* from two regions Algeria (El Oued and Tlemcen). *Genetics & Biodiversity Journal*, 5(2), 59-67.
- Chehma, A. (2019). *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien*. Éditions universitaires européennes.
- Chen, L., Deng, H., Cui, H., Fang, J., Zuo, Z., Deng, J., ... & Zhao, L. (2017). Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget*, 9(6), 7204.
- Cherrada, N., Chemsas, A. E., Gheraissa, N., Djilani, G. A., El-Manawaty, M. A., Rebiai, A., ... & Awuchi, C. G. (2023). Antioxidant potentials and inhibitory activities of  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase, and acetylcholinesterase of different fractions from *Salsola tetragona* Delile. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 1787-1796.
- Cherrada, N., Elkhalfi Chemsas, A., Gheraissa, N., Zaater, A., Benamor, B., Ghania, A., ... & Teferi Asres, D. (2024). Antidiabetic medicinal plants from the Chenopodiaceae family: a comprehensive overview. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 194-213.
- Chikhi, I., Allali, H., Dib, M. E. A., Medjdoub, H., & Tabti, B. (2014). Antidiabetic activity of aqueous leaf extract of *Atriplex halimus* L.(Chenopodiaceae) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Asian Pacific journal of tropical disease*, 4(3), 181-184.
- Choukr-Allah, R. (1996). The potential of halophytes in the development and rehabilitation of arid and semi-arid zones. *Halophytes and biosaline agriculture*, 13.

- Cotellet, N. (2001). Role of flavonoids in oxidative stress. *Current topics in medicinal chemistry*, 1(6), 569-590.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.
- Da Cunha, F. M., Duma, D., Assreuy, J., Buzzi, F. C., Niero, R., Campos, M. M., & Calixto, J. B. (2004). Caffeic acid derivatives: in vitro and in vivo anti-inflammatory properties. *Free radical research*, 38(11), 1241-1253.
- Dalli, M., Bekkouch, O., Azizi, S. E., Azghar, A., Gseyra, N., & Kim, B. (2021). *Nigella sativa* L. phytochemistry and pharmacological activities: A review (2019–2021). *Biomolecules*, 12(1), 20.
- 
- Dalli, M., Azizi, S. E., Azghar, A., Saddari, A., Benaissa, E., Lahlou, Y. B., ... & Maleb, A. (2023). Cannabis sativa L.: A comprehensive review on legislation, decriminalization, phytochemistry, antimicrobial activity, and safety. *Journal of Food and Drug Analysis*, 31(3), 408.
- Dalli, M., Azizi, S. E., Daoudi, N. E., Azghar, A., Saddari, A., Merrouni, I. A., ... & Maleb, A. (2024). Traditional Herbal Medicines for COVID-19: The Impact of Flavonoids. In *Anti-SARS-CoV-2 Activity of Flavonoids* (pp. 12-21). CRC Press.
- Demarly, Y. (1991). *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. John Libbey Eurotext.
- Djellakh Faiza, 2015. ICARDA ; L'Atriplex : arbuste fourrager dans les systèmes de culture « alley cropping »
- Dutuit, P. (1999). Etude de la diversité biologique de l' 'Atriplex halimus pour le repérage in vitro d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu et constitution de clones. Publié par CTA. P, 137-141.
- El-Aasr, M., Kabbash, A., El-Seoud, K. A. A., Al-Madboly, L. A., & Ikeda, T. (2016). Antimicrobial and Immunomodulatory Activities of Flavonol Glycosides Isolated From *Atriplex halimus* L. Herb. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(10), 1159.
- Elhassan, I. A. (2017). Antimycobacterial potential of Essential oils used Traditionally for cough Remedy. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 3(2), 188-200.
- Finlay, B. (2011). La menace microbienne des maladies infectieuses. *La lettre du Collège de France*, (32), 32.
- Franclet, A., & Le Houérou, H. N. (1971). *The Atriplex in Tunisia and North Africa*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations.
- Ingle, K. P., Deshmukh, A. G., Padole, D. A., Dudhare, M. S., Moharil, M. P., & Khelurkar, V. C. (2017). Phytochemicals: Extraction methods, identification and detection of bioactive compounds from plant extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(1), 32-36.

