

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة جيلالي بونعامة

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana  
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre  
Département des Sciences Biologiques



*Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière** : Biotechnologie

**Spécialité** : Biotechnologie microbienne

## Evaluation des activités biologiques *in vitro* et *in vivo* de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L.

**Présenté par :**

- Melle Telli Asma
- Melle Mimoun Wafa

**Devant le jury :**

Mme Sassoui D.	MCB	Présidente	(U.D.B Khemis Miliana)
Mme Douaouri N.H.	MCB	Promotrice	(U.D.B Khemis Miliana)
Mme Saadi W.	MCB	Examinatrice	(U.D.B Khemis Miliana)

**Année universitaire 2021/2022**

# R

## emerciement

Avant tout, nous remercions Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la sante, la puissance et la volonté pour réaliser ce mémoire.

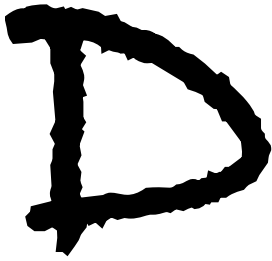
Nous tenons à exprimer nos vives reconnaissances et remerciements à **Madame Douaouri**

**Nor El houda** pour avoir accepté la charge d'être promoteur de ce mémoire.

Nous la remercions pour sa disponibilité, ses pertinents conseils, ses orientations et pour les efforts qu'elle avait consentis durant la rédaction de ce mémoire, ainsi pour son soutien moral et scientifique qui nous a permis de mener à bien ce travail.

Un grand merci à **Madame Sassoui D**, qui nous a honorés en acceptant d'être présidente de ce jury.

Que **Madame Saadi W.**, reçoit nos sincères remerciements pour avoir accepté de rapporter et de juger notre travail. On vous transmet notre profonde gratitude pour le temps que vous avez consacré à la lecture de ce document ainsi que pour vos remarques.



## édicace

### **Je dédie ce modeste travail à**

Je commence par rendre grâce à Dieu et à sa bonté, pour la patience, la compétence et le courage qu'il m'a donné pour arriver à ce stade et de m'avoir donné la force d'accomplir mes études. Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions.

**A la mémoire de mon grand-père** « aucun dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai toujours eu pour vous » que dieu repose ton âme en paix, que dieu leur fasse miséricorde et fasse de leur tombe un jardin d'enfants du jardin du Paradis.

A ceux qui ont consacré leur vie pour mon éducation, et ma réussite, mes très chers parents, **mon père ABDELKADER** et **ma mère NADIA**.

L'homme de ma vie, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu bénisse et garde à moi mon cher papa.

A la personne la plus chère à mes yeux qui a tout sacrifié pour moi à très chère et douce mère pour ton soutien tout au long de ces années, pour avoir toujours cru en moi, pour tout ce que tu m'as inculqué et transmis et qui font de moi la personne que je suis aujourd'hui, pour ton amour inconditionnel et ta présence dans les bons moments comme dans les difficiles, pour être une maman formidable et de véritable modèle

**A mon âme, ma douce sœur IMEN,**

**A mon héros, mon cher frère FAUDEL,**

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'amour que je porte pour vous.

Une spéciale dédicace à mes jolies nièces **SYRINE & DJANA**, je vous aime énormément.

**A ma grande mère** que dieu la garde pour nous.

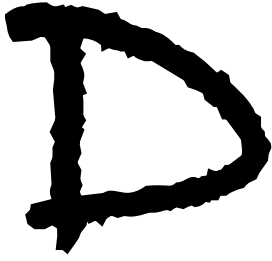
**A mes chères tantes, Et ma cousine AMIRA.**

**A mon binôme Wafa** pour sa patience avec moi dans tous les moments qu'on passe pendant ce travail.

A mes copines : **BOUCHRA, KHAWLA, RACHA, KHAWLA.**

Et à mon honorable encadrante, qui nous a donné toute son énergie et son soutien pour nous aider et faire réussir notre travail, **Nor El Houda Douaouri**

**\*Asma\***



## édicace

Avec l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a éclairé les chemins  
du savoir, j'ai pu réaliser ce modeste travail.

A l'homme de ma vie, mon héros, ma fierté, mon exemple éternel, mon soutien  
moral et source de ma joie, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à  
toi Mon papa, « **Rabah** »

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur,  
maman « **Naima** » que j'adore.

A Mes sœur, **Nabila et Kenza** pour leurs amours, leur gentillesse, leurs conseils, leur soutien moral,  
leur présence...

Que Dieu nous garde ensemble dans la paix et le bonheur.

A mon chère frère **Hichem** que Dieu le protège

A toute ma famille « **MIMOUN** ».

A ma fidèle amie « **Khawla** » avec qui j'ai passé les plus beaux moments de ma vie, il n'y a pas de  
mots pour exprimer ton soutien. Merci, mon âme sœur.

A ma binôme **Asma**, j'ai eu l'honneur de travailler avec vous dans ce travail. Merci pour tous vos  
efforts

A mes adorables amies : **Abir, Yasmine, ahlem, yassmina et Ikram**

À notre merveilleuse déléguée **Fatiha**, merci pour votre soutien et votre sincérité

A Mes chères tantes

A mon encadreur **Mme Douaouri** qui a dirigé de près ce travail. Je remercie beaucoup pour son aide  
précieux et son soutien inestimable dans la réalisation de ce mémoire.

**\*Wafa\***

## Résumé

*Atriplex halimus* L., est une espèce végétale appartenant à la famille des Chénopodiacées, cette espèce connue localement sous le nom de « Guettaf », et très répandue dans le sud Algérien. Notre travail a pour objectif de déterminer certains composés phytochimiques ainsi que d'évaluer quelques activités biologiques *in vitro* et *in vivo* de l'extrait aqueux de la partie aérienne d'*Atriplex halimus* L. issue de la région de Tamanrasset.

L'évaluation préliminaire de la composition phytochimique de l'extrait aqueux a permis de mettre en évidence la présence des principaux métabolites secondaires tels que les tanins, flavonoïdes, saponosides, alcaloïdes, qui pourraient être responsables des propriétés pharmacologiques. Ceci a été confirmé par une analyse quantitative basée sur le dosage des polyphénols et des flavonoïdes totaux selon la spectroscopie (UV). *Atriplex halimus* contient  $43.28 \pm 0.33$  µg équivalent d'acide gallique/ mg d'extrait tant que la quantité des flavonoïdes est estimée à  $5.68 \pm 0.74$  µg équivalent quercétine /mg d'extrait.

L'évaluation des activités biologiques, *in vitro*, ont permis d'évaluer le pouvoir antioxydant de l'extrait par la méthode du piégeage du radical libre DPPH. L'extrait a exprimé une forte activité antioxydante qui se traduit par une valeur d'IC<sub>50</sub> de l'ordre de 0.0355 mg/ml, qui reste comparable à celle de l'acide ascorbique (0.028mg/ml).

Par ailleurs, le test antimicrobien par la méthode de diffusion sur disque en milieu gélosé a révélé une sensibilité des souches microbiennes vis-à-vis de l'extrait testé, les souches *Staphylococcus aureus* (20mm) et *Pseudomonas aeruginosa* (15mm) sont les plus susceptibles. Par contre, il s'est révélé inactif sur *Escherichia Coli* (00mm)

En outre, l'évaluation d'un possible effet hypoglycémique, de l'extrait aqueux chez des rats rendus diabétiques par l'induction de Streptozocine a montré clairement que l'administration orale de l'extrait à une dose journalière de 200 mg/kg provoque une diminution significative de la concentration sérique de glucose et améliore les îlots de Langerhans dans les tissus histologiques. Il est évidemment clair qu'*Atriplex halimus* L, possède un bon potentiel hypoglycémiant et protecteur justifiant ainsi son utilisation en médecine traditionnelle.

**Mots clés :** *Atriplex halimus* L., extrait aqueux, *in vivo*, hypoglycémiant, activité antioxydante.

## الملخص

*Atriplex halimus* L. هو نوع نباتي ينتمي إلى عائلة Chenopodiaceae ، ويعرف هذا النوع محليًا باسم "القطف" ، ويحظى بشعبية كبيرة في جنوب الجزائر.

يهدف عملنا إلى تحديد مركبات كيميائية نباتية معينة وكذلك تقييم بعض الأنشطة البيولوجية في المختبر وفي الجسم الحي للمستخلص المائي للجزء الهوائي من *Atriplex halimus* L. من منطقة تمنراست.

أتاح التقييم الأولي للتركيب الكيميائي النباتي للمستخلص المائي تسليط الضوء على وجود المستقبلات الثانوية الرئيسية مثل التانين والفلافونويد والسابونوزيدات والقلويدات ، والتي يمكن أن تكون مسؤولة عن الخصائص الدوائية. تم تأكيد ذلك من خلال التحليل الكمي القائم على تحديد البوليفينول والفلافونيدات الكلية وفقًا للتحليل الطيفي (UV).

يحتوي *Atriplex halimus* على  $0.33 \pm 43.28$  ميكروغرام من حمض الغاليك / ملغ من المستخلص ، بينما تقدر كمية الفلافونويد بـ  $0.74 \pm 5.68$  ميكروغرام ما يعادل كيرسيتين / ملغ من المستخلص.

أتاح تقييم الأنشطة البيولوجية، في المختبر، تقييم القوة المضادة للأكسدة للمستخلص بطريقة محاصرة الجذور الحرة DPPH. أظهر المستخلص نشاطًا مضادًا للأكسدة قويًا ينتج عنه قيمة IC50 تبلغ حوالي 0.0355 مجم / مل، والتي تظل مماثلة لتلك الموجودة في حمض الأسكوربيك (0.028 مجم / مل).

بالإضافة إلى ذلك ، كشف اختبار مضادات الميكروبات عن طريق طريقة نشر القرص في وسط أجار عن حساسية السلالات الميكروبية للمستخلص المختبر ، وكانت سلالات المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* (20 مم) وسلالات الزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa* (15 مم) هي الأكثر احتمالاً. من ناحية أخرى ، ثبت أنه غير نشط على *Escherichia coli* (00)

زيادة عن هذا، أظهر بوضوح تقييم التأثير الخافض لسكر الدم المحتمل للمستخلص المائي في الفئران المصابة بداء السكري عن طريق تحريض Streptozocine أن تناول المستخلص عن طريق الفم بجرعة يومية 200 مجم / كجم يؤدي إلى انخفاض كبير في تركيز الجلوكوز في الدم ويحسن جزر لانجرهانز في الأنسجة النسيجية. من الواضح أن له إمكانات جيدة لخفض السكر في الدم وإمكانية وقائية، مما يبرر استخدامه في الطب التقليدي.

**الكلمات المفتاحية :** *Atriplex halimus* L. ، مستخلص مائي ، في الجسم الحي ، خافض لسكر الدم ، نشاط مضاد للأكسدة

## Summary

*Atriplex halimus* L., is a plant species belonging to the Chenopodiaceae family, this species locally known as "Guettaf", and very popular in southern Algeria.

Our work aims to determine certain phytochemical compounds as well as to evaluate some biological activities in vitro and in vivo of the aqueous extract of the aerial part of *Atriplex halimus* L. from the Tamanrasset region.

The preliminary evaluation of the phytochemical composition of the aqueous extract made it possible to highlight the presence of the main secondary metabolites such as tannins, flavonoids, saponosids, alkaloids, which could be responsible for the pharmacological properties. This was confirmed by a quantitative analysis based on the determination of polyphenols and total flavonoids according to spectroscopy (UV). *Atriplex halimus* contains  $43.28 \pm 0.33$   $\mu\text{g}$  equivalent of gallic acid/mg DM, while the quantity of flavonoids is estimated at  $5.68 \pm 0.74$   $\mu\text{g}$  equivalent quercetin/mg DM.

The evaluation of the biological activities, in vitro, made it possible to evaluate the antioxidant power of the extract by the method of trapping the free radical DPPH. The extract expressed a strong antioxidant activity which results in an IC<sub>50</sub> value of around 0.0355 mg/ml, which remains comparable to that of ascorbic acid (0.028mg/ml).

In addition, the antimicrobial test by the disk diffusion method in agar medium revealed a sensitivity of the microbial strains to the tested extract, the *Staphylococcus aureus* (20mm) and *Pseudomonas aeruginosa* (15mm) strains are the most likely. On the other hand, it proved to be inactive on *Escherichia Coli* (00mm)

Otherwise, the evaluation of a possible hypoglycaemic effect of the aqueous extract in rats rendered diabetic by the induction of Streptozocine clearly showed that the oral administration of the extract at a daily dose of 200 mg/kg causes a significant decrease in serum glucose concentration and improves islets of Langerhans in histological tissues. It is obviously clear that *Atriplex halimus* L. has good hypoglycemic and protective potential, thus justifying its use in traditional medicine.

**Key words:** *Atriplex halimus* L., aqueous extract, in vivo, hypoglycaemic, antioxidant activity.

## Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Abréviation

INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>Iere Partie. Synthèse bibliographique.....</b>	<b>3</b>
I.1. Définition des plantes médicinales et aromatiques.....	5
I.1.2. Utilisation des plantes médicinales en Algérie.....	5
I.1.3. Définition de la phytothérapie.....	6
I.1.3.1. Les différents types de phytothérapie.....	7
I.1.3.2 Les avantages de la phytothérapie.....	8
<b>Chapitre II : <i>Atriplex halimus</i> L.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2. Généralité sur l'espèce <i>Atriplex halimus</i> L.....</b>	<b>11</b>
I.2.1 La famille Chenopodiaceae.....	11
I.2.2 <i>Atriplex halimus</i> L.....	11
I. 2.2.1 Description botanique.....	12
I.2.2.2 Position systématique d' <i>Atriplex halimus</i> L.....	14
I.2.2.3 Répartition géographique.....	15
I.2.2.4. Principaux composés bioactives d' <i>Atriplex halimus</i> .....	17
I.2.2.5. Propriétés et usages thérapeutiques d' <i>Atriplex halimus</i> .....	18
<b>Chapitre III : Les métabolites secondaires.....</b>	<b>21</b>
I.3 Généralité sur les métabolites.....	21
I.3.1. Classification des métabolites secondaires.....	21
<b>I.3.2. Les composés terpéniques.....</b>	<b>21</b>
I.3.2.1 Classification.....	22
I.3.2.2 Activités biologiques des composés terpeniques.....	23
I.3.2.3 Composition biochimique d' <i>Atriplex Halimus</i> en composés phénoliques.....	23
<b>I.3.3. Les composés phénoliques.....</b>	<b>24</b>



I.3.3.1 Classification .....	25
I.3.3.1.1 Les flavonoïdes .....	25
I.3.3.1.2 Les tanins... .....	26
I.3.3.2. Activités biologiques des composés phénoliques .....	27
I.3.3.3 Composition biochimique d' <i>Atriplex halimus</i> en composés phénoliques.....	27
I.3.4. Les alcaloïdes.....	28
I.3.4.1. Classification.....	28
I.3.4.2. Activités biologiques des alcaloïdes .....	29
I.3.4.3 Composition biochimique d' <i>Atriplex Halimus</i> en Alcaloides... .....	29
<b>2eme Partie. Matériels et méthodes, résultats et discussion</b> .....	<b>30</b>
II.1. Matériel.....	31
II.1.1. Matériel vegetal .....	31
II.1.2. Matériel animal .....	31
II.1.3. Microorganismes .....	32
<b>II.2. Méthodes</b> .....	<b>32</b>
I.2.1. Extraction et préparation de l'extrait .....	32
II.2.2. Caractérisation phytochimique de l'extrait aqueux .....	33
II.2.2.1. Préparation des solutions mères.....	33
II.2.2.2. Screening phytochimique... .....	34
II.2.3. Analyse quantitative .....	35
II.2.3.1 Détermination de la teneur en polyphénols totaux .....	35
II.2.3.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes .....	36
II.2.4 Evaluation de l'activité anti-radicalaire par le test de DPPH.....	36
II.2.5 Evaluation de l'activité antibacterienne de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> L.....	38
II.2.5.1 Principe de la méthode de diffusion sur milieu gélosé.....	38
II.2.5.2 Milieux de culture utilisée.....	38
II.2.5.3 Préparation de l'inoculum.....	38
II.2.6 Evaluation de l'activité hypoglycémiant de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> ... .....	40
<b>III.1. Résultats et discussion</b> .....	<b>42</b>
III.1.1. Résultats de l'analyse qualitative de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> .....	42
III.1.1.1 Rendement de l'extraction.....	42
III.1.1.2. Caractérisation phytochimique de l'extrait aqueux (screening phytochimique).....	42
III.1.2. Résultats de l'analyse quantitative de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> .....	44
III.1.2.1. Dosage des polyphénols totaux .....	44
III.1.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux .....	46

III .1.3. Evaluation de l'activité anti-radicalaire par le test de DPPH.....	47
III.1.4. Evaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux d' <i>A. halimus</i> .....	50
<b>III.2.</b> Evaluation de l'effet hypoglycémiant de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus in vivo</i> .....	<b>52</b>
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	<b>56</b>
<b>Références Bibliographiques</b> .....	<b>59</b>
<b>Annexes</b> .....	