- Furman, B. L. (2015). Streptozotocin-induced diabetic models in mice and rats. *Current protocols in pharmacology*, 70(1), 5-47.
- Ghasemzadeh, A., & Ghasemzadeh, N. (2011). Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *J. Med. Plants Res*, 5(31), 6697-6703.
- Guamán Ortiz, L. M., Lombardi, P., Tillhon, M., & Scovassi, A. I. (2014). Berberine, an epiphany against cancer. *Molecules*, 19(8), 12349-12367.
- Guedri, M. M., Krir, N., Terol, C. C., Romdhane, M., Boulila, A., & Guetat, A. (2024). Phytochemical analysis, acetylcholinesterase inhibition, antidiabetic and antioxidant activities of *Atriplex halimus* L.(Amaranthaceae Juss.). *Chemistry & Biodiversity*, 21(7), e20230.
- Majekodunmi, Stephen Olaribigbe. "Review of extraction of medicinal plants for pharmaceutical research." *Merit Res J Med* 3 (2015): 521-527.
- Hellal, T., Benchohra, H. A., & Mederres, L. (2021). Ethnobotanic study of the *Atriplex halimus* L. in the region of Sidi Bel Abbas-West Algerian. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 13(2), 1148-1158. ISO 690
- Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale*. De Boeck Supérieur.
- Houérou, H. N. (1992). Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride. *L'aridité, une contrainte au développement*, 197-220.
- Idm'hand, E., Msanda, F., & Cherifi, K. (2020). Ethnobotanical study and biodiversity of medicinal plants used in the Tarfaya Province, Morocco. *Acta Ecologica Sinica*, 40(2), 134-144.
- Kabbash, A., & Shoeib, N. (2012). Chemical and biological investigation of some secondary metabolites in *Atriplex halimus* growing in Egypt. *Natural product communications*, 7(11), 1934578X1200701114.
- Kadan, S., Saad, B., Sasson, Y., & Zaid, H. (2013). In vitro evaluations of cytotoxicity of eight antidiabetic medicinal plants and their effect on GLUT4 translocation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013(1), 549345.
- Kansole, M. M. R. (2009). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso.
- Klein, H., Jäger, H. J., Domes, W., & Wong, C. H. (1978). Mechanisms contributing to differential sensitivities of plants to SO<sub>2</sub>. *Oecologia*, 33, 203-208.
- Khaoula, Z., & Ali, B. D. (2020). Preventive and curative effects of *Atriplex halimus* L. aqueous extract on benzene provoked hepatic injury in rats. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 10(3), 217-222.
- Khedr, A. H. A., Serag, M. S., Nemat-Alla, M. M., Abo El-Naga, A. Z., Nada, R. M., Paul Quick, W., & Abogadallah, G. M. (2011). Growth stimulation and inhibition by salt in relation to Na<sup>+</sup> manipulating genes in xero-halophyte *Atriplex halimus* L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1769-1784.

- Kumar, V., Sharma, A., Kaur, R., Thukral, A. K., Bhardwaj, R., & Ahmad, P. (2017). Differential distribution of amino acids in plants. *Amino acids*, 49, 821-869.
- Ling, W. H., & Jones, P. J. H. (1995). Dietary phytosterols: a review of metabolism, benefits and side effects. *Life sciences*, 57(3), 195-206.
- Lugasi, A. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta biologica szegediensis*, 47(1-4), 119-125.
- Malecky, M. (2008). Métabolisme des terpénoïdes chez les caprins (Doctoral dissertation, Institut national agronomique Paris-Grignon (1971-2006)).
- Mamadou, B. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Other. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.
- Manase, M. J. (2013). Etude chimique et biologique de saponines isolées de trois espèces malgaches appartenant aux familles des Caryophyllaceae, Pittosporaceae et Solanaceae (Doctoral dissertation, Université de Bourgogne).
- Manibusan, M. K., Odin, M., & Eastmond, D. A. (2007). Postulated carbon tetrachloride mode of action: a review. *Journal of Environmental Science and Health Part C*, 25(3), 185-209.
- MATEO, J. A., & CASTROVIEJO, J. (1990). Variation morphologique et révision taxonomique de l'espèce *Lacerta lepida* Daudin, 1802 (Sauria, Lacertidae). *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle. Section A, Zoologie, biologie et écologie animales*, 12(3-4), 691-706.
- Messaoudi, Z. A., Messaoudi, M., Benreguieg, M., & Merah, M. (2020). Phytochemical screening of Algerian medicinal plants and their antimicrobial effects. *Mycopath*, 16(2).
- Missoun, F., Amari, N. O., & Bounouar, E. (2024). Polyphenols profiles and wound healing activity of *Atriplex Halimus* leaf extract cream in Wistar rat. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(4), e74813-e74813.
- Morad, M. Y., El-Sayed, H., El-Khadragy, M. F., Abdelsalam, A., Ahmed, E. Z., & Ibrahim, A. M. (2023). Metabolomic profiling, antibacterial, and molluscicidal properties of the medicinal plants *Calotropis procera* and *Atriplex halimus*: in silico molecular docking study. *Plants*, 12(3),
- Morot-Gaudry, J. F. (2016). Les végétaux, un nouveau pétrole?.
- Nedjimi, B., & Daoud, Y. (2009). Cadmium accumulation in *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* and its influence on growth, proline, root hydraulic conductivity and nutrient uptake. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(4), 316-324.
- Nedjimi, B., Bekai, Z., Guit, B., Toumi, M., & Daoud, Y. (2013). Germination et croissance d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* en présence de CaCl<sub>2</sub>. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 3(1), 15-23.