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01 :</b>	Nombre approximatif des espèces d' <i>Atriplex</i> dans diverses régions pays arides et semi-Arides du monde	<b>16</b>
<b>Tableau 02 :</b>	Caractéristique de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> L	<b>42</b>
<b>Tableau 03 :</b>	Résultat du screening phytochimique de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> L.	<b>43</b>
<b>Tableau 04 :</b>	Teneur en polyphénols totaux de l'extrait aqueux des parties Aérienne d' <i>Atriplex halimus</i>	<b>45</b>
<b>Tableau 05 :</b>	Teneur en flavonoïdes de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i>	<b>46</b>
<b>Tableau 06 :</b>	Valeurs des IC50 d'extrait aqueux et l'acide ascorbique	<b>48</b>
<b>Tableau 07 :</b>	Les diamètres des zones d'inhibition de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> exprimé en mm	<b>50</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b>	: La plante <i>Atriplex halimus</i> de la région de Biskra	12
<b>Figure 02</b>	: Les feuilles d' <i>Atriplex halimus</i>	12
<b>Figure 03</b>	: Les fleurs d' <i>Atriplex halimus</i>	13
<b>Figure 04</b>	: Les graines d' <i>Atriplex halimus</i>	14
<b>Figure 05</b>	: Les Racines d' <i>Atriplex halimus</i>	14
<b>Figure 06</b>	: Aire de répartition de l' <i>Atriplex halimus</i> en Algérie	17
<b>Figure 07</b>	: Structures chimiques des composés (1) et (2)	17
<b>Figure 08</b>	: Structure de l'unité isoprène	21
<b>Figure 09</b>	: Les principales classes des composés phénoliques	25
<b>Figure 10</b>	: Structure de base d'un flavonoïde	25
<b>Figure 11</b>	: Structure du tannin condensé	26
<b>Figure 12</b>	: Structure de tannin hydrolysable	26
<b>Figure 13</b>	: Principaux composés trouvés dans <i>Atriplex halimus</i>	27
<b>Figure 14</b>	: Quelques exemples d'alcaloïdes (a) alcaloïdes vrais (b) pseudo-alcaloïde (c) protoalcaloïde	29
<b>Figure 15</b>	: Traitements préliminaires de la partie aérienne	31
<b>Figure 16</b>	: Schéma d'extraction par le solvant d'extraction de la poudre d' <i>Atriplex halimus</i> L.	32
<b>Figure 17</b>	: Solution de DPPH	36
<b>Figure 18</b>	: Principe de la méthode de diffusion par disque	39
<b>Figure 19</b>	: Prélèvement sanguin à travers le sinus rétro-orbital au niveau de l'œil des rats	41
<b>Figure 20</b>	: Courbe d'étalonnages d'acide gallique	45
<b>Figure 21</b>	: Courbe d'étalonnages de la quercétine	46
<b>Figure 22</b>	: Pourcentage d'inhibition du radical libre de DPPH en fonction des concentrations de l'extrait aqueux d' <i>A. halimus</i>	47
<b>Figure 23</b>	: Pouvoir antioxydant de l'acide ascorbique (Vitamine C) par la méthode du piégeage du radical libre DPPH	47
<b>Figure 24</b>	: Concentration inhibitrice IC50 du radical DPPH de l'extrait aqueux et de l'antioxydant de référence	48
<b>Figure 25</b>	: Effet de l'extrait aqueux sur la tolérance au glucose chez les rats normaux et diabétiques	53

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

## Introduction Générale

Depuis l'antiquité, et certainement bien avant, l'homme utilise les plantes pour se nourrir et pour traiter diverses maladies.

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires. La Chine ; berceau de la phytothérapie, l'Inde et le Moyen-Orient, constituent les civilisations phares chez lesquelles les plantes aromatiques et médicinales ont occupé une place de premier choix. **(Laama, 2015)**.

La phytothérapie apparaît comme une nouvelle approche alternative dans le traitement de différentes maladies avec une efficacité élevée et une faible toxicité. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), 80% de la population à recours aux remèdes traditionnels qui reposent sur les espèces sauvage 35% des médicaments prescrits par les médecins en Europe sont d'origine naturelle, et plus de 40% des médicaments en vente libre sont à base de plantes médicinales **(Guernoug et Guernoug., 2017)**.

De manière générale la consommation des plantes médicinales a doublé en Europe, pendant la dernière décennie. Aussi, au regard de sa superficie et de sa diversité bioclimatiques l'Algérie recèle une flore très riche et variée en plantes aromatique et médicinales qui sont toujours utilisées en médecines traditionnelles **(Quezel et Santa, 1963 ; Baba Aissa, 1999)**. Ces plantes sont une riche source de composés bioactifs comme les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les tanins avec de remarquables activités pharmacologiques **(Robbins, 2000)**.

Parmi ce vaste patrimoine naturel on trouve l'*Atriplex halimus*. Une plante vivace et spontanée des zones steppiques en Algérie. Cette espèce qui appartient à la famille des Chénopodiacées est très largement utilisée en médecine traditionnelle pour ses nombreuses vertus thérapeutiques notamment ces propriétés hypoglycémiantes, hypolipidémiantes et surtout dans le traitement de divers types de kystes **(Nedjimi et al., 2013 ; Walker et al., 2014)**.

À notre connaissance, peu d'études *in vivo* comme *in vitro* ont été effectuées sur les activités biologiques de cette plante, et c'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à l'étude d'*Atriplex halimus* afin d'obtenir des connaissances et un aperçu des activités biologiques des constituants bioactifs de cette plante médicinale.

Cette étude comporte deux parties principales :

- ✓ La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique mettant l'accent sur trois chapitres :
  - Le premier chapitre est consacré aux plantes médicinales et à la phytothérapie avec son utilisation et ses avantages.
  - Le deuxième chapitre, concerne l'espèce sélectionnée. Cette section s'intéresse à l'étude botanique, la classification et les utilisations thérapeutiques de la plante choisie.
  - Dans le troisième chapitre, nous rappelons la description des métabolites secondaire, qui englobent les composés terpéniques, les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et aussi les alcaloïdes, et quelques composés biochimiques attribués à la plante.
  
- ✓ La deuxième partie sera consacrée à la partie expérimentale englobant, la méthodologie des différentes techniques utilisées au laboratoire pour l'étude de ;
  - La composition phytochimique, *in vitro*, par extraction, dosages de quelques métabolites secondaires dans l'extrait aqueux de la partie aérienne d'*Atriplex halimus*.
  - Pouvoir antioxydant et antimicrobien de l'extrait aqueux.
  - Et par l'évaluation d'un possible effet hypoglycémique, de l'extrait aqueux chez des rats rendus diabétiques par l'induction de Streptozocine
  
- ✓ La troisième partie est réservée à la présentation et à la discussion de l'ensemble des résultats obtenus.

Enfin nous terminons notre étude par une conclusion et des perspectives.

# **Partie I**

---

## **Synthèse bibliographique**



# **Chapitre I**

## **Plantes médicinales et phytothérapie**

## I.1 Données bibliographiques sur les plantes médicinales et la phytothérapie

### I.1.1 Définition des plantes médicinales et aromatiques

Depuis leur origine, les sociétés humaines ont été en contact étroit avec leur environnement et ont utilisé les ingrédients de l'environnement pour obtenir de la nourriture et des médicaments. La prise de conscience et l'application des plantes pour préparer la nourriture et les médicaments ont été réalisées par essais et erreurs, et progressivement l'homme est devenu capable de répondre à ses besoins à partir de son environnement (**Jamshidi-kia et al., 2018**).

L'information sur les plantes médicinales s'est longtemps transmise progressivement et de génération en génération, un savoir humain s'est progressivement complété avec la formation des civilisations. Les plantes médicinales sont utilisées comme ressource médicale dans presque toutes les cultures (**Jamshidi-kia et al., 2018**).

Ainsi, *les plantes médicinales* sont définies comme étant des plantes qui renferment une ou plusieurs substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont des précurseurs dans la synthèse de drogues utiles (**Abayomi, 2010 ; Mohammed, 2019**).

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit les plantes médicinales traditionnelles comme des matières végétales naturelles qui sont utilisées au moins ou en l'absence de transformation industrielle pour le traitement des maladies que ce soit à l'échelle locale ou régionale (**Tilburt et al., 2008 in Jamshidi-kia et al., 2018**).

### I.1.2 Utilisation des plantes médicinales en Algérie

L'utilisation de plantes médicinales est l'une des plus anciennes formes de thérapie connues, qui a évolué de telle manière que chaque culture, pays ou région a créé sa propre pharmacie de plantes médicinales cultivées localement (**Thomford et al., 2015**). En Algérie comme dans tous les pays du Maghreb, les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées principalement en milieu rural par les personnes âgées qui connaissent encore quelques recettes de tisanes (**Reguieg, 2011**).

L'usage de plantes médicinales en Algérie est une tradition de mille ans. Les premiers écrits sur les plantes médicinales ont été faits aux IX<sup>ème</sup> siècles par Ishà-Ben Amran et Abdallah-Ben-Lounès, mais la plus grande production de livres a été réalisée au XVII<sup>ème</sup> et au XVIII<sup>ème</sup> siècle même pendant le colonialisme français de 1830 à 1962. Les botanistes ont réussi à cataloguer un grand nombre d'espèces médicinales. En 1942, Fourmet et Roque ont publié un livre de 200 espèces végétales d'intérêt médicinales, la plupart d'entre elles sont du Nord d'Algérie et seulement 6 espèces sont localisées au Sahara (**Uuis et Bakhtaoui, 2017**).

Aujourd'hui, en Algérie, la phytothérapie est très répandue pour traiter plusieurs maladies telles que le diabète, rhumatisme, minceur et même les maladies incurables. **(Belkhodja, 2016)**. Les plantes médicinales ont fourni à la médecine moderne de nombreux agents thérapeutiques dérivés de plantes. La plupart de ces médicaments d'origine végétale ont été initialement découverts grâce à l'étude des remèdes traditionnels et des connaissances populaires de la population autochtone. Certains d'entre eux n'ont pas pu être remplacés malgré l'énorme progrès de la chimie de synthèse **(Hudaib et al., 2008)**.

Ces dernières années, l'usage des plantes médicinales a connu une augmentation remarquable, probablement en raison de leur abondance locale, de leur importance culturelle et de leur achat bon marché **(Thomford et al., 2015)**. Les connaissances sur l'utilisation des ressources végétales pour la prestation des soins de santé varient selon le contexte culturel dans le monde. Toujours, en Algérie, les plantes médicinales constituent une source illimitée de médicaments pour les communautés locales et de produits phyto-chimiques disponibles pour améliorer la santé humaine **(Ramdane et al., 2015)**.

### **I.1.3 Définition de la Phytothérapie :**

Une plante médicinale est une plante dont ces organes (les feuilles l'écorce, les fleurs, les racines ou les fruits) possèdent des vertus curative et parfois toxique selon son dosage. Il existe une définition officielle des plantes médicinales c'est ceux qui ont une inscription à la pharmacopée. Selon le code de la santé publique la pharmacopée se considère comme médicament, leur vente est le monopole des pharmaciens et des herboristes **(Zidane, 2017)**.

Le terme de phytothérapie provient du grec phyton ("plante") et therapeia ("traitement"). Elle se définit comme l'utilisation des plantes pour soigner les maladies. C'est-à-dire que la phytothérapie, fait appel uniquement au règne végétal. Et c'est donc une technique pour venir à bout des causes et symptômes de diverses maladies. C'est l'une des plus anciennes thérapeutiques. **(Verbois et Moatti, 2015)**.

La phytothérapie est la science des plantes médicinales ou la médication par les plantes, c'est l'une des sources de traitement des maladies qui demeurent basé sur l'observation ou l'analyse vient confirmer ce qu'on observe depuis déjà des millénaires. **(Verbois et Moatti, 2015)**.

Une plante est dite médicinale lorsqu'au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses; elle peut avoir également des usages alimentaires ou condimentaires ou encore servir à la préparation de boissons hygiéniques.

Selon la Pharmacopée européenne « *Les drogues végétales* sont essentiellement des plantes ou parties de plantes entières fragmentées ou brisées, utilisées en l'état, soit le plus souvent sous forme desséchée, soit à l'état frais ». Dans cette monographie générale, le terme « Plante » est utilisé dans un sens plus large et comprend aussi les algues, champignons et lichens. Certains exsudats n'ayant pas subi de traitements spécifiques sont également considérés comme des drogues végétales. Les drogues végétales doivent être définies avec précision par la dénomination scientifique botanique selon le système binomial (genre, espèce, variété, auteur). (**Pharmacopée européenne, 2019**).

### I.1.3.1 Les différents types de phytothérapie

De nos jours et dans les pays occidentaux, il existe plusieurs spécialités, éventuellement combinées entre elles, qui utilisent les plantes à des fins médicales :

*L'aromathérapie* est une thérapeutique qui utilise les essences des plantes, ou huiles essentielles, substances aromatiques sécrétées par de nombreuses familles de plantes telles que, par exemple, les astéracées, les laminacées ou les opiacées, et extraites par distillation. Ces huiles sont des produits complexes à utiliser avec précaution et en respectant les doses prescrites, car ils ne sont pas totalement sans danger. La voie d'administration la plus intéressante, car la plus rapide et la moins toxique, est la voie percutanée (à travers la peau).

*La gémothérapie* se fonde sur l'utilisation d'extraits alcooliques et glycéринés de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les radicelles appartenant à environ 60 plantes différentes. Les préparations sont présentées diluées au dixième. Chaque extrait est réputé avoir une affinité pour un organe ou une fonction. Par exemple, le macérat glycéринé de bourgeons de *Ribes nigrum*, ou cassis, dilué au dixième, agit en tant que stimulant de la zone corticale des glandes surrénales, c'est-à-dire de la même manière que la cortisone (**Strang, 2006 ; Debuigne et Couplan, 2009**).

*L'herboristerie* correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. Après être tombée en désuétude, elle est de nos jours reprise en considération. L'herboristerie se sert de la plante fraîche ou séchée ; elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fleur, fruit, racine). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération. Ces préparations sont bues ou inhalées, appliquées sur la peau ou ajoutées à l'eau d'un bain. Elles existent aussi sous forme plus moderne de gélules de poudre de plantes sèches, que le sujet avale. Cette présentation a

l'avantage de préserver les principes actifs, qui sont fragiles. Pour que le traitement soit efficace en profondeur, les prises doivent s'étaler sur une période allant de 3 semaines à 3 mois (**Strang, 2006 ; Debuigne et Couplan, 2009**).

*L'homéopathie* a recours aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive : les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale. Sont utilisées les plantes fraîches en macération alcoolique. Ces alcoolats sont appelés teintures mères : c'est à partir de ces alcoolats que sont préparées les dilutions qui servent à imprégner les grains de saccharose et de lactose que sont les granules et les globules. La teinture mère la plus utilisée est celle de *Calendula officinalis*, ou fleur de souci (**Strang, 2006 ; Debuigne et Couplan, 2009**).

*La phytothérapie chinoise* fait partie d'un ensemble appelé « médecine traditionnelle chinoise » qui inclut l'acupuncture et la diététique chinoise. Cette phytothérapie vise à modifier les quantités de différentes énergies ou le circuit de ces énergies dans l'organisme (**Strang, 2006 ; Debuigne et Couplan, 2009**).

*La phytothérapie pharmaceutique* utilise des produits d'origine végétale obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés comme toute autre spécialité pharmaceutique sous forme de sirop, de gouttes, de suppositoires, de gélules, de lyophilisats, de nébulisats (extraits de plantes desséchées par la chaleur), etc. Les concentrations sont assez élevées et la non-toxicité de ces médicaments est parfois relative (**Wainsten, 2012**).

### **I.1.3.2 Les avantages de la phytothérapie**

La phytothérapie est très répandue dans le monde, elle constitue la meilleure approche pour prévenir mais aussi pour soigner la majorité des maux quotidiens simples et même les maladies incurables. Elle a une grande importance non seulement sur le plan sanitaire, mais aussi sur le plan économique (**Monnier, 2002**).

Nous pouvons affirmer que la phytothérapie peut et devrait figurer en bonne place dans notre arsenal thérapeutique de tous les jours, malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne.

Aujourd'hui, les traitements à base des plantes reviennent au premier plan, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques décroît car les bactéries et les virus se sont peu à peu adaptés aux médicaments et leur résistent de plus en plus (**Botineau, 2011**).

L'adjonction d'un traitement phytothérapeutique renforce alors l'efficacité du remède chimique, ou diminue ses effets secondaires. Souvent, il est également possible d'adapter les posologies de ce remède chimique une fois associé au traitement à base des plantes. De même, la phytothérapie permet de remplacer les molécules de synthèse lorsque celles-ci ne sont plus tolérées ou acceptées par le patient. Citons par exemple le cas des anti-inflammatoires, des antidépresseurs, ou encore des anxiolytiques (**Chabrier, 2010**), on estime que 10 à 20% des hospitalisations sont dues aux effets secondaires des médicaments chimiques (**Iserin, 2001**).

La phytothérapie offre des possibilités très complètes que bien souvent la chimiothérapie conventionnelle ne peut pas égaler, puisque l'on peut aussi bien rétablir les grands équilibres physiologiques (neuroendocriniens, immunitaires) qu'agir sur les fonctions et donc intervenir appareil par appareil (locomoteur, cardio-vasculaire, etc.). Il est également possible d'avoir une action thérapeutique spécifique sur chacun des organes du corps, de façon précise et ciblée pour chaque plante utilisée (**Chabrier, 2010**).

## Chapitre II

*Atriplex halimus* L.

## I.2 Généralité sur l'espèce *Atriplex Halimus L.*

### I.2.1 La famille Chenopodiaceae

Les chénopodiacées forment une vaste famille de 1400 espèces présentes partout dans le monde. Ce sont pour la plupart des plantes herbacées ou arbustives, principalement avec des feuilles alternes, parfois opposées. Très souvent, les feuilles et la tige sont succulentes. Cela vient que beaucoup d'espèces sont des espèces halophiles et thermophiles. Les fleurs des chénopodiacées sont généralement minuscules et verdâtres. Elles sont groupées en épis, en grappes ou en panicules lâches. Les principaux genres de chénopodiacées sont *Beta* (bette), *Chenopodium* (chénopodes), *Halimione* et *Atriplex* (arroches), *Salicornia* (salicornes), *Sueda* et *Salsola* (soudes) (Stanley et al., 2003).

Les chénopodiacées sont largement répandues dans les habitats salins tempérés et subtropicaux, en particulier dans les régions littorales de la mer méditerranéenne, de la mer caspienne et de la mer rouge, dans les steppes arides de l'Asie centrale et orientale, en marge du désert du Sahara, dans les prairies alcalines des Etats-Unis, dans le Karoo en Afrique méridionale, en Australie et dans les pampas en Argentine (Bouda et al., 2011).

### I.2.2. *Atriplex halimus L.*

#### · Le genre *Atriplex*

L'*Atriplex* a plusieurs noms communs attribués indifféremment : pourpier de mer, arroche marine, arroche des sables, sea orache, méditerranéen salta bush ou shrabby orache et en arabe G'atef ou Raghl (Ould-kadour, 2019).