- Nègre, R. (1961). *Petite flore des régions arides du Maroc occidental* (Vol. 1, pp. 29-30). Centre national de la recherche scientifique.
- Nemat Alla, M. M., Khedr, A. H. A., Serag, M. M., Abu-Alnaga, A. Z., & Nada, R. M. (2011). Physiological aspects of tolerance in *Atriplex halimus* L. to NaCl and drought. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 547-557.
- Oguntibeju, O. O. (2018). Medicinal plants with anti-inflammatory activities from selected countries and regions of Africa. *Journal of inflammation research*, 307-317.
- Piccolo, E. (2021). Rôle de la protéine HMGB1 dérivée des macrophages au cours d'une réaction inflammatoire (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III).
- Paolini, V., Dorchie, P., & Hoste, H. (2003). Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. *Revue Alter Agri*, 61, 17-19.
- Rachid, A., Rabah, D., Farid, L., Zohra, S. F., Houcine, B., & Nacéra, B. (2012). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria. *Journal of medicinal plants research*, 6(10), 2041-2050.
- Rahman, S. A., Abd-Ellatif, S. A., Deraz, S. F., & Khalil, A. A. (2011). Antibacterial activity of some wild medicinal plants collected from western Mediterranean coast, Egypt: Natural alternatives for infectious disease treatment. *African Journal of Biotechnology*, 10(52), 10733-10743.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E., & Bouharmont, J. (2003). *Biologie végétale*, Traduction de la 7e édition américaine par J. Bouharmont avec la collaboration de CM Evrard, 1.
- Roubi, H., Azizi, S. A., Dalli, M., Mothana, R. A., Hawwal, M. F., Hasson, S., & Gseyra, N. (2024). Unveiling the Medicinal Power of Citrus limon Essential Oil: A Comprehensive Exploration of Antioxidant and Antimitotic Properties, Phytochemical Composition, and Molecular Inter-Actions. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 38(3), 2673-2691.
- Roubi, M., Dalli, M., Azizi, S. E., & Gseyra, N. (2025). *Atriplex halimus*: Phytochemical Insights, Traditional Applications, and Pharmacological Promises. *Chemistry & Biodiversity*, 22(4), e202402171.
- Roubi, M., Elbouzidi, A., Dalli, M., Azizi, S. E., Aherkou, M., Taibi, M., ... & Gseyra, N. (2023). Phytochemical, antioxidant, and anticancer assessments of *Atriplex halimus* extracts: In silico and in vitro studies. *Scientific African*, 22, e01959.
- Robbins, R. J. (2003). Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(10), 2866-2887.
- Rustan, A. C., & Drevon, C. A. (2005). Fatty acids: structures and properties. *Encyclopedia of life sciences*, 1, 1-7.
- Salon, M. (2024). Modulation du phénotype des macrophages par une approche pharmacologique et nutraceutique sur le processus de réparation et le remodelage tissulaire au cours de la cicatrisation (Doctoral dissertation, Université de Toulouse (2023-....)).
- Samadi, P., Sarvarian, P., Gholipour, E., Asenjan, K. S., Aghebati-Maleki, L., Motavalli, R., ... & Yousefi, M. (2020). Berberine: A novel therapeutic strategy for cancer. *IUBMB life*, 72(10), 2065-2079.

- Sánchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.
- Sánchez-Moreno', C., & Larrauri, J. A. (1998). Principales métodos para la determinación de la oxidación lipídica Main methods used in lipid oxidation determination. *Food Science and Technology International*, 4(6), 391-399 .
- Sengul, E., Gelen, V., & Gedikli, S. (2021). Cardioprotective activities of quercetin and rutin in Sprague Dawley rats treated with 5-fluorouracil. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(2).
- Shi, Q. I. U., Hui, S. U. N., Hong-Ying, X. U., Guang-Li, Y. A. N., Ying, H. A. N., & Xi-Jun, W. A. N. G. (2014). Natural alkaloids: basic aspects, biological roles, and future perspectives. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12(6), 401-406.
- Site web: <https://www.floramaroccana.fr/atriplex-halimus.html>
- Skinner, R. (2011). Nephrotoxicity—what do we know and what don't we know?. *Journal of pediatric hematology/oncology*, 33(2), 128-134.
- Slama, K., Boumendjel, M., Taibi, F., Boumendjel, A., & Messarah, M. (2020). Atriplex halimus aqueous extract abrogates carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity by modulating biochemical and histological changes in rats. *Archives of physiology and biochemistry*, 126(1), 49-60.
- Slama, K., Rouag, M., Tichati, L., Taibi, F., Boumendjel, M., Boumendjel, A., & Messarah, M. (2021). Nephroprotective role and antioxidant capacity of Atriplex halimus on carbon tetrachloride-induced kidney damage in rats. *Comparative Clinical Pathology*, 30, 75-87.
- Soltani, F. Z., Meddah, B., Chelli, N., Tir Touil, A., & Sonnet, P. (2023). Atriplex halimus L. And Centaurium erythraea rafn. Essential oils: the phytochemical profile, antimicrobial and antioxidant properties. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 88(3), 215-223.
- Souayah, N., Khouja, M. L., Rejeb, M. N., & Bouzid, S. (2003). Micropropagation d'un arbuste sylvo-pastoral, *Atriplex halimus* L.(Chénopodiacées). *Cahiers Options Méditerranéennes*.
- Srivastava, K., Tiwari, M., Dubey, A., & Dubey, A. (2020). D-Pinitol-A Natural Phytomolecule and its Pharmacological effect. *International Journal of Pharmacy & Life Sciences*, 11(5).
- Stadnicka-Futoma, A., & Nobis, M. (2024). Geographical–Historical Analysis of the Herbarium Specimens Representing the Economically Important Family Amaranthaceae (Chenopodiaceae-Amaranthaceae Clade) Collected in 1821–2022 and Preserved in the Herbarium of the Jagiellonian University in Krakow. *Biology*, 13(6), 435.
- Talamali, A., Dutuit, P., Le Thomas, A., & Gorenflot, R. (2001). Polygamie chez *Atriplex halimus* L.(Chenopodiaceae). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 324(2), 107-113.
- Vallarino, J. G., & Osorio, S. (2019). Organic acids. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables* (pp. 207-224). Woodhead Publishing.

- Yahia, M., Benhouda, A., & Takellalet, K. (2023). Anti-inflammatory and hemostatic Activities of Methanolic Extract from ATRIPLEX HALIMUS Leaves collected in east of Algeria. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 9(1), 148-164.
- Yahia, M., Yahia, M., & Benhouda, A. (2018). Antitumor activity of methanolic fractions extracted from the aerial part of Algerian hyoscyamus albus and apoptotic cell aspect screening. *Indian. J. Pharma. Edu. Res*, 52(2), 262-267.
- Yilmaz, Y. (2006). Novel uses of catechins in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17(2), 64-71. Scalbert, A., & Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of nutrition*, 130(8), 2073S-2085S.
- Zeghib, K., Boutlelis, D. A., Menai, S., & Debouba, M. (2021). Protective effect of Atriplex halimus extract against benzene-induced haematotoxicity in rats. *Ukr. Biochem. J*, 93(4), 66-76.

# **Annexes**

## Annexes

➤ **la technique CLM-MS/MS (LC-MS/MS) :**

La CLM-MS/MS (Chromatographie Liquide couplée à la Spectrométrie de Masse en Tandem) est une méthode analytique puissante permettant l'identification et la quantification de composés dans des mélanges complexes. Elle combine deux technologies : la chromatographie liquide, qui sépare les composants d'un échantillon, et la spectrométrie de masse en tandem, qui permet de détecter et identifier ces composants avec une grande sensibilité et spécificité. Cette technique est largement utilisée dans les domaines pharmaceutique, environnemental, alimentaire et biomédical.

➤ **la CLHP** (ou HPLC en anglais : High Performance Liquid Chromatography)

La Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP) est une technique analytique utilisée pour séparer, identifier et quantifier les composants d'un mélange. Elle est très utilisée en chimie, en pharmacie, en biologie, dans le contrôle qualité et la recherche.

➤ **la LC-MS/MS**

LC-MS/MS (Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry) est une technique analytique avancée combinant deux méthodes puissantes :

1. **LC (Chromatographie Liquide)** : permet de séparer les différents composants d'un échantillon.

a. **MS/MS (Spectrométrie de Masse en Tandem)** : permet de détecter, identifier et quantifier ces composants avec une grande sensibilité et spécificité. Les techniques  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$  et  $2\text{D-NMR}$  sont toutes des techniques de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) utilisées en chimie analytique et chimie organique pour déterminer la structure des molécules.

➤ Les techniques  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$  et  $2\text{D-NMR}$  sont toutes des **techniques de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)** utilisées en **chimie analytique** et **chimie organique** pour déterminer la **structure des molécules**.

➤ **qRT-PCR**

La qRT-PCR (Reverse Transcription quantitative Polymerase Chain Reaction) est une technique permettant de quantifier l'expression des gènes. Elle combine la transcription inverse de l'ARN en ADN complémentaire (ADNc), suivie d'une amplification en temps réel de cet ADN.

## ملخص

تتناول هذه الدراسة النبات الملحي *Atriplex halimus*\* القطف، وهو شجيرة تنتمي إلى عائلة Amaranthaceae، تتميز بقدرتها على التكيف مع الظروف البيئية القاسية مثل الملوحة والجفاف. تسلط الدراسة الضوء على الخصائص النباتية والبيولوجية للنبات، بما في ذلك التصنيف، الشكل الخارجي (الجذع، الأوراق، الزهور، الجذور، والبذور)، والتوزيع الجغرافي في مناطق البحر الأبيض المتوسط وشمال إفريقيا.

تم استعراض الاستخدامات التقليدية للنبات في الجزائر، حيث يُستخدم لعلاج أمراض مثل السكري، السرطان، الالتهابات، ومشاكل الجلد. تؤكد هذه الدراسة على الإمكانيات العلاجية لـ *Atriplex halimus*\*

كما تم تحليل التركيب الكيميائي النباتي، حيث تم تحديد مركبات مثل الأحماض الفينولية، الفلافونويدات، القلويدات، الأحماض الدهنية، الكربوهيدرات، والفيتامينات باستخدام تقنيات مثل LC-MS/MS و HPLC. أظهرت الدراسة الأنشطة الدوائية المتنوعة للنبات، بما في ذلك الخصائص المضادة للأكسدة، المضادة للميكروبات، المضادة للأورام، التنام الجروح، ومضادة للكولين استيراز، بالإضافة إلى التأثيرات المناعية والمضادة للشماتية.

مما يمهد الطريق لأبحاث مستقبلية لاستغلال هذه الخصائص في الطب الحديث.

## Abstract

This study focuses on *Atriplex halimus*\*, a halophytic shrub from the Amaranthaceae family, renowned for its adaptability to harsh environmental conditions such as salinity and drought. It examines the plant's botanical and biological characteristics, including taxonomic classification, morphology (stem, leaves, flowers, roots, seeds), and geographical distribution across the Mediterranean and North Africa.

Traditional uses in Algeria were reviewed, highlighting its application in treating diabetes, cancer, inflammations, and skin disorders.

Phytochemical analysis identified compounds like phenolic acids, flavonoids, alkaloids, fatty acids, carbohydrates, and vitamins using techniques such as LC-MS/MS and HPLC. The plant exhibited diverse pharmacological activities, including antioxidant, antimicrobial, antitumor, wound-healing, anticholinesterase, immunomodulatory, and antileishmanial properties.

This study underscores the therapeutic potential of *Atriplex halimus*\*, paving the way for future research to harness its properties in modern medicine.

## Résumé

Cette étude porte sur *Atriplex halimus*\*, un arbuste halophyte de la famille des Amaranthaceae, connu pour sa résilience dans des conditions environnementales extrêmes telles que la salinité et la sécheresse. Elle explore les aspects botaniques et biologiques, incluant la classification taxonomique, la morphologie (tige, feuilles, fleurs, racines, graines) et la distribution géographique dans le bassin méditerranéen et en Afrique du Nord. Les usages traditionnels en Algérie ont été documentés, où la plante est utilisée pour traiter le diabète, le cancer, les inflammations et les affections cutanées.

L'analyse phytochimique a révélé la présence de composés tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les acides gras, les glucides et les vitamines, identifiés par des techniques comme LC-MS/MS et HPLC. Les activités pharmacologiques variées de la plante ont été mises en évidence, notamment ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, antitumorales, cicatrisantes, anticholinestérasiques, immunomodulatrices et antileishmaniennes. Cette étude souligne le potentiel thérapeutique de *Atriplex halimus*\*, ouvrant la voie à des recherches futures pour exploiter ses propriétés dans la médecine moderne.