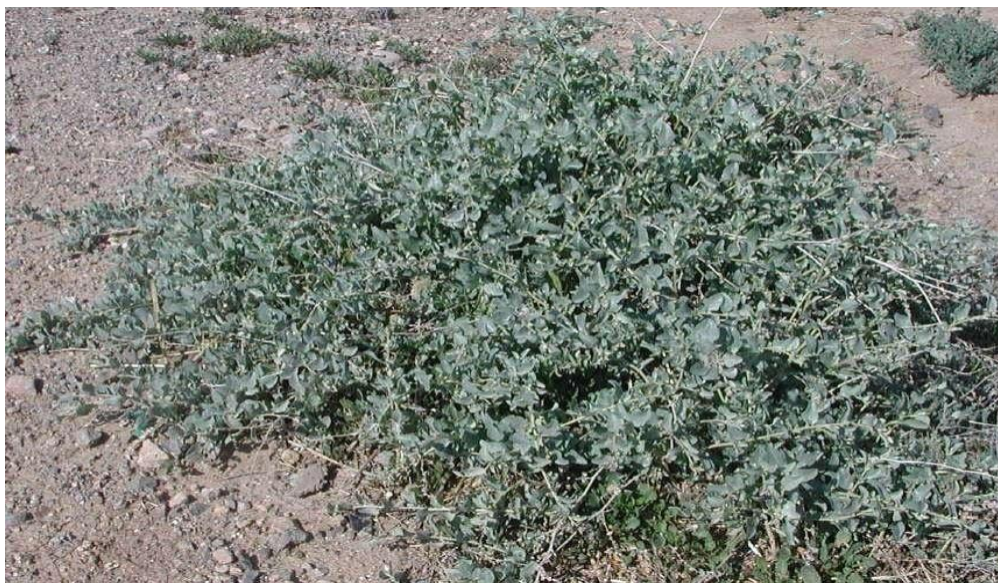
Les espèces d'*Atriplex* sont nombreuses. On peut en citer : *Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex lentiformis*, *Atriplex amnicola*, *Atriplex canescens*, ...ect. Et elles sont connues par leur richesse en protéines A. (Ould-kadour, 2019).

L'*Atriplex* est un type fréquent dans beaucoup de régions arides et semi-arides, dans les zones sèches dans le monde, surtout dans les habitats qui combinent la salinité et la sécheresse des sols. Et forme donc un matériel utile à tous les mécanismes physiologiques impliqués dans la résistance au stress salin (Kachout et al., 2016).



· L'espèce *Atriplex Halimus* L.

Il est utilisé pour l'alimentation du bétail et la protection des sols en médecine traditionnelle (Clauser et al., 2013 ; Walker,et al.,2014).



**Figure 01** : La plante *Atriplex halimus* de la région de Biskra (Chehma, 2006)

### I.2.2.1 Description botanique

*A. halimus* est un arbuste vivace dressé, atteignant 3 m de haut, ramifié à partir de la base, l'écorce étant de couleur blanc grisâtre et dont les feuilles mesurent 10 à 30 mm de long et 5 à 20 mm de large (**Figure 02**). La forme des feuilles est très variable, allant de deltoïdes-orbiculaires à lancéolées, et sont atténuées à la base avec un court pétiole. Bien qu'*A halimus* soit à feuilles persistantes, certaines feuilles sont perdues pendant les étés chauds et secs typiques de sa distribution (Walker et al., 2014).



**Figure 02** : Les feuilles d'*Atriplex halimus* (Heitz, 2016)

**Les fleurs** sont monoïques, à inflorescences en panicules d'épis, terminales et nues. Les valves sont fructifères connées à la base de 0.3 à 0.4 sur 0.4 à 0.5 cm, Furfuracées, papyracées, subcoriaces, réniformes ou plus ou moins deltoïdes, à marges entières, ondulées-crispées, ou plus ou moins fortement dentées, lisses ou finement franulées muriquées sur le dos (**Figure 03**).



**Figure 03** : Les fleurs d'*Atriplex halimus* (Gattouche, 2021).

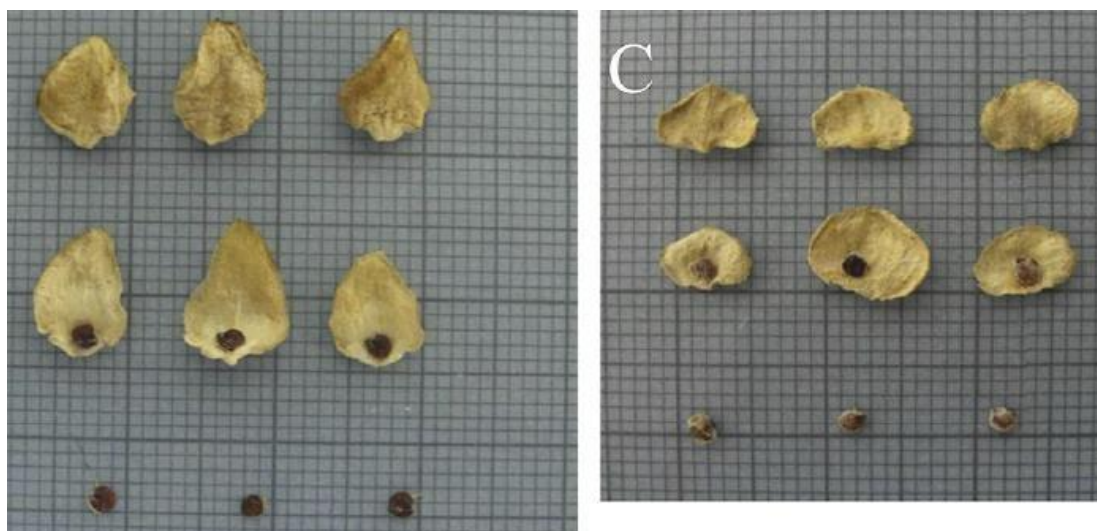
La période de floraison est entre Mai et Décembre car l'espèce est très polymorphe. Il existe deux sous espèces, subsp. *halimus* et subsp. *schweinfuhii*. (Francllet et Le Houérou, 1971; Le Houérou, 1992).

- var *halimus* (var. *typican* Aellen ; var. *genuina*, Maire et Weill.)

Elle s'étend du Maroc à la Manche, jusqu'à la Mer du Nord. Elle est facilement identifiable grâce à son habitus droit caractéristiques et aux branches fructifères très courtes (20 cm) et recouvertes de feuilles (Francllet et Le Houérou, 1971 in Walker et al., 2014).

- var *schweinfurthii* (Boiss) (var. *glaucoidea*, L. Chevall ; var. *ramosissima*, L. Chevall, var. *argutidens*, Bornm).

**Les graines** quant à elles, sont comprimées latéralement de 0,9 à 1,1 mm de diamètre. Les graines sont entourées d'une peau membraneuse d'un diamètre de 2mm, aplatie Trier par genre verticalement ou horizontalement (**Figure 04**).



**Figure 04** : Les graines d'*Atriplex halimus* (Walker et al., 2014).

Par ailleurs, l'*Atriplex halimus* possède un système racinaire très développé, qui lui permet d'utiliser les Réserves d'eau du sol et de former un réseau dense susceptible d'agréger le sol et de le rendre Résistant à la l'érosion (Haddioui et al.,2008).



**Figure 05** : Les Racines d'*Atriplex halimus* (Ahmadou et Mekhlouf., 2019).

### I.2.2.2 Position systématique d'*Atriplex halimus* L.

Selon Quezel et Santa (1962), l'espèce *Atriplex halimus* L. est classée comme suit :



<b>Règne</b>	: Plantea
<b>Embranchement</b>	: Phanérogames ou Spermaphytes
<b>Sous-Embranchement</b>	: Angiospermes
<b>Classe</b>	: Dicotylédones
<b>Sous-classe</b>	: Préastéridées
<b>Ordre</b>	: Caryophyllades
<b>Sous-ordre</b>	: Chénopodiales
<b>Famille</b>	: Amaranthacées
<b>Genre</b>	: <i>Atriplex</i>
<b>Espèce</b>	: <i>Atriplex halimus</i> L

En Algérie, l'*Atriplex halimus* est nommé localement « Guettaf » (**Aboura, 2006 ; Bouchoukh, 2010**) où son emploi fréquent contre diverses maladies. Cette plante est nommée le pourpier de mer, Arroche maritime et Arroche halime (**Baba Sidi-Kaci, 2010; Brinis, 2016**).

#### **I.2.2.3. Répartition géographique de l'espèce *Atriplex halimus***

##### **▪ Dans le monde**

*A. halimus* L. pousse naturellement à travers le bassin méditerranéen jusqu'à l'Asie occidentale : y compris le sud du Portugal, la France, le sud et l'est de l'Espagne (et les îles Canaries), l'Italie, la Grèce, Malte, la Turquie, Chypre, Palestine, la Syrie, le Liban, Jordanie, Tunisie, Maroc, Algérie, Libye, Égypte et Arabie saoudite. (**Walker et al., 2014**).

En Europe, l'*Atriplex halimus* est présent sur toute la rive nord de la méditerranée et aussi en Bulgarie (**Berri, 2009**).

**Le tableau 01** ci-dessous résume le nombre approximatif des espèces d'*Atriplex* dans diverses régions, pays arides et semi-arides du monde.

**Tableau 01:** Nombre approximatif des espèces d'*Atriplex* dans diverses régions et pays arides et semi-Arides du monde (**Bouchoukh, 2010 ; Bouchoul et Hezla, 2017**).

<b>Pays ou régions</b>	<b>Nombre d'espèces et/ou sous espèces</b>	<b>Pays ou régions</b>	<b>Nombre d'espèces et/ou sous-espèces</b>
<b>États unis</b>	110	<b>Baja Californie</b>	25
<b>Australie</b>	78	<b>(Mexique)</b>	22
<b>Bassin médité</b>	50	<b>Afrique du nord</b>	20
<b>Europe</b>	40	<b>Texas</b>	20
<b>URSS</b>	40	<b>Afrique du sud</b>	20
<b>Proche orient</b>	36	<b>Iran</b>	18
<b>Mexique</b>	35	<b>Syrie</b>	17
<b>Argentine</b>	35	<b>Palestine / Jordanie</b>	17
<b>Californie</b>	32	<b>Algérie / Tunisie</b>	16
<b>Chili</b>	30	<b>Bolivie / Pérou</b>	-

- **En Algérie**

En Algérie, l'*Atriplex* est spontané dans les étages bioclimatiques semi-arides et arides. Les plus grandes superficies correspondent aux zones dites steppiques (Batna, Biskra, Boussaâda, Djelfa, Saïda, M'sila, Tébessa, Tiaret (**Berri ,2009**)).



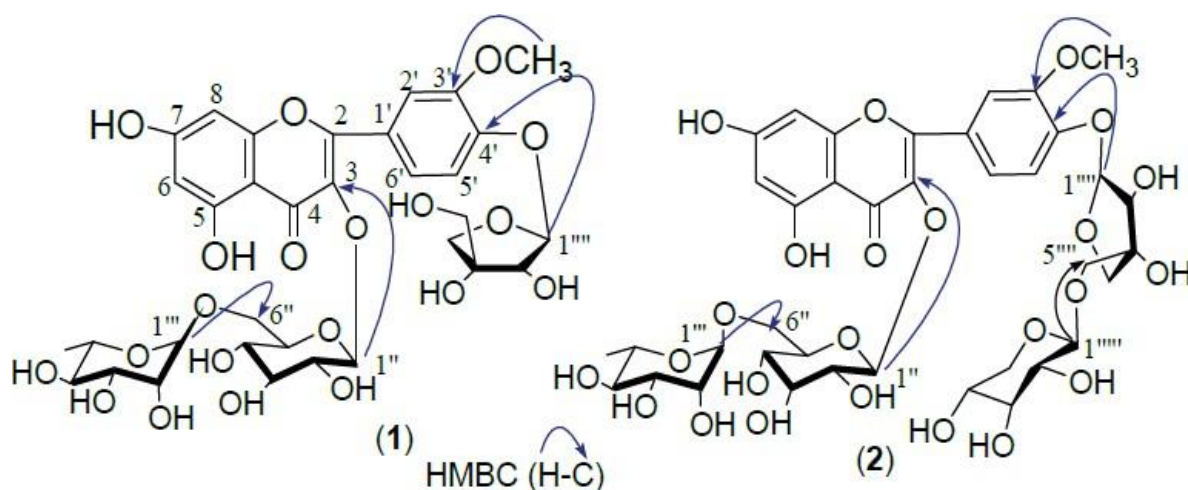
**Figure 06 :** Aire de répartition de l'*Atriplex halimus* en Algérie  
(Bouchoucha et Ouazeta, 2018).

#### 1.2.2.4. Principaux composés bioactifs d'*Atriplex halimus*

Cette plante est connue depuis longtemps par des activités biologiques dues à ses différents constituants bioactifs (Zaimeni et al., 2020).

L'étude de la composition chimique des feuilles et des tiges d'*A. halimus* montre la présence de métabolites secondaires : tels que tanins, saponines et alcaloïdes. Aussi elle se caractérise par sa haute teneur en fibres alimentaires (cellulose), protéines, vitamines (A, B et C) et sels minéraux tant disque il renferme une faible teneur en matières grasses brutes (Benhammouet al., 2009 ; Nedjimi et al., 2013).

Il n'y a qu'un seul rapport concernant l'isolement de certains flavonoïdes d'*A. halimus* L. (Emam, 2011). Dans cette étude, nous avons réexaminé cette précieuse plante et signalé l'isolement de 8 composés (1–8).



**Figure 07 :** Structures chimiques des composés (1) et (2) (Kabbash et Soheib, 2012).

Les composés 1 et 2 (**figure 07**) sont de nouveaux composés identifiés comme des glycosides de flavonol méthylés et obtenus après séparation en utilisant des RPCC répétés avec une élution en gradient de MeOH-H<sub>2</sub>O. Le composé **1** est désigné sous le nom d'atriplexoside A, a été obtenu sous la forme d'une poudre jaune pâle amorphe. De même pour le composé 2, qui est désigné sous le nom d'atriplexoside B. Ce dernier a été obtenu sous forme d'une poudre Jaune pâle amorphe

Les composés isolés connus **3-8** ont été identifiés comme : **3** (3,4-diméthoxyphényl-1-O-β-D-glucopyranoside), **4** (3,4,5-triméthoxyphényl-1-O-β-D-glucopyranoside), **5** (20-hydroxyecdysone), **6** (3α-hydroxysulfonyloxy-5α, 6α-époxy-7-megastigmen-9-one), **7** (4'-O-méthylquercétine-3-O-(6''-O-α-rhamnopyranosyl-β-glucopyranoside), et **8** (5-O-méthylquercétin-3-O-(6''-O-α-rhamnopyranosyl-β-glucopyranoside). Les structures de ces composés connus ont été déterminées par comparaison de leurs données physiques et spectroscopiques avec celles rapportées dans la littérature **3** (Paradaa et al., 1995), **4** (Wang et al., 2008), **5** (Zaghloul et Marzouk, 2006), **6** (Xue et al., 2008), **7** (Sastry et al., 1967) et **8** (El Ansari et al., 1977).

#### I.2.2.5 Propriétés et usages thérapeutiques d'*Atriplex halimus*

L'*Atriplex halimus* est l'une de ces nombreuses plantes utilisées dans la phytothérapie traditionnelle (Salami et Gharbi, 2018).

C'est un arbuste réputé pour la valeur nutritive et énergétique de ses feuilles tendres, non seulement pour le bétail, mais aussi comme aliment pour les nomades et la population locale

stepanique. En effet, au printemps, dans plusieurs régions en Algérie (Djelfa) et Tunisie (Gabès), les jeunes pousses de *guettaf* sont consommées par l'homme, en le préparant comme des épinards. Bien que l'âcreté provoquée par une élimination insuffisante des saponines pendant la cuisson ne rende pas cet aliment très savoureux, sa consommation reste très acceptable par la population locale. *A. halimus* pourrait donc fournir un aliment de valeur pour les animaux comme pour l'homme lorsque les conditions naturelles sont particulièrement sévères (**Nedjimi et al., 2013**).

Dans une étude menée en 2015 par **Hadjadj et al.** Ces derniers ont cité un ensemble d'usage traditionnel dans la région d'Ouargla de la plante en question. Ils rapportent que la plante est préconisée à sec en adition avec soit du miel, sel gemme avec miel, huile, lait ou beurre local (Dhan), pour les symptômes suivants : Catarrhe stomacal, constipation, diarrhée, gaz, ballonnement, kyste hydatique, fibrome, hypertension. Antiseptique, brulures, diabète, fièvre, jaunasse, anémie, maladie cardiaque, otites, rhumatisme, toux, obésité, tumeur, fatigue, diurétique, vermifuge, urine involontaire, vomissement, blessures et ulcères, angines et goitres, maladie des vésicules biliaires, calmant, fortifier la gencive, stérilité, prostate, chute du placenta, lithiase rénale hypercholestérolémie (**Hadjadj et al., 2015**).

D'ailleurs, les auteurs **Ghourri et al., (2013)** et **Bellakhdar (2006)** indiquent que les feuilles séchées étaient consommées en décoction et en infusion dans de l'eau pour les mêmes affections citées précédemment. De nombreux auteurs ont également rapportés que les feuilles d'*A. halimus* sont utilisées pour soigner les inflammations des voies urinaires (cystites), les lithiases urinaires et dans le traitement des kystes présents dans divers organes surtout les kystes utérines (**Belouad, 2001 ; Emam, 2011 ; Miara et Al., 2019**).



## **Chapitre III**

### **Les métabolites secondaires**

### I.3 Généralité sur les métabolites secondaires

Le terme « métabolite secondaire », qui a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés chimiques chez les plantes, qui sont responsables des fonctions périphériques indirectement essentielles à la vie des plantes, telles que la communication intercellulaire, la défense et la régulation des cycles catalytiques. (Berkal et Bouchama, 2016).

Les métabolites secondaires en tant que petites molécules organiques sont soit des produits finaux, soit des déchets du métabolisme primaire, soit des substances stockées qui subissent une mobilisation redirigée. Ils sont dérivés des produits du métabolisme des glucides, des lipides et des acides aminés (Taleghani et al., 2020).

Ces métabolites s'accumulent dans les plantes en petites quantités, parfois dans des cellules spécialisées, ce qui rend leur extraction difficile et onéreuse (Marouf et Reynaud, 2007). Elles sont synthétisées dans une partie de la plante et stockées dans une autre (Bendif, 2017).

#### I.3.1. Classification des métabolites secondaires

On distingue classiquement trois grandes catégories de métabolites secondaires chez les végétaux :

- Les composés phénoliques,
- Les terpénoïdes,
- Les alcaloïdes ou composés azotés (Mamadou, 2011).

#### I.3.2 Les composés terpéniques

Selon Alamgir (2018), les terpènes contenant de l'oxygène sont appelés terpénoïdes ou isoprénoïdes. Ce sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte (Ounis et Boumaza, 2017). Ils répondent dans la plupart des cas à la formule générale (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) c'est-à-dire leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'unité isoprénique (U.I) à 5 atomes de carbone (Figure 08) (Rahal et Rahal, 2019).

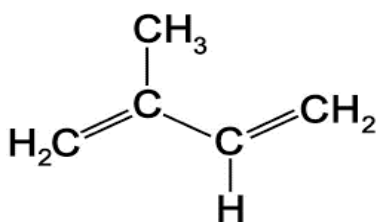


Figure 08 : Structure de l'unité isoprène (Lusher, 2018).

Les composés terpéniques forment la plus grande classe de produits naturels. En effet les plantes synthétisent plus de vingt-deux milles dérivés isopréniques qui possèdent des structures, des propriétés physiques et chimiques et activités biologiques très diverses (**Rahal et Rahal, 2019**). Les précurseurs de tous les isoprénoides, le pyrophosphate d'isopentényle (IPP) et son isomère allylique pyrophosphate diméthylallyl (DMAPP), avec près de 40 milles structures moléculaires. Ils constituent une importante classe des produits secondaires, hydrophobes quelquefois volatils et unis par une origine commune (**Rahal et Rahal, 2019**).

Les terpénoïdes ont une importance significative dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique (**Alamgir, 2018**). Ces molécules présentent sous forme d'huiles essentielles, parfums et goût des plants, pigments (carotène), hormones (acide abscissique), des stéroïdes (cholestérol) (**Laifaoui et Aissaoui, 2019**).

### I.3.2.1 Classification

La classification rationnelle des terpènes a été établie sur la base du nombre d'unités d'isoprène (C5) incorporées dans la molécule de base squelette (**Ludwiczuk et al., 2017**).

- **Hémiterpènes (C5)** : Les hémiterpènes sont composés d'une seule unité isoprène à cinq atomes carbone (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>), le plus simple de tous les terpènes (**Cseke et al., 2006**).
- **Monoterpénoïdes (C10)** : La majorité des monoterpènes sont rencontrés dans les huiles essentielles (90%), De petite masse molaire, les monoterpènes sont particulièrement volatils. Ils ont une grande diversité et sont largement utilisés dans les domaines pharmaceutique, cosmétique, industries, agricoles et alimentaires. Ils comportent deux unités isopréniques selon le mode de couplage « tête--queue) (**Mostafa, 2008**).
- **Sésquiterpénoïdes (C15)**: ils sont dérivés de trois unités d'isoprène et existent sous diverses formes, notamment des structures linéaires, monocycliques, bicycliques et tricycliques. (**Ludwiczuk et al., 2017**).
- **Diterpènes (C20)** : Avec un squelette carboné de 20 carbones (4 U.I.), les diterpènes comprennent un groupe de composés chimiquement hétérogène. Ils sont moins volatils que les précédents. Il a été rapporté qu'ils proviennent principalement de sources végétales ou fongiques, mais ils sont également formés par certains insectes ainsi que par des organismes marins. La synthèse chimique de ces composés est difficile en raison de leurs structures complexes et l'extraction naturelle est laborieuse, de sorte que la production dans des hôtes microbiens est d'un grand intérêt (**Azouz, 2017**).

- **Sesterterpénoïdes (C25)** : ils sont rares dans la nature. On les trouve généralement dans les cires protectrices d'insectes et de champignons (Azouz,2017).
- **Triterpénoïdes (C30)** : Ils sont constitués de 6 U.I., les triterpènes sont une classe des terpènes relativement complexes et peuvent être classés en deux groupes principaux, le type stéroïdien (C27) avec 27 atomes de carbone présents dans le squelette et le type pentacyclique (C30). (Azouz,2017).
- **Tétraterpènes (C40)** : Les tétraterpénoïdes sont composés de 8 U.I. Le groupe de tétraterpénoïdes le plus connu est celui des pigments caroténoïdes. Les caroténoïdes ont des fonctions biologiques importantes en raison de leur activité antioxydante, en plus de leur utilisation commerciale comme colorants alimentaires. Le lycopène et la zéaxanthine sont considérés comme des tétraterpénoïdes. (Azouz, 2017).
- **Polyterpènes (> C40)** : Ce sont des macromolécules composées d'un grand nombre d'unités isopréniques.

### I.3.2.2 Activités biologiques des composés terpéniques

Les composés terpéniques sont intéressants et sont largement utilisés dans l'industrie comme des arômes, des parfums et des épices et comme de nombreux autres produits naturels. Ils présentent des activités biologiques, qui ont été exploitées dans la prévention et le traitement des maladies humaines (Tetali.,2019).

Des centaines de composés isoprénoïdes et leurs dérivés ont été testés pour la base cellulaire et moléculaire de leurs activités pharmacologiques. Ces activités biologiques démontrées à partir d'études in vitro et in vivo, comprennent des effets anti-inflammatoires, antioxydants, antiagrégatoires, anticoagulants, anti-tumoraux, sédatifs et analgésiques des monoterpènes, sesqui-, di-, tri- et tétraterpènes et leurs glycosides (Tetali.,2019).

À ce jour, les propriétés anticancéreuses du médicament diterpénoïde Taxol et de l'antipaludique artémisinine, une lactone sesquiterpénique, sont deux exemples d'industrie pharmaceutique de plusieurs milliards de dollars directement basée sur des produits naturels (Tetali.,2019).

### I.3.2.3 Composition biochimique d'*Atriplex halimus* en composés terpéniques

Dans une étude menée par Ziane et al. (2019), sur l'activité antibactérienne et l'étude de chromatographie phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse de l'*Atriplex halimus* L.

Algérien de la région de Bechar. Il a été démontré que le rendement de l'huile essentielle (couleur jaune clair) obtenue par hydrodistillation était de 0,0475 %, et un total de 17 composés volatils et semi-volatils différents ont été identifiés, il s'agirait de ; Monoterpènes oxygénés (32,62 %), les hydrocarbures sesquiterpéniques (15,94 %), les hydrocarbures monoterpéniques (23,73 %) et les composés soufrés (3,11 %).

Il a été rapporté également dans la littérature que le nombre de composants identifiés dans l'huile essentielle d'*Atriplex halimus* est de 14, ce qui représente 91,94% du total des composants. Les constituants dominants identifiés dans l'échantillon sont le cadina-1(10)4- diène (Haiyane et al., 2016), le germacrène D (Boudjedjou et al., 2019), l'octane (9,37 %) (Haiyane et al., 2016), pélargonaldéhyde (Badjer et al., 2017) et 3-furancarboxaldéhyde (Raimundou et al., 2018).

Les autres constituants mineurs de l'huile sont la myristicine (4,00 %) (Esmaeili et al., 2018), le 1,1,4-triméthylcyclohexane (3,83 %), l' $\alpha$ -terpinène (3,24 %) (Sajjadi et Amiri, 2007), le thiophène, le 2-[(méthylthio)éthynyl] (3,11%) (Esmaeili et al., 2018),  $\rho$ -Menthan-3-one, cis-p- (2,88%) (Haiyane et al., 2016),  $\beta$ -Pinène (2,60%) (Boudjedjou et al., 2019), camphène (2,59%) (Esmaeili et al., 2018), 2-vinyle -5-méthylfurane (2,16 %) (Badjer et al., 2017) et myrcène (2,10 %) (Esmaeili et al., 2018).

Ces différences qualitatives et quantitatives dans la composition chimique des huiles essentielles pourraient être attribuées à plusieurs facteurs tels que la situation géographique, les effets climatiques, la saison de récolte, la nature du sol, l'âge des parties de la plante, l'état des matières végétales utilisées (séchées ou frais), la partie de la plante utilisée, le moment de la récolte et le chémotype (Djellouli et al., 2015 ; Hamidi et al., 2016).

### I.3.3. Les composés phénoliques

Les polyphénols sont des composés organiques présents en tant que métabolites secondaires dans toutes les plantes à des concentrations variables (Lund., 2021). Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) (Bouchouka, 2016)

Les composants phénoliques contiennent un groupement hydroxyle (-OH) attaché directement à un groupement hydrocarboné aromatique (Tsimogiannis, 2019).

Ces molécules sont pourvues de différents rôles dans la plante, notamment les agressions Climatiques ; stresse biotique (agents pathogènes, blessures, symbiose) ou abiotique (lumière, Rayonnements UV, faible température, carence) (Madi et Belkhiri, 2018).

I.3.3.1 Classification

Ils peuvent être divisés en acides phénoliques (dérivés de l'acide Benzoïque ou dérivés de l'acide cinnamique), coumarines, stilbènes, flavonoïdes, lignanes, lignines, tanins (figure 09) (Cheynier, 2005).

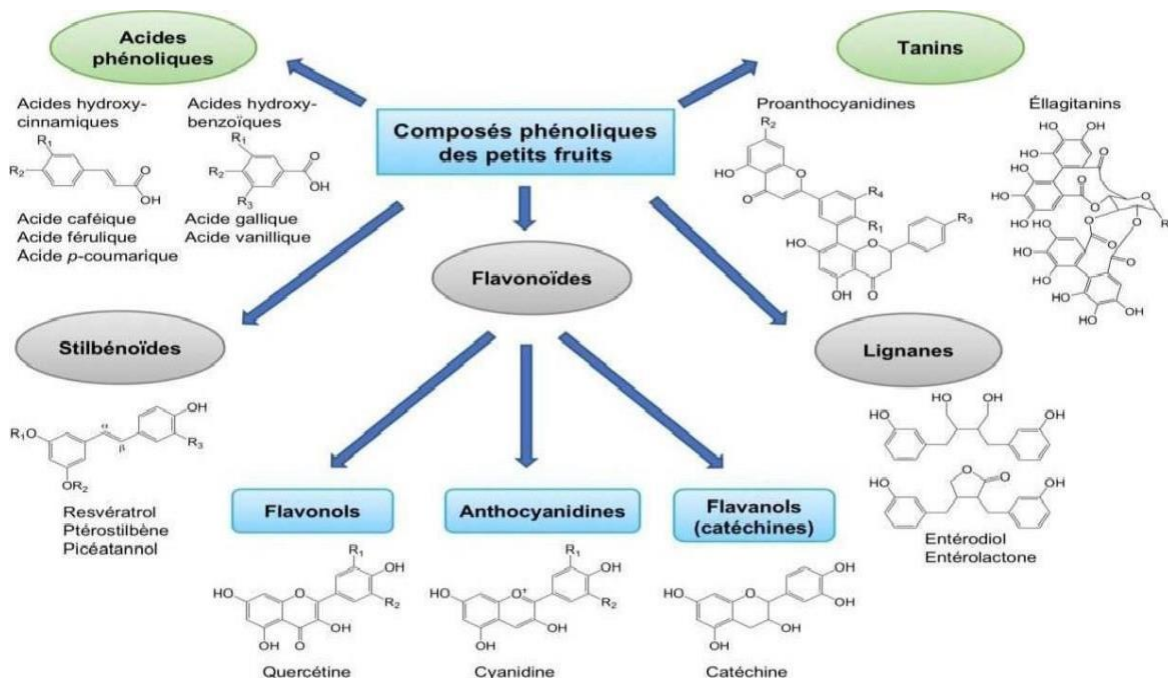


Figure 09 : Les principales classes des composés phénoliques (Fettah, 2019).

I.3.3.1.1 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire, ils possèdent tous un même squelette de base de quinze atomes de carbones constitué de deux unités aromatiques liés par un cycle pyrane hétérocyclique (C6-C3-C6) (Figure 10) (Lone et al.,2020). Ils sont considérés comme des colorants végétaux presque universels, en particulier dérivés de la benzo-pyrone (Naoui et Reggab, 2020).

Selon la liaison entre les anneaux B et C et la substitution des modèles de l'anneau C, ils sont divisés en six différents Sous-groupes : Flavonols, Flavones, Flavonones, Flavanols, Isoflavonoïdes et anthocyanes. (Durazzo et al., 2019, Mark et al., 2019).

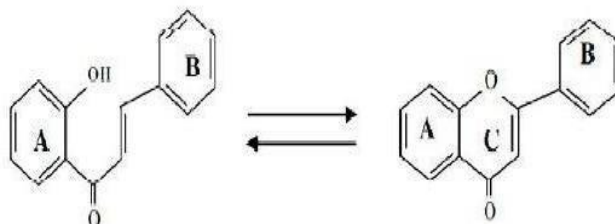


Figure 10 : Structure de base d'un flavonoïde (Missaoui, 2018).

### I.3.3.1.2 Les tanins

Les tanins sont des substances naturelles qui se trouvent dans la plupart des plantes supérieures. Ils sont produits dans presque toutes les parties de la plante (les graines, Les racines et les feuilles) (Pizzi, 2019).

Ces substances contribuent à la défense de la plante contre les insectes, les infections alimentaires ou les bactéries. Leur mécanisme de défense dépend de la capacité du tanin à complexer de manière irréversible les protéines (Pizzi, 2019). Ces composants peuvent être classés en deux groupes :

- **Tanins condensés** sont des composés polymères non hydrolysables résultant de la polymérisation d'unités flavan-3-ols (sous forme d'oligomères) (Figure 11). Cette condensation leur confère une structure similaire à celle des flavonoïdes (Saidi, 2019).

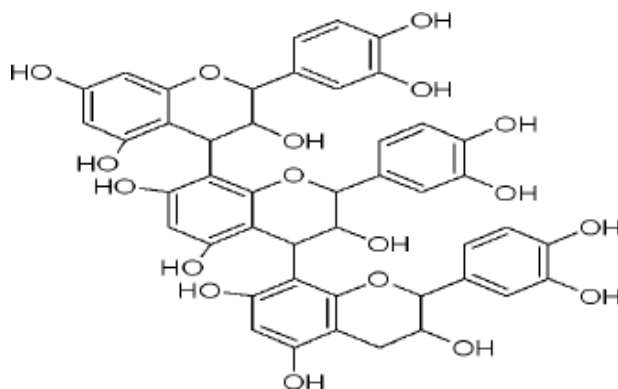


Figure 11 : Structure du tannin condensé (Ghnimi, 2015).

- **Tanins hydrolysables** sont des esters d'acide gallique, de ses dimères (acide digallique, acide ellagique) et de monosaccharides (le plus souvent le glucose). Ces substances sont constituées de molécules phénoliques simples, comme leur nom l'indique sont facilement hydrolysables par les acides et les enzymes (tannase) en pyrogallol (Rira,2019).

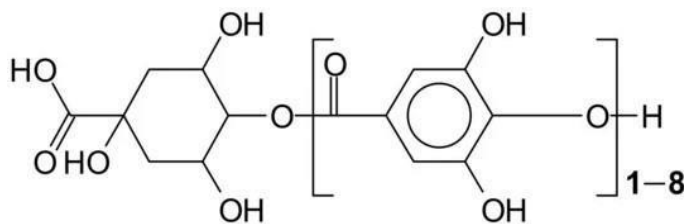


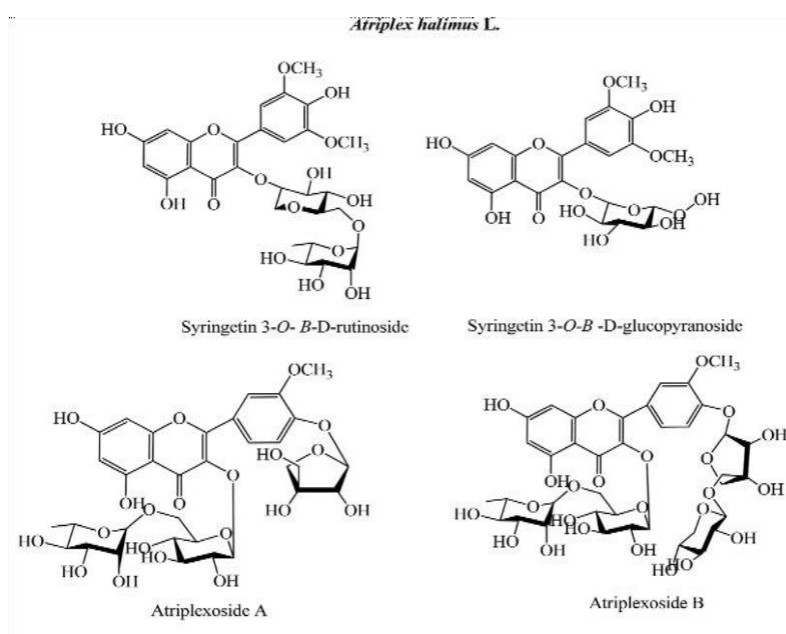
Figure 12 : Structure de tannin hydrolysable (Pizzi, 2019).

### I.3.3.2 Activités biologiques des composés phénoliques

Les composés phénoliques ont plusieurs activités biologiques notamment les activités antioxydantes, antivirales (Ulomskiy et al., 2020), antidiabétiques (Ren et al., 2020), anticancéreuse (Abdel-Moneim et al., 2020), cardioprotectrices, neuroprotectrices, antiasthmatiques, antiseptiques, protection cérébrovasculaire, hypocholestérolémiantes, hépatoprotectrices (Ganesan et Baojun, 2017). Les polyphénols constituent une source prometteuse d'agents antibactériens, leur Mécanisme d'action est assez diversifié, ciblant la paroi cellulaire, la membrane lipidique, les récepteurs membranaires et les canaux ioniques (Álvarez-Martínez et al., 2020).

### I.3.3.3. Composition biochimique d'*Atriplex halimus* en composés phénoliques

Les feuilles et les tiges d'*A. halimus* sont riches en métabolites secondaires comme les flavonoïdes, polyphénols, tanins hydrolysables, tanins condensés, coumarines (Alicata, 2002). L'arbousier méditerranéen (*Atriplex halimus* L.), présente une composition chimique très intéressante et variée tels que divers glycosides de flavonol, à savoir la syringétine 3-O-β-D-rutinoside, la syringétine 3-O-β-D-glucopyranoside et l'isorhamnétine 3-O-β-D-rutinoside (narcissine) qui ont été isolés à partir d'une fraction méthanolique à 60 %, ainsi que l'atriplexoside A, (3'-O-méthylquercétine-4'-O-β-D-apiofuranoside-3-O-(6''-O-α-L-rhamnopyranosyl-β-D-glucopyranoside) qui a été détecté dans une fraction méthanolique à 20 % des parties aériennes de la plante (El-Aasr et al., 2016) (Figure 13).



**Figure 13:** Principaux composés trouvés dans *Atriplex halimus* (Petropoulos et al., 2018).



Deux autres composés phénoliques importants, à savoir deux glycosides de flavonol, désigné comme atriplexoside A [3'-O-méthylquercétine-4'-O-β-apiofuranoside-3-O-(6''-O-α-rhamnopyranosyl-β-glucospyranoside)] et atriplexoside B [3'-O- méthylquercétine-4'-O-(5''-O-β-xylopyranosyl-β-apiofuranoside)-3-O- (6''-O-α-rhamnopyranosyl-β-glucopyranoside)] ont également été identifiés par (**Kabbash et Shoeib (2012)**), ainsi que deux glycosides phénoliques, un ecdystéroïde, un mégastigmane et deux glycosides flavonoïdes méthoxylés. Les teneurs en tanins, alcaloïdes, saponines, lignines et fibres étaient relativement faibles, tandis que les protéines ont été détectées à des niveaux modérément élevés et étaient associés à une haute digestibilité (**Benhammou et al., 2009 ; Bouazza et al., 2012**). Il est également intéressant de souligner que les concentrations des constituants bioactifs varient au cours de la saison de croissance (**El- Shatnawi et Mohawesh, 2000**).

#### I.3.4. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances organiques azotée, basiques, d'origine naturelle avec une distribution limitée, ils ont une structure complexe : leur atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique et ils possèdent une activité pharmacologique significative. (**Benslama, 2016**).

##### I.3.4.1 Classification

Ils peuvent être divisés en 3 groupes (**Adamski et al., 2020**) :

##### ↳ Pseudo-Alcaloïdes

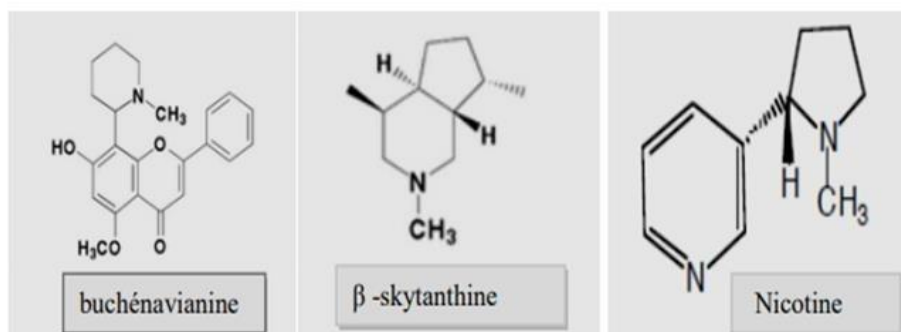
Ils présentent un squelette carboné basique, dont il n'existe pas d'azote intra cyclique. En phase finale l'azote s'incorporer dans la structure.

##### ↳ Proto-Alcaloïdes

Le système hétérocyclique ne possède pas l'azote. Ces alcaloïdes sont élaborés à partir d'acides aminés.

##### ↳ Alcaloïdes vrai

Le système hétérocyclique contient un atome d'azote. Ce sont formés par biosynthèse à partir d'acides. Cette classe possède une activité pharmacologique marquée.



**Figure 14:** Quelques exemples d'alcaloïdes (a)alcaloïdes vrais (b) pseudo-alcaloïde (c) proto-alcaloïde (Tolba ,2016).

#### I.3.4.2 Activités biologiques des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont parmi les plus importants produits naturels, en raison de leurs diversités structurales et leurs propriétés médicinales parmi lesquels les activités analgésiques (La capsaïcine) (Kobayashi , 2017), la corydine, l'isocorydine, la bulbocapnine et la dicentrine (Gray-Lee & Lee, 2020), anti-inflammatoires (La colchicine) (Nidorf et Thompson ,2019) antimicrobiennes (harmine, harmaline et harmalol) (Dai et al., 2018), antioxydants (Azevedo et al., 2019), gastro protectrices (boldine) (Boeing et al., 2020), et antivirales comme la lamellaire (Fukuda et al., 2020).

En outre, les alcaloïdes agissent sur le système nerveux centrale (SNC) ; SN système nerveux autonome ; système cardiovasculaire. Ce sont également des anesthésiques locaux ; antitussifs (codéine), antiarythmiques (quinidine et ajmaline), des antimicrobiens (berbérine et sanguinarine), des antiparasitaires (quinine) et anticancéreux (vincalécoblastine, vincristine, taxol, camptothécine). Certains alcaloïdes comme la nicotine sont des insecticides végétaux naturels. Toutefois, une toxicité souvent notable, parfois très élevée est notée.

#### I.3.4.3 Composition biochimique d'*Atriplex halimus* en alcaloïdes

La chromatographie des alcaloïdes a montré la présence de berbérine et de pipérine chez *A. halimus*. La berbérine est un composé connu par son activité antimicrobienne et anti- inflammatoire. L'*Atriplex* est également recommandé pour traiter la malaria (Emam, 2011). Lapipérine et ses dérivés sont des drogues anti-convulsantes et anti-épileptiques efficaces (Pei, 1983).

## **Partie II**

---

### **Matériels et méthodes, résultats et discussion**

### II.1 Matériels

#### II.1.1. Matériel végétal

Le pourpier de mer (*Atriplex halimus*) a été acheté chez un herboriste dans la région de Tamanrasset en Mars 2022. La plante séchée auparavant est finement broyées à l'aide d'un moulin à café électrique. La poudre obtenue est conservée dans une boîte hermétiquement fermée (**Figure 15, a,b,c**)



(a) Plante séché



(b) Broyeur électrique



(c) Plante broyée

**Figure 15** : Traitement préliminaires de la partie aérienne (**Originale, 2022**).

#### II.1.2. Matériel animal

Pour l'évaluation de l'effet hypoglycémiant, des rats Wistar auraient été utilisés, des femelles en bonne santé entre 2 et 3 mois, pesant  $200 \pm 2$  g. Les animaux seraient logés dans des cages en polypropylène standards (6 par cage) et maintenus dans des conditions standard de laboratoire (12 h cycle lumière-obscurité, température de  $20 \pm 2$  °C).

Ils sont nourris avec un régime alimentaire standard de rat granulés (O.N.A.B) et avait accès à l'eau *ad libitum*. Les animaux ont été suivis pendant toute la durée de l'expérience.

### II.1.3. Microorganismes

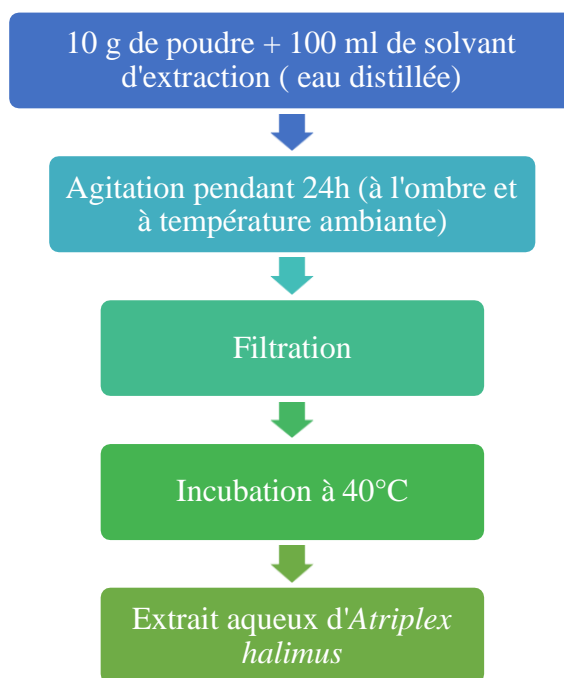
Pour cette étude, trois souches bactériennes ont été choisies. Deux d'entre-elles sont Gram négatives ; *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853). Et une autre Gram positive *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923).

### II.2. Méthodes

#### II.2.1. Extraction et préparation de l'extrait aqueux

L'extraction veut dire la séparation des parties actives de tissus végétaux ou animaux des composants inactifs ou inertes à l'aide des solvants sélectifs, traditionnellement l'eau, les huiles végétales ou les graisses animales. Les produits ainsi obtenus sont relativement impurs sous forme de liquides, semi-solides, poudres exclusivement destinées à un usage orale ou externe. Il s'agit de préparations connues comme les tisanes et les huiles médicinales (Handas, 2008).

Dans la présente étude, nous avons procédé à une extraction par macération suivant le protocole décrit par Murugan et Parimelazhagan (2013) en apportant quelques modifications. Dix à trente gramme (10 à 30 g) de la poudre végétale d'*Atriplex halimus* sont macérés dans 100 ml d'eau distillée, sur un agitateur mécanique avec contrôle de température (température ambiante) à une vitesse d'agitation constante de 200tr/min. Elle a été laissée pendant 24h et après extraction, nous avons procédé à la filtration en utilisant du papier Wattman N°1 (Figure 16). Le filtrat obtenu est incubé à 40°C pour sécher complètement. L'extrait a été pesé et stocké dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'à l'utilisation.



**Figure 16:** Schéma d'extraction par le solvant d'extraction de la poudre d'*Atriplex halimus* L.

### · *Calcul du rendement d'extraction*

Le rendement d'extraction est une mesure de l'efficacité du solvant à extraire des composants spécifiques du matériau d'origine et il a été défini comme la quantité d'extrait récupérée en masse par rapport à la quantité initiale de plante entière. Il est présenté en pourcentage (%).

## II.2.2. Caractérisation phytochimique de l'extrait aqueux

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés existant dans un extrait de la plante, pour mettre en évidence leur présence ou absence. Ces tests sont basés sur des réactions qui donnent des résultats (une coloration, ou précipité ou autre) par des réactifs spécifiques à chaque phytoconstituant.

Nous avons caractérisé les différents groupes chimiques en nous référant aux techniques décrites par plusieurs auteurs (**Harborne, 1998; Kokate, 2005; Roopalatha et Nair, 2013**):

### II.2.2.1. Préparation des solutions mères

Une solution est préparée à une concentration de 1% (P/V) en utilisant le solvant d'extraction (eau distillée) (**Roopalatha et Nair, 2013**).

### **II.2.2.2. Screening phytochimique**

#### **a) Tanins - Test du chlorure ferrique**

0,5g d'extrait sec est dissoute dans 10 ml d'eau distillée bouillante. La solution est filtrée. A 1ml du filtrat, quelques gouttes d'une solution de Fe Cl<sub>3</sub> à 6% sont rajoutées. La réaction donne une coloration bleu-noir en présence des tanins (**Qnais et al., 2007 in Hajoori et al., 2014**).

#### **b) Alcaloïdes**

L'extrait est mis dans un tube à essai auquel on y ajoute quelques gouttes de réactif de Wagner. L'apparition d'un précipité rouge-orangé ou brun rougeâtre indique un test a été réalisé par des réactions de précipitation avec le réactif de Wagner, 1ml de l'ex positif (**Vijay et al, 2013**).

#### **c) Flavonoïdes - Test d'acétate de plomb**

Quelques gouttes d'une solution de 10% d'acétate de plomb sont ajoutées à 1 ml de la solution d'essai. Il donne lieu à la formation d'un précipité jaune confirmant la présence des flavonoïdes (**Bhandary et al., 2012**).

#### **d) Stéroïdes et tritérpénoïdes - Test de Salkowski**

(2 mg) d'extrait sec a été dissout avec 1 ml de chloroforme et 1 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés le long du côté du tube à essai. Une couleur brun rougeâtre formée à l'interface indique que le test est positif pour tritérpénoïdes et les stéroïdes (**Agarwal et al., 2011 in Hajoori et al., 2014**).

#### **e) Carbohydrates - Test de Fehling**

Dissoudre 2 mg d'extrait sec dans 1 ml d'eau distillée et 1 ml supplémentaire de (solution A + B) du réactif de Fehling. Le mélange est agité puis chauffé dans un bain-marie pendant 10 minutes. Le précipité rouge brique formé confirme le test (**Roopalatha et Nair, 2013**).

#### **f) Glycosides cardiotoniques - Test de Keller –Killiani**

0,4 ml d'acide acétique glacial et quelques gouttes de solution de chlorure ferrique à 5% sont ajoutés à un peu d'extrait sec. Auxquels, 0,5 ml d'acide sulfurique concentré sont ajoutés le long du tube à essai avec soin.

Un anneau brun obtenu à l'interphase indique la présence des désoxy-sucres. Tandis que, la formation d'une couleur bleue dans la couche d'acide acétique confirme le test (**Bhandary et al., 2012 in Hajoori et al., 2014 ; Roopalatha et Nair, 2013**).

### **g) Glycosides d'anthraquinones - Test d'hydroxyanthraquinone**

A 1 ml de l'extrait, ajouter quelques gouttes de solution d'hydroxyde de potassium à 10%. La formation de couleur rouge confirme le test (**Roopalatha et Nair, 2013**).

### **h) Saponines**

5 ml de la solution d'extrait pris dans un tube à essai a été bien agité pendant cinq minutes. La formation de mousse stable après 15min confirme le test (**Bhandary et al., 2012 in Hajoori et al., 2014 ; Nair et al., 2013**).

## **II.2.3. Analyse quantitative**

Dans le but de déterminer la teneur en composés phénoliques de l'extrait aqueux *d'Atriplex halimus*, deux protocoles ont été suivis afin de doser les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes.

### **II.2.3.1 Détermination de la teneur en polyphénols totaux**

**Singleton et Rossi** ont décrit en 1965 la détermination des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu. Depuis la méthode est un standard et elle est largement utilisée pour caractériser les extraits végétaux de diverses origines.

Le principe de cette méthode est basé sur la réduction du réactif Folin (constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ )) par des composés phénoliques en milieu neutre (grâce à l'ajout du carbonate de sodium), ceci entraîne la formation d'un mélange de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ) de couleur bleue, dont l'absorption maximale à 765 nm est proportionnelle aux taux de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Delgado et al., 2019**). La teneur des polyphénols totaux a été déterminée selon la méthode de (**Slama et al. (2018)**) avec de légères modifications.

(200  $\mu$ l) d'extrait aqueux d'Ah dilué a été ajoutée à 1,5 ml du réactif Folin – Ciocalteu fraîchement préparé (Dix fois dilué). Après agitation vigoureuse et un repos de 5 min à 22°C, 1.5 ml d'une solution aqueuse de carbonate de sodium ( $Na_2CO_3$ ) à 7.5% sont ajoutés. Après 90



min d'incubation à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 765 nm par rapport au blanc préparé. Les polyphénols totaux sont quantifiés en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire de la forme  $y = a x + b$  réalisée en utilisant l'acide gallique comme référence (à des concentrations variant de 20 à 100 µg/ml) exprimé en microgramme d'équivalents d'acide gallique par gramme de Matière végétale sèche (µg GAE/g MS).

### **II.2.3.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes**

La détermination de la teneur et la concentration des flavonoïdes totaux de l'extrait aqueux a été réalisée par la méthode de trichlorure d'aluminium décrite par **Ahn et al. (2007)**.

Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des flavonoïdes par le trichlorure d'aluminium. Elle entraîne la formation d'un complexe jaune qui absorbe à 430 nm. Un volume de 0,5 ml d'une solution éthanolique de AlCl<sub>3</sub> 2% est additionné à 0,5 ml d'échantillon ou d'étalon. Après 10 min à la température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 430 nm. La Quercétine, à des concentrations croissantes allant de 2,5 à 20 µg/ml, a été utilisée comme standard pour tracer la courbe d'étalonnage.

La comparaison de la D.O observée par rapport à celles obtenues par l'étalon de concentrations connues permet d'évaluer la concentration et la teneur en flavonoïdes totaux. Les résultats ont été exprimés en microgramme équivalent quercétine par gramme de matière sèche (µg EQ/g MS).

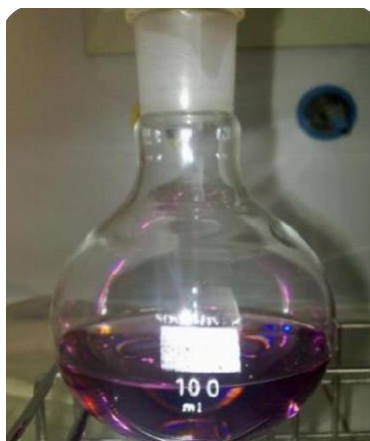
### **II.2.4 Évaluation de l'activité anti-radicalaire par le test de DPPH**

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) est un radical libre stable qui possède une coloration violette foncée, une fois réduit, il devient jaune pâle. Cette dernière est due aux molécules responsables du pouvoir antioxydant présent dans l'extrait.

Cette capacité de céder les hydrogènes est mise en évidence par une méthode spectrométrique en suivant la disparition de la couleur violette de la solution contenant le DPPH. Le pouvoir antioxydant sera comparé par la suite avec un antioxydant de synthèse à savoir l'acide ascorbique (Vit C). L'activité antioxydante de l'extrait d'*Atriplex halimus* a été évaluée en utilisant la méthode de **(Cuendet et al. (1997) ; Burits et Bucar (2000) in Douaouri (2018)**.

#### **▪ Préparation de la solution mère de DPPH**

Le DPPH est solubilisé dans l'éthanol à raison de 4 mg/100 ml, sous agitation magnétique pendant une demi-heure et à l'abri de la lumière.



**Figure 17 :** Solution de DPPH (Originale, 2022).

### ▪ Préparation de la solution mère et les dilutions de l'extrait

Comme première étape, nous avons préparé une solution mère à une concentration 0.5mg/ml en faisant dissoudre 2.5 mg de notre extrait dans 5ml d'éthanol. Pour la réalisation des différents tests, des dilutions de notre extrait ont été préparées en choisissant différentes concentrations (5, 10,20, 40, 60, 80, 100, µl). Où chacune des dilutions est mélangée avec 1ml de la solution éthanolique de DPPH.

Après une période d'incubation de 30min à température du laboratoire et à l'obscurité ainsi qu'à l'abri de l' $O_2$  atmosphérique.

En parallèle, des solutions éthanoliques d'antioxydant de synthèse ; l'acide ascorbique a été préparé dans les mêmes conditions.

L'expérimentation a été effectuée en utilisant un spectrophotomètre UV-VIS à longueur d'onde de 517nm.

Le contrôle négatif contient uniquement la solution éthanolique de DPPH.

Les résultats obtenus sont exprimés par rapport à ceux obtenus pour les antioxydants de références. Le pourcentage d'inhibition (% I) du radical DPPH par l'extrait aqueux est calculé comme suit :  $\% DPPH = \frac{Abs T - Abso E}{Abs T} \times 100$

Où :

- **% DPPH** : Taux du DPPH piégé ou taux d'inhibitions.
- **Abs T** : Absorbance du témoin (solution de DPPH –blanc) en (nm).
- **Abs E** : Absorbance de l'échantillon.

### ▪ Calcul des concentrations inhibitrices (IC<sub>50</sub>)

Nous avons déterminé la valeur IC<sub>50</sub> ou concentration inhibitrice de 50% qui est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% du radical DPPH.

### **II.2.5 Évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L.**

L'étude de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* est réalisée par la méthode de diffusion sur milieu gélosé.

#### **II.2.5.1 Principe de la méthode de diffusion sur milieu gélosé**

Cette méthode consiste à mettre en évidence une éventuelle activité antibactérienne en la mettant en présence des germes testés. Des disques de 9mm de diamètre, avec une capacité d'absorption de 2 à 3 µl sont déposés sur la gélose ensemencée en nappe à partir des souches à tester.

La diffusion de l'extrait aqueux, dans la gélose va permettre l'inhibition de la croissance des germes, tout autour des disques, dans le cas d'une éventuelle activité antimicrobienne positive qui se traduira après incubation par une auréole claire et distincte autour du disque appelée Halo ou zone d'inhibition.

La lecture se fait par la mesure des diamètres des zones d'inhibition à l'aide d'un pied à coulisse, pour chacune des souches.

La méthode est validée par le laboratoire microbiologique de **CRD-SAIDAL** dont le principe est tiré du titrage des anti-microbiologiques (**Pharmacopée européenne, 2002**).

#### **II.2.5.2 Milieux de culture utilisée**

La culture des bactéries se fait sur gélose nutritive (GN) alors que l'évaluation de l'effet antibactérien se fait sur le milieu Muller-Hinton.

#### **II.2.5.3 Préparation de l'inoculum**

Dans des boîtes de pétri de 90 mm de diamètre à raison de 15ml par boîte avec 3 répétitions par souches, les milieux Mueller-Hinton pour les bactéries a été coulé une première fois (ce qui constitue la première couche), sur une épaisseur de 4mm. Après les boîtes de pétri sont laissées sur paillasse afin de refroidir et solidifier.

## *Matériels et méthodes*

---

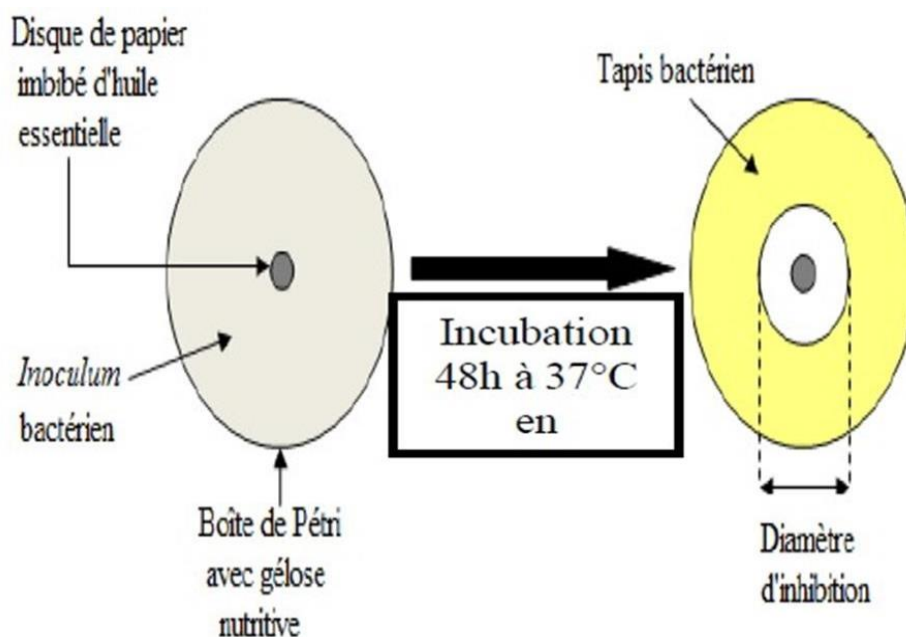
La préparation de l'inoculum s'est fait à partir de jeunes cultures 18h à 24h pour les bactéries. Après incubation, l'inoculum bactérien est préparé en prélevant deux ou trois colonies et en les repiquant dans un tube à essai contenant 5 ml d'eau physiologique stérile à 0.9%. La suspension obtenue est soigneusement homogénéisée. Ensuite, une première lecture de la concentration de la suspension à l'aide d'un spectrophotomètre est effectuée à une longueur d'onde de 620nm en estimant la transmittance entre 22 et 32% pour les bactéries.

Les valeurs comprises dans les intervalles cités ci-dessus correspond à une concentration optimale de  $10^7$ - $10^8$  germes/ml, si une des valeurs trouvées à la première lecture n'est pas comprise dans l'intervalle, un ajustement est nécessaire soit en ajoutant de l'eau physiologique si elle est supérieure à la valeur maximale soit en ajoutant les colonies si elle est inférieure à la valeur minimale.

A chaque fois, une nouvelle lecture de transmittance est réalisée jusqu'à l'ajustement de la suspension aux valeurs désirées. L'inoculum doit être utilisé dans les 15min qui suivent sa préparation.

Une deuxième couche du milieu est préparée où le milieu MH est coulé sur les boîtes de pétri et laissées refroidir jusqu'à une température de 45°C. Dans des flacons de 50 ml, le milieu correspondant pour chacune des souches est mis etensemencé avec 100µl de la suspension. Après les suspensions sont homogénéisées manuellement puis 4ml de chaque milieuensemencé est déposé sur la surface de la première couche en faisant pivoter la boîte sur elle-même pour avoir une surface uniforme. Les boîtes sont laissées solidifier sur la paillasse.

Les disques stérilisés, imprégnés d'extrait de la plante à tester sont placés sur la surface du milieu à l'aide d'une pince stérile. Les boîtes pétris sont ensuite incubées pendant à 37°C pendant 24h. Après l'incubation, l'absence de la croissance bactérienne se traduit par un halo translucide (zone d'inhibition) qui est mesuré en millimètre.



**Figure 18:** Principe de la méthode de diffusion par disque (Medjekane, 2017)

### II.2.6 Évaluation de l'activité hypoglycémiante de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L.

Afin de mettre en évidence l'activité antidiabétique de l'extrait aqueux, un modèle de rat diabétique induit par l'alloxane est utilisé. Nous avons suivi le protocole du laboratoire de Pharmacologie du CRD de SAIDAL selon le document de référence de **Noves et al., (2001)**.

L'activité antidiabétique aurait été réalisé sur des rats femelles, répartis aléatoirement en trois lots de 6 rats chacun. L'utilisation de rat de sexe femelle est fortement recommandée par **Novaes et al. (2001)**, car les males sont trop sensible à l'Alloxane, mortalité causée par hyperglycémie accentuée.

- **Mode opératoire**

Tout d'abord, une évaluation de la glycémie de base est effectuée pour tous les animaux mis en expérience afin de sélectionner les rats dont la glycémie est normale (rats normaux). Les rats sont mis à jeun 18heures avant l'essai.

L'injection d'une dose de 150mg/kg de l'alloxane monohydrate dilué dans de l'eau physiologique à 0.9% sous un volume de 1 ml / rat par voie sous cutanée déclenche un diabète chez le rat, sachant que l'alloxane monohydrate est un inducteur de diabète qui provoque une nécrose sélective sur les cellules bêta du pancréas donnant ainsi une déficience insulinique chronique (**Dhanabal et al., 2007**).

## *Matériels et méthodes*

---

Après 72 heures, une évaluation de glucose sanguin est effectuée et les rats ayant une glycémie supérieure à 150mg /dl sont sélectionnés et répartis en 3 lots :

- **Groupe 01 (témoin négatif)** : Les rats ont été traités avec de l'eau physiologique à 0.9%.
- **Groupe 02 (témoin positif)** : Rats gavés avec 2 ml à une dose de 850 mg /kg correspondant à 1 comprimé de **Glucophage®** (Métformine) qui a été dilué dans 85 ml de l'eau physiologique à 0.9%.
- **Groupe 03 (Extrait aqueux Ah)** : Rats gavés avec 2 ml à une dose de 200 mg /kg de poids corporel d'extrait

Le sang est prélevé dans des tubes héparines (EDTA 2%), de l'animal légèrement anesthésié par voie respiratoire (en utilisant de l'éther) et par ponction à travers le sinus retro-orbital au niveau de l'œil des rats à l'aide d'un tube capillaire hématocrite (**Figure 19**).

Le taux de glucose dans le sang a été déterminé par la méthode du glucose oxydase. Les rapports de changement de la glycémie ont été calculés pour chaque animal selon la formule suivante :

$$(C) \text{ glucose} = \frac{DO \text{ Echantillon}}{DO \text{ Etalon}} \times n$$

Où :

**(c)** : Concentration du glucose.

**DO** : Densité optique.

**n** : Concentration de l'étalon.

**DO étalons** : Densité optique standard



**Figure 19:** Prélèvement sanguin à travers le sinus rétro-orbital au niveau de l'œil des rats (Douaouri, 2012)

### III.1. Résultats et discussion

#### III.1.1. Résultats de l'analyse qualitative de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus*

##### III.1.1.1 Rendement de l'extraction

L'extrait obtenu après macération pendant 24 heures, est soumis à une filtration, puis séché et pesé pour déterminer son rendement et ses caractéristiques (couleur et aspect). Ces derniers sont représentés dans le **tableau 02** ci-dessous :

**Tableau 02:** Caractéristiques de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L.

Caractéristique	Couleur	Aspect	Rendement (%)
Extrait de la plante	Marron	Poudre	13.72 %

Selon les résultats du **tableau 02**, nous remarquons que l'extrait aqueux est récupéré sous forme de poudre de couleur marron. Ces mêmes résultats montrent que le rendement d'extrait aqueux obtenu de la partie aérienne la plante *Atriplex halimus* est de l'ordre de 13.72%. Des rendements supérieurs ont été trouvés dans l'étude menée par **Slama et al. (2018)** ; **Zeghib et Boutlelis (2021)** avec des pourcentages de rendement de l'ordre de (27.23% et  $19.29 \pm 0.24\%$ , respectivement) de l'extrait aqueux de la même espèce végétale.

D'une manière générale, le rendement d'extraction varie en fonction de l'espèce végétale, les conditions environnementaux, l'organe utilisé dans l'extraction, les conditions de séchage, le type de solvant utilisé et de sa polarité (**Daoudi et al. 2015**).


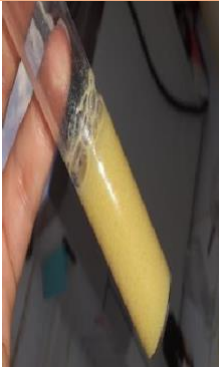



##### III.1.1.2. Caractérisation phytochimique de l'extrait aqueux (screening phytochimique)

Les tests phytochimiques sont des tests qualitatifs utilisés pour la révélation de la présence de quelques métabolites secondaires contenus dans un organe végétal, ces réactions basées sur des changements de couleur et des précipitations spécifique, indiquent la présence ou non de ces constituants.



**Tableau 03** ci-dessous indiquent les résultats des tests phytochimiques obtenus pour l'extraits aqueux d'*Atriplex halimus* L.

## *Résultats et discussion*

**Tableau 03:** Résultat du screening phytochimique de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L.

Composés	Tests phytochimiques	Résultats	
Glycosides d'anthraquinones	Test d'hydroxyanthraquinone	+	
Flavonoïdes	Test d'acétate de plomb)	+++	
Tanins	Test du chlorure ferrique)	+++	
Terpénoïdes	Test de Salkowski	++	
Saponosides	Test de mousse	+++	



<b>Alcaloïdes</b>	<b>Test de Wagner</b>	++	
<b>Carbohydrates</b>	<b>Test de Fehling</b>	-	

Les résultats sont classés comme suit ; Réaction fortement positive (+++), réaction moyennement positive (++) , réaction faiblement positive (+) et réaction négatif (-) sur la base de l'intensité du produit de réaction coloré.

L'étude phytochimique de l'extrait aqueux d'*A. halimus* a révélé la présence d'une large gamme de composés bioactifs comme les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les carbohydrates, les saponosides, et les terpénoïdes Nos résultats de criblage phytochimique à partir de feuilles d'*Atriplex halimus* sont en accord avec les résultats de **Gattouche et al. (2020)**.

Des résultats similaires ont également été rapportés par **Benhammou et al. (2009)**, **Chikhi et al. (2014)**, **Zeghib et Boutelils (2021)**. Cependant, **Hadjadj (2017)** ; **Ounaissia et al. (2020)** ; **Bounouar et al. (2022)** n'ont pas trouvé les alcaloïdes dans la partie aérienne de la plante.

Ces grandes différences peuvent non seulement être dues à une variation génétique, mais aussi à des critères différents pour la sélection du temps optimal de récolte (**Hernández et al., 2014**).

### **III.1.2. Résultats de l'analyse quantitative de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus***

#### **III.1.2.1. Dosage des polyphénols totaux**

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par la méthode spectrophotométrique en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Les résultats obtenus sont exprimés en microgramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait ( $\mu\text{g EAG/g d'extrait}$ ) en utilisant l'équation

## Résultats et discussion

de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique ( $y = 0.0086x + 0.498$ ) avec un coefficient de corrélation ( $R^2 = 0.9809$ ) (Figure)

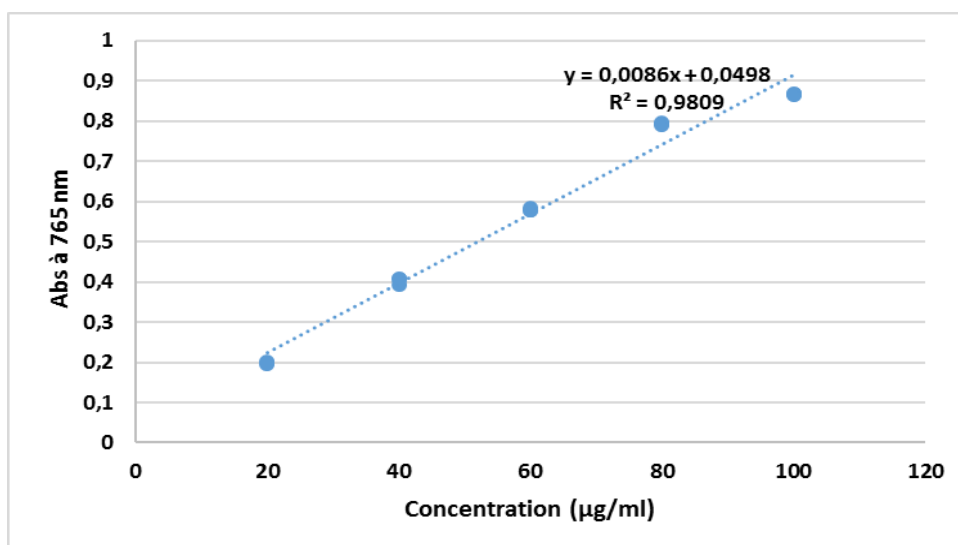


Figure 20: Courbe d'étalonnages d'acide gallique

Tableau 04: Teneur en polyphénols totaux de l'extrait aqueux des parties aériennes de d'*Atriplex halimus* L.

Polyphénols totaux (µg EAG/g)	
Extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i>	43.28 ± 0.33

Les résultats du tableau 04 révèlent que la teneur en polyphénols de l'extrait aqueux de la partie aérienne d'*A. Halimus* est de  $43.28 \pm 0.33$  µg EAG/g.

Bouaziz et al. (2021) ont trouvé des valeurs similaires de l'ordre de  $37.93 \pm 0.002$  µg d'acide gallique/g d'extrait. Paradoxalement nos résultats sont supérieurs à ceux de Bounouar et al. (2022) qui sont de  $1.092 \pm 0,08$  mg EAG/g d'extrait.

Toutefois, une étude comparative des extraits méthanolique et aqueux des parties aériennes d'*Atriplex halimus* établis par Boukhalfa et Bouraya (2019), a présenté des résultats nettement supérieurs aux nôtres. L'extrait aqueux a relevé la présence d'une teneur en polyphénols totaux de  $374.43 \pm 2.62$  mg EAG /g MS.

Cette variabilité en teneurs est probablement due à la nature, le volume de solvant utilisé, type d'extraction, la période de récolte, aux facteurs génotypiques (El Waziry, 2007), les conditions biotiques (Espèce, organe et l'étape physiologique), les facteurs abiotiques (facteurs édaphiques) (Ksouri et al., 2008), la situation géographique ; la nature du sol et le type du

microclimat et aux conditions de stockage (Atmani et al., 2009 ; Allaoui et al. 2016) et également aux étages bioclimatiques où poussent ces espèces.

### III.1.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux

L'analyse quantitative des flavonoïdes totaux est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage ( $y = 0.0377x + 0,0217$ ,  $R^2 = 0.9992$ ) (Figure 21)

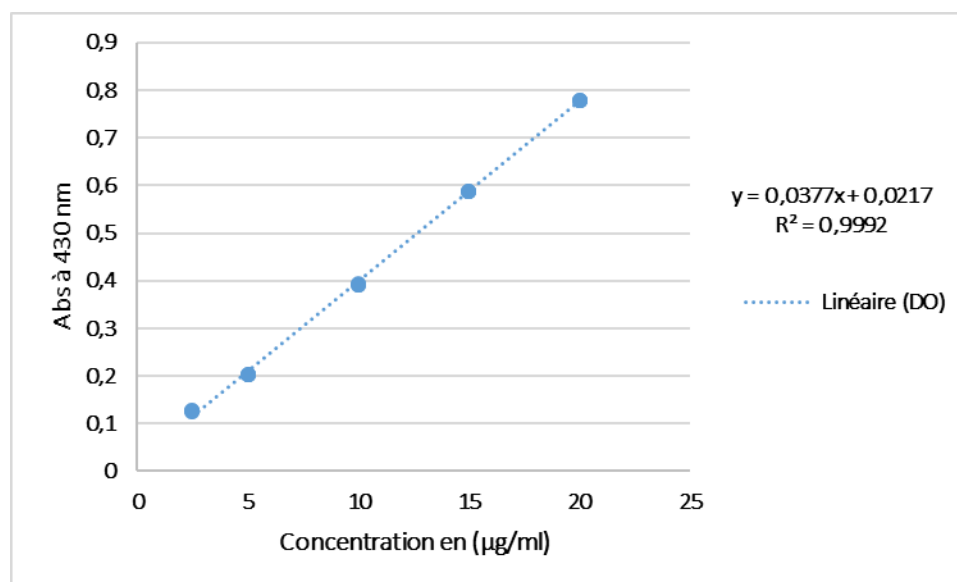


Figure 21: Courbe d'étalonnages de la quercétine

Tableau 05: Teneur en Flavonoides de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L.

Flavonoides (µg EQ/g)	
Extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i>	5.68 ± 0.74

Il en ressort des résultats du **tableau 05** que l'extrait aqueux renferme une teneur en flavonoïdes de  $5.68 \pm 0.74 \mu\text{g EQ/g}$ . Notre résultat est en accord avec les résultats publiés par **Zeghib et Boutlelis (2021)** qui ont trouvé une valeur de  $4.024 \pm 0.00013 \text{ mg EQ/g}$  d'extrait.

Par contre, la teneur rapportée par **Bounouar et al. (2022)** est de  $0,848 \pm 0,01 \text{ mg EQ/g}$  d'extrait, faible par rapport à notre résultat.

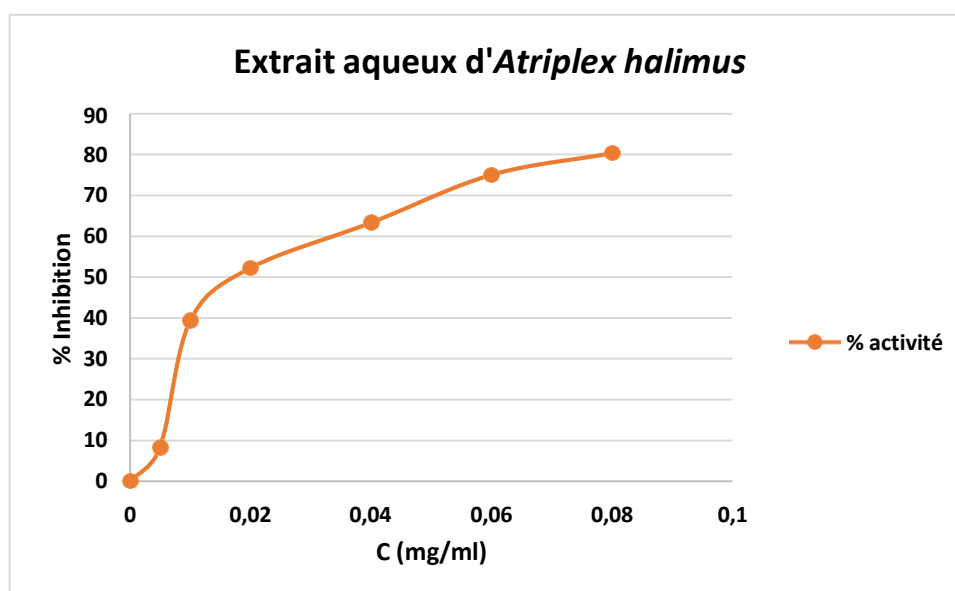
Ces résultats ne sont pas corroborés avec ceux obtenus par **Bouaziz et al. (2021)** sur la même espèce végétale, les teneurs en flavonoïdes sont de  $18.86 \pm 0.01 \mu\text{g EQ/ mg}$  d'extrait.

Toutefois, il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie car l'utilisation de différentes méthodes d'extraction réduit la fiabilité d'une comparaison entre les études.

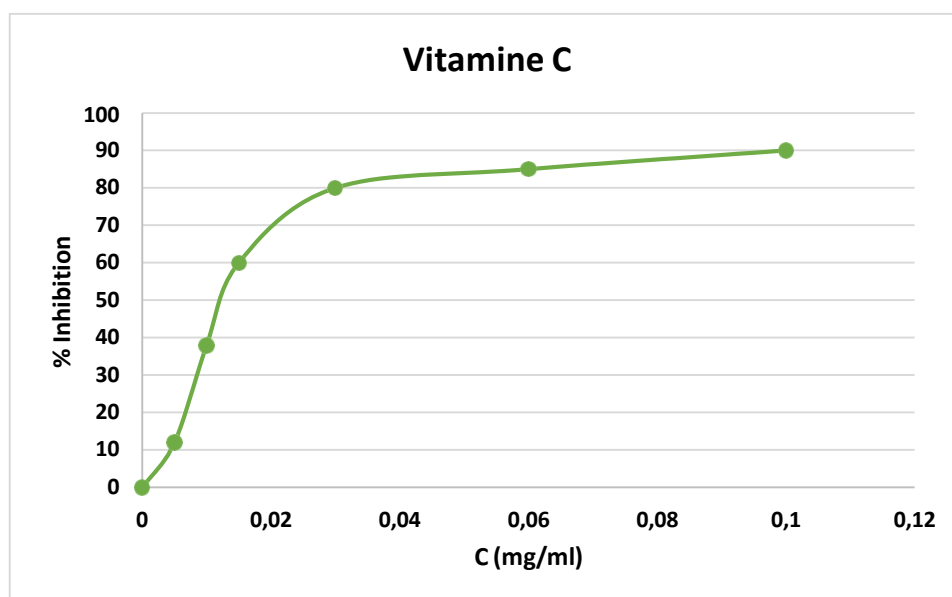
En conclusion, l'étude qualitative a été confirmée l'analyse quantitative de l'extrait aqueux des parties aériennes d'*Atriplex halimus* L., basée sur le dosage des polyphénols totaux et les flavonoïdes. Dans cette composition, nous constatons que l'espèce *Atriplex halimus* est quantitativement riche en composés phénoliques.

### III .1.3. Evaluation de l'activité anti-radicalaire par le test de DPPH

L'activité antioxydante de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L. et de l'antioxydant standard (acide ascorbique) vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH•) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517nm. Les **figures 22, 23** illustrent l'efficacité antioxydante de l'extrait aqueux à piéger le radical DPPH, traduite par le taux d'inhibition (I%) en fonction des différentes concentrations.



**Figure 22 :** Pourcentage d'inhibition du radical libre de DPPH en fonction des concentrations de l'extrait aqueux d'*A. halimus*.



**Figure 23:** Pouvoir antioxydant de l'acide ascorbique (vitamine C) par la méthode du piégeage du radical libre DPPH'

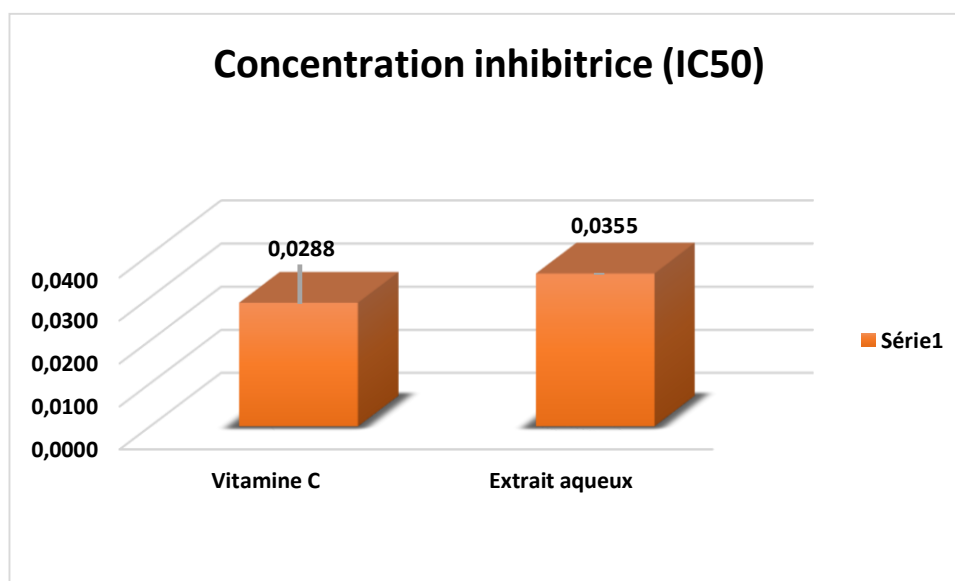
D'après les résultats, l'évolution de l'activité anti-radicalaire est dose-dépendante, car elle augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait dans le milieu réactionnel. Les **figures 22, 23 ci-dessus** montrent bien cela. À une concentration de 0,08 mg/ml, l'extrait *d'Atriplex halimus* a montré l'activité la plus élevée avec un pourcentage d'inhibition de 80,32 %.

Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti-radicalaires (**Besbes Hlila et al., 2017**).

Par ailleurs, nous avons déterminé la valeur de la concentration inhibitrice qui donne 50% de l'activité de piégeage du radical libre DPPH (IC50) correspondant respectivement à l'acide ascorbique (Vitamine C) et l'extrait aqueux. Ces derniers sont regroupés dans **le tableau 06**.

**Tableau 06 :** Valeurs des IC50 d'extrait aqueux et l'acide ascorbique

Concentration / extrait	IC50 (mg/ml)
Extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i>	0.0355 ± 0.0
L'acide ascorbique (Vitamine C)	0.0288 ± 0.0



**Figure 24 :** Concentration inhibitrice IC<sub>50</sub> du radical DPPH de l'extrait aqueux et de l'antioxydant de référence

L'analyse du **tableau 06** et de la **figure 24**, montre que l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* présente une faible valeur d'IC<sub>50</sub>. Cela signifie que son pouvoir antioxydant est important. Toutefois, cette valeur reste comparable à celle de l'antioxydant de référence (L'acide ascorbique). Nous citons, l'extrait aqueux a exprimé une valeur d'IC<sub>50</sub> de l'ordre 0.0355 mg/ml, alors que l'acide ascorbique a présenté un important pouvoir antioxydant qui se traduit par une valeur de la IC<sub>50</sub> de l'ordre de 0.0288 mg/ml.

Nos résultats de l'activité anti-radicalaire sont relativement comparables à ceux de **Bouaziz et al. (2018)** qui ont trouvé une valeur d'IC<sub>50</sub> égale 0.02 mg/ml pour l'extrait aqueux de la même espèce végétal.

Dans une autre étude, **Khaldi et al. (2015)** a révélé une valeur d'IC<sub>50</sub> élevée pour l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* de la région de Mascara et était de l'ordre de 5.8 mg/ml.

Néanmoins, ces résultats sont en désaccord avec les résultats obtenus par **Benhammou et al. (2009)** et **Gattouche et al. (2020)** qui montrent que le pouvoir antioxydant contre le radical DPPH des extraits méthanoliques et éthyle-acétate est très faible avec des valeurs élevées des IC<sub>50</sub> obtenues (31.83 et 11.75mg/ml, respectivement).

En générale, le potentiel réducteur des extraits végétaux est dû à la présence de molécules capables de donner des électrons qui peuvent réagir avec les radicaux libres et les convertir en produits stables, parmi lesquelles les polyphénols (**Rjeibi et al. 2016**).

De nombreuses études ont mis en évidence les corrélations entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante (Falleh et al. ;2008 ; Zaho et al., 2014 ; Dhingra et al., 2017). Chez *Artemisia herba-alba*, Khlifi et al. (2013), trouvent des corrélations positives élevées entre le contenu phénolique total et le dosage DPPH et ABTS ( $R^2 = 0,71$  et  $R^2 = 0,87$  respectivement).

De même, Djeridane et al. (2006) suggèrent que 79% de la capacité antioxydante (à l'aide du test ABTS) des plantes médicinales algériennes est due à l'apport de composés phénoliques et de flavonoïdes.

En outre, dans certains cas, des effets synergiques ou antagonistes entre les antioxydants contenus dans le mélange peuvent avoir lieu, entraînant ainsi l'augmentation ou la diminution de l'activité antioxydante totale de l'extrait. En effet, il a été mentionné dans la littérature que, des plantes ayant des concentrations similaires en composés phénoliques, peuvent varier dans leurs activités antioxydantes (Djeridane et al., 2006).

D'autres hypothèses sont avancées pour expliquer les interactions entre les antioxydants ; elles comprennent les vitesses de réaction des antioxydants, la polarité des molécules interagissant entre elles et la concentration efficace des antioxydants au niveau du site d'oxydation (Reber et al., 2011).

En conclusion, nos résultats confirment que l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L. est efficace pour stabiliser ces radicaux libres grâce aux teneurs en polyphénols et flavonoïdes présentées précédemment.

### III.1.4. Evaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux d'*A. halimus*

Les produits antibactériens sont des molécules qui inhibent sélectivement certaines voies métaboliques des bactéries, sans exercer habituellement des effets toxiques pour les organismes supérieurs. Ces produits peuvent être synthétisés (pharmaceutiques) ou naturels (végétale) (Hemaiswarya et al., 2008).

L'étude de l'effet de l'extrait phénolique d'*Atriplex halimus* sur quelques souches bactériennes, est réalisée par la méthode d'aromatogramme. L'appréciation des résultats est faite par l'observation d'halos d'inhibitions de la croissance autour des disques imprégnés d'extrait à tester.

Le **tableau 07** rassemble les résultats obtenus par l'extrait aqueux, exprimés en diamètres de zones d'inhibitions.

**Tableau 07 :** Les diamètres des zones d'inhibition de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus*, exprimés en mm

Souches bactériennes		Concentrations de l'extrait aqueux		
		C1	C2	C3
Gram (-)	<i>Escherichia coli</i>	00	00	00
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	15	10
Gram (+)	<i>Staphylococcus aureus</i>	20	15	20

Au regard de ces résultats, nous observons que l'extrait aqueux a inhibé la croissance de deux souches *Staphylococcus aureus* (bactérie à Gram positif) et *Pseudomonas aeruginosa* (bactérie à Gram négatif).

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'indépendamment de la nature de l'extrait ou de sa concentration, les bactéries à Gram (-) possèdent une forte résistance.

**Selon Faucher et Avril (2002)**, cette résistance est en relation avec la nature de leurs membranes externes (imperméable à la plupart des agents biocides).

Dans ces conditions expérimentales, l'extrait aqueux n'a donné aucune activité inhibitrice sur la souche *Escherichia coli*.

En parallèle, notre résultat est en accord avec les résultats publiés par **Messaoudi et al. (2020)** sur l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de la même espèce végétal. Il a démontré un fort pouvoir inhibiteur contre plusieurs micro-organismes pathogènes. Les résultats obtenus ont indiqué que pour *Staphylococcus aureus* le diamètre de la zone d'inhibition variant de (11 à 13.5) mm, et pour la souche *Pseudomonas aeruginosa*, un diamètre de (9 à 14) mm. Toutefois, aucune activité antibactérienne n'a été enregistrée pour *Escherichia Coli*.

Par ailleurs, **Khaldi et al. (2015)** ont rapporté que pour l'extrait aqueux, ça a fait un petit effet puisque l'activité n'est induite que sur *E. coli* d'origine laitière d'un diamètre de 8 mm, la concentration atteint 600 mg/ml. Cet effet peut être dû à la présence de terpénoïdes, de saponines, d'alcaloïdes, de flavonoïdes et de tanins qui ont une large gamme d'activité biologique, et sont probablement à l'origine des vertus médicinales d'*A. halimus*.

Selon **Elbashiti et al. (2011)**, l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* d'origine palestinienne (Gaza Strip Champs Alzawaida) n'a présenté aucun effet sur *E. coli* et *S. aureus*.



La forte salinité peut aussi être un second facteur biologique impliqué dans l'inhibition des souches testées avec un pourcentage égal de Na<sup>+</sup> à 12 % (Khalidi et al., 2015).

Dans les travaux de Chaouche et al. (2021), l'extrait méthanolique d'*Atriplex halimus* L. de la région d'El Oued possède une activité antibactérienne contre la souche *Staphylococcus aureus* (15 mm) Avec une valeur de CMI 2.5 mg/ml, Cependant aucun effet n'a été obtenu avec les souches *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*. Ces résultats contredisent nos résultats. Plusieurs travaux ont mis en évidence la grande sensibilité des bactéries Gram positives aux extraits de plantes par rapport aux bactéries Gram négatives (Turkmen et al., 2006 ; Hayouni et al., 2007 ; Falleh et al., 2008).

De nombreux facteurs pourraient influencer l'activité antibactérienne notamment la composition chimique d'une plante, l'origine Géographique, La nature de l'espèce, le solvant et le mode d'extraction.

### III.2. Evaluation de l'effet hypoglycémiant de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* in vivo

Le traitement du diabète par la phytothérapie est largement répandu à travers le monde (Habib et al., 2005 ; Gupta et al., 2005 ; El-Hillary et al., 2006 ; Sagrawat et al., 2006 ; Punitha et al., 2006 cité par Djellouli, 2007), Néanmoins, en consultant la littérature y compris plusieurs revues de traitement du diabète avec des plantes, aucune étude n'a porté sur l'effet hypoglycémiant de l'extrait aqueux des feuilles d'*Atriplex halimus* L. par l'alloxane.

Dans cette partie, nous avons fait une synthèse des travaux et des recherches de la thèse de doctorat présenté par Chikhi Ilyas en 2013, qui a effectué une étude sur l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L.

Il est travaillé sur 4 lots (diabétiques témoin, diabétiques traités par 200 mg/kg d'extrait aqueux, normaux témoins, normaux traités par 200 mg/kg d'extrait aqueux) de 05 rats chacun, de souche *Wistar albinos* mâles âgés de plus de 3 mois, pesant entre 200 et 280g de poids corporel). Les rats sont rendus diabétiques après administration intraveineuse de la streptozocine (STZ) (dose unique de 50 mg/kg de poids corporel). Sachant que cette dernière est une substance qui agit en détruisant les cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans insulino- sécrétrices (Djellouli, 2007).

Cette étude a permis de démontrer une activité hypoglycémiante et anti-hyperglycémiante de l'extrait aqueux de l'*Atriplex halimus* L. chez les rats qui ont été rendu hyperglycémiant temporairement et chez des rats normo-glycémiques.

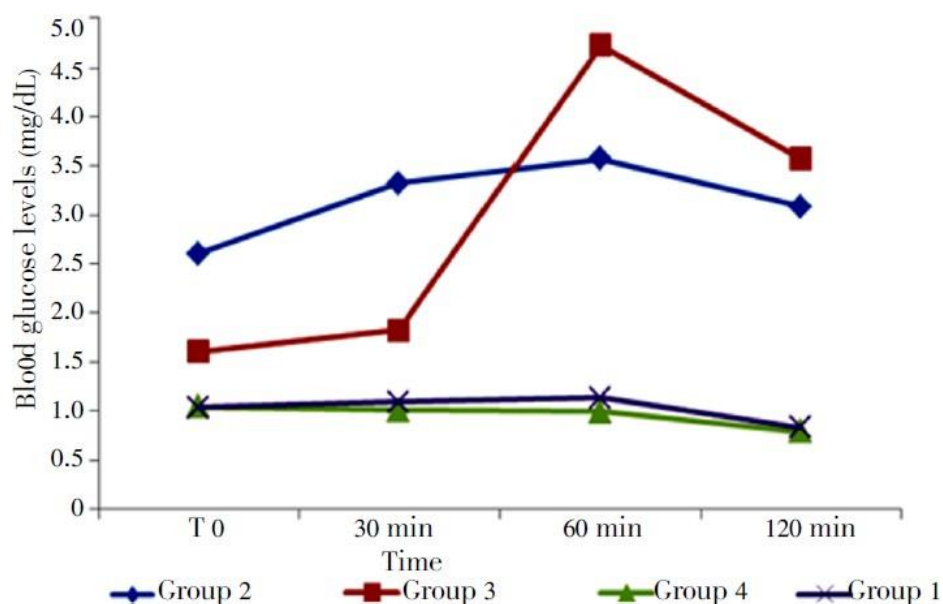
## Résultats et discussion

L'injection de 50 mg/kg de la STZ aux rats a entraîné une augmentation modérée du poids corporel des rats normaux, traités normaux et traités diabétiques 45.98 g, 42.16 g et 56.15 g respectivement. Tandis que les poids corporels du groupe témoin diabétique ont diminué de 23.40 g (Chikhi, 2014).

Durant les premières semaines, nous avons enregistré chez les rats diabétiques traités par une dose de 200 gr/kg une diminution progressive de la glycémie. Elle varie de 3.5 à 1.5 g/l. Cette diminution est hautement significative par rapport aux rats diabétiques non traités, la glycémie reste relativement élevée chez les rats diabétiques traités par rapport à celles des rats normaux à la fin d'expérimentation. Pour les rats diabétiques non traités, on constate une hyperglycémie supérieure de 3 à 2.75g/l durant toute la période d'étude.

Nous constatons également une augmentation de taux de glucose chez les rats diabétiques car l'extrait aqueux ne régule pas l'hyperglycémie provoquée par voie orale chez les rats diabétiques basé sur le gavage de 3 g/kg de glucose.

La dose de 200 mg /kg de l'extrait aqueux de l'*A.halimus* a réduit la glycémie chez les rats diabétiques jusqu'à la troisième heure. Par contre, la variation de la glycémie des rats normaux est dans les limites normales. Les résultats sont représentés sur la figure 25



**Figure 25 :** Effet de l'extrait aqueux sur la tolérance orale au glucose chez les rats normaux et diabétiques (Chikhi et al., 2014).

De même les résultats trouvés par **Bounouar et al. (2022)** confirment que l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* L. a une activité hypoglycémiant et anti –hyperglycémiant. Les résultats de cette étude montrent que l'administration de l'extrait aqueux à une dose de 200 mg/kg provoque une diminution hautement significative de la glycémie après sept semaines de traitement.

En dernier, nous pouvons déduire que le potentiel hypoglycémiant peut impliquer le potentiel antioxydant des composés phytochimique présents dans cette espèce. En effet, les substances telles que les polyphénols et les flavonoïdes sont généralement reconnues par leurs effets hypoglycémiant (Mangambu et al., 2014 ; Kim et al., 2006 ; Huang et al., 2005 ; Leatitia Akouah Richmonde N'doua et al.,2015).

L'*Atriplex halimus* L. contient également des éléments minéraux (P, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Se,Ca, Na, Cr). Ces minéraux, en particulier le chrome et sels de magnésium, issus des tissus de cette plante permettent de réguler la glycémie en activant l'effet d'insuline (**Rachad et al. 2021**).

Une étude histologique est venue appuyer les résultats obtenus précédemment. Que le possible mécanisme de l'activité antidiabétique des solutions aqueuses extraites de cette plante est son amélioration des îlots de Langerhans qui sont clairs dans les tissus histologiques chez le rat traité par *A. halimus* L, ceci par l'augmentation de la sécrétion d'insuline par les cellules bêta existantes (**Bounouar et al., 2022**). Plusieurs études ont rapporté une activité antidiabétique des espèces d'*Atriplex* de la région désertique (**Chikhi et al., 2014, Oueld Kadour et al., 2019 ; Slama et al., 2020**).

En conclusion, cette étude a sans aucun doute fourni une confirmation scientifique et des preuves de l'utilisation sûre de la feuille d'*Atriplex halimus* par les guérisseurs traditionnels dans le traitement du diabète.

## **Conclusion générale**

---

## *Conclusion et perspectives*

---

Dans les pays du monde entier, le recours à la médecine reste encore limité, la pauvreté, le manque des moyens, les traditions obligent les populations de s'orienter vers la médecine traditionnelle basée sur l'utilisation des plantes médicinales.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation de la flore méditerranéenne algérienne et plus particulièrement de rechercher de nouvelles molécules à intérêt thérapeutiques à partir de plantes médicinales spontanées.

Ce travail est donc une contribution à la connaissance d'une plante médicinale autochtone *Atriplex halimus* de la flore Algérienne qui est connue pour ses nombreuses propriétés thérapeutiques. A l'issue de cette expérimentation nous avons abouti à un certain nombre de constatations :

Le screening phytochimique réalisé a révélé que la partie aérienne de cette plante contient de nombreux métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines.

Le dosage spectrophotométrique des polyphénols et des flavonoïdes de l'extrait aqueux de cette plante a montré que cet extrait est riche en polyphénols.

L'étude *in vitro* de l'activité antioxydante par le test du piégeage du radical libre DPPH a dévoilé un important pouvoir antioxydant de l'extrait aqueux qui se rapproche à celui du standard (l'acide ascorbique) dont les valeurs d'IC50 sont de 0.0355 et 0.0288 mg/ml, respectivement.

Les résultats de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* a révélé un pouvoir antibactérien modéré principalement sur les souches *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Néanmoins, il n'a présenté aucun pouvoir d'inhibition sur *Escherichia coli*.

La partie expérimentale *in vivo* qui traite l'évaluation de l'effet hypoglycémiant sur les rats ; n'ayant pas pu être réalisée, en raison de la pandémie due au Covid-19 que nous vivons actuellement, nous nous sommes contentés de rassembler et discuter les différents résultats obtenus par quelques travaux antérieurs, ayant traité cette activité biologique de ce fait :

## *Conclusion et perspectives*

---

Les résultats de l'évaluation de l'activité antidiabétique de l'extrait aqueux d'*A. halimus*. Montrant une efficacité de la plante étudiée dans le cas du diabète sucré. En effet, les tests révèlent que l'extrait aqueux possède un effet antihyperglycémiant chez les rats Wistar rendus diabétique par la streptozotocine, en diminuant d'une manière significative la concentration sérique du glucose.

En conclusion, *Atriplex halimus* est une source prometteuse de composés bioactifs naturels avec des caractéristiques thérapeutiques et pharmacologiques particulières qui sont probablement responsables de ses activités antioxydants, antibactériennes et antidiabétiques.

À l'avenir il serait souhaitable que la richesse de la flore algérienne en plantes médicinales soit préservée et valorisée pour le développement de nouveaux principes actifs à intérêt thérapeutique.

## **Références bibliographiques :**

## A

**Abayomi Sofowora., 2010.** Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. KARTHALA Editions,

**ABDEL-MONEIM, Abdel-Moneim E., SHEHATA, Abdelrazeq M., ALZHRANI, Seraj.O., et al., (2020).** Le rôle des polyphénols dans l'alimentation des volailles. Journal de physiologie animale et de nutrition animale, vol. 104, n° 6, p. 1851-1866.

**ADAMSKI, Zbigniew, BLYTHE, Linda L., MILELLA, Luigi, et al., (2020)** Activités biologiques des Alcaloïdes : de la toxicologie à la pharmacologie. Toxines, vol. 12, n° 4, p.210.

**Ahmadou K, Mekhlouf M A. (2019),** Variabilité des caractères morphologiques et composition minérale des populations naturelles d'Atriplex halimus Cas Mostaganem et Oran. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 112 p.

**Alamgir A.N.M., 2018.** Therapeutic Use of Medicinal Plants and their Extracts: Volume 2: Phytochemistry and Bioactive Compounds. 1er edition, Ed. Springer International Publishing. 851 p.

**Alicata M. L., Amato G., Bonanno A., Giambalvo D., Leto G. 2002.** » Digestibilité in vivo et Valeur nutritive de l'Atriplex halimus seul et mélangé à de la paille de blé. » Le Journal des sciences agricoles 139.2 : 139-142.

**Álvarez-Martínez, Francisco J., et al., (2020)** « Capacité antimicrobienne des polyphénols végétaux Contre les bactéries gram-positives : un examen complet. » Chimie médicinale actuelle 27.15 (2020) : 2576-2606.

Antioxydants de l'Atriplex halimus en vue de la formulation d'une émulsion buvable pour leur Délivrance Mémoire de master en pharmacie industrielle. Université Saad Dehleb Blida 1, pp6.

**Azouz L., 2017.** Support de cours terpènes -Chapitre V. Module Chimie organique. Université de Bejaia

**AZEVEDO C, Bruna, ROXO, Mariana, C BORGES, Marcos, et al., (2019)** Activité antioxydante d'un extrait aqueux de feuilles d'Uncaria tomentosa et de ses principaux alcaloïdes Mitraphylline et isomitraphylline chez Caenorhabditis elegans. Molécules, 2019, vol. 24, n° 18, p. 3299.



## B

- Baba Aissa, F. (1999).** Encyclopédie des plantes utiles. (Flore d'Algérie et du Maghreb). Substances Végétales d'Afrique, d'orient et d'occident. Ed. Edas. Alger. 368p.
- Bajer T, Silha D, Ventura K, Bajerovi P (2017).** Composition and antimicrobial activity of the essential oil, distilled aromatic water and herbal infusion from *Epilobium parviflorum* Schreb. *Ind Crops Prod* ;100:95-105.
- Belkhodja, H., 2016.** Effet des biomolécules extraites à partir de différentes plantes de la région de Mascara : Evaluation biochimique des marqueurs d'ostéoarticulation et de l'activité biologique. Thèse de Doctorat lmd 3 ème Cycle En Sciences Biologiques. Université de Mustapha Stambouli –mascara-
- Belouad, A., (2001).** Plantes médicinales d'Algérie, éd. Office des Publication Universitaires, Alger, 284 p.
- Bendif H., 2017-** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae: *Ajuga iva* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Fourr. Thèse Doct-Sciences biologiques, l'école N.S.Kouba, Alger, 154p.
- Benhammou, N., Atik, F., Kadifkova, T., 2009.** Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Compt. Rendus Chim.* 12, 1259–1266. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crci.2009.02.004>.
- Benhammou, N., Bekkara, F. A., and Panovska, T. K., Comptes Rendus Chimie, 2009, 12,** 1259–1266.
- Benslama, A., (2016)** « Substances d'origine végétale. » Université Mohamed Khider-Biskra Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie, Maroc 9 (2016).
- Berkal G., Bouchama S., 2016-** Etude phytochimique et activités biologiques d'une plante médicinale *Euphorbia characias* L. Thèse de Mastre-Biochimie et biologie cellulaire et moléculaire, Univ. Frères Mentouri, Constantine, pp. 11-26.
- Berri R., (2009).** Contribution à la détermination de la biomasse consommable d'une halophyte *Atriplex*. 2009, pp. 21.
- Besbes Hlila M, Ben Saad A, ben jannet H, Aouni M, Mastouri M, Selmi B. (2017).** Etude chimique et biologique des extraits de la plante halophyte *Halocnemeum strobilaceum* (pall) biebl. *Journal of Bioresources Valorization (JBV)*. Vol 2 N°1, 42-48p.
- Boeing, Thaise, MARIANO, Luisa Natália Bolda, DOS SANTOS, Ana Caroline, et al., (2020)** Effet Gastro protecteur de l'alcaloïde boldine : implication des groupes sulfhydryles non

protéiques, Des prostanoides et réduction du stress oxydatif. » Interactions chimico-biologiques 327 : 109166.

**Botineau M, 2011.** Guide des plantes médicinales, Paris : belin, 240 p.

**Bouazza, L., Bodas, R., Boufennara, S., Bousseboua, H., Lopez, S., 2012.** Nutritive evaluation of foliage from fodder trees and shrubs characteristic of Algerian arid and semi-arid areas. J Anim Feed Sci. 21.521-536

**Bouaziz S, Manel Amri, Nadia Taibi , Razika Zeghir Bouteldja Abderrahim Benkhaled , Dalila Mezioug , Chafia Touil-Boukoffa (2021)** "Protoscolicidal activity of Atriplex halimus leaves extract against Echinococcus granulosus protoscoleces." Experimental Parasitology 229 (2021): 108155.

**Bouchouka, E., (2016)** « Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et Antibactérienne de quelques plantes Sahariennes. »

**Bouchoucha M et Ouazeta R ; (2018).** Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité hypoglycémiant et anti-hyperglycémiant de l'extrait méthanolique d'Atriplex halimus. L. Mémoire de Master Université des Frères Mentouri Constantine-1-. 2018, pp. 37-50

**Bouchoukh I.** Comportement éco physiologique de deux Chénopodiacées des genres Atriplex et Spinacia soumises au stress salin. Thèse Magister Biologie végétale, Université Mantouri, Constantina. 112. 2010, pp. 31-33.

**Bouchoukh et Hezla S.** Le comportement des trois genres des semences d'Atriplex (halimus, Canescens, nummularia), a l'application des différentes doses de Na Cl. Mémoire de Master Académique en Sciences biologiques. 2017, pp. 14-16.

**BOUDA, S., DEL CAMPO, FF, HADDIOUI, A., et al., (2011)** Variabilité basée sur RAPD et ITS révélée chez les espèces d'Atriplex introduites dans les zones semi-arides du Maroc. Scientia horticulturae, vol. 118, n° 2, p. 172-179

**Bouda, Said, and Abdelmajid Haddioui. 2011** « Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre Atriplex. » Nature & Technology 5: 72.

**Boudjedjou L, Ramdani M, Zeraib A, Benmeddour T, Fercha ,. (2019).** Chemical composition and biological activities of Algerian Santolina africana essential oil. Sci Afr;4:e 00090.

**Bounour, Elaid, MISSOUN, Fatiha, AMARI, Nesrine Ouda, et al.** 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. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, 2022. p. 21-30

**Brinis, Amir, and Moulay Belkhodja., (2015)** « Effet de la salinité sur quelques traits physiologiques et biochimiques chez *Atriplex halimus* L. » Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie 31 : 42-51.

## C

**Chabrier, J.Y, 2010.** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie, Diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université Henri Poincaré - Nancy 1, pp : 23- 42-99.

**Chaouche MC, Haddouchi F, Abbou F, Aissaoui M, Boudjemai O, Ghelai I ,Senhadji S** "Phytochemical screening and evaluation of the antioxidant and antibacterial activity of *Atriplex halimus* from two regions Algeria (El Oued and Tlemcen)." GABJ 5.2 (2021): 59-67

**Cheynier, Véronique (2005).** « Les polyphénols dans les aliments sont plus complexes qu'on ne le pense souvent. » La revue américaine de nutrition clinique 81.1 : 223S-229S.

**Chikhi I, Allali H, Dib MEA, 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) :181-4.

**Chikhi, I., Allali, H., El Amine Dib, M., Medjdoub, H., Tabti, B.,** Asian Pacific Journal of Tropical Disease. 2014, 4(3), 181–184

**Clauser M, Dall'Acqua S, Loi MC, Innocenti G.** Phytochemical investigation on *Atriplex*

**Cseke. L., Kirakosyan. A., Kaufman. P., Warber. S., Duke. J., Brielmann. H, (2006).** Natural Products from Plants. 2<sup>ème</sup> Ed, the Academic Division of Informa, P 10-1

## D

**DAI, Jiangkun, DAN, Wenjia, SCHNEIDER., (2018)** Uwe, et al. Monomères et dimères d'alcaloïdes B-carbolines : occurrence, diversité structurelle et activités biologiques. Journal européen de Chimie médicinale, vol. 157, p. 622-656.

Dans les coproduits de la production d'asperge (*Asparagus officinalis*L.). Université Québec, Canada, 16p

**Daoudi A., Sabiri M., M Bammou., Zair T., Ibijbijen J., Nassiri L. 2015.** Valorisation des extraits de trois espèces du genre *Urtica*: *Urtica urens* L., *Urtica membranacea* Poiret et *Urtica pilulifera* L. Journal of Applied Biosciences (87):8094- 8104.

**Desmier T.,2016-**Les antioxydants de nos jours: Définition et application. Thèse Doct-Pharmacie, Univ.de limoges,63p.

**Djellouli M, Benmehdi H, Mammeri S, Moussaoui A, Ziane L, Hamidi N., (2015)** Chemical constituents in the essential oil of the endemic plant *Cotula cinerea* (Del.) from the Southwest of Algeria. *Asian Pac J Trop Biomed* 2015;5:10.

**Dupont,F et Guignard, J.L.,2007** Abrèges botanique systématique moléculaire.14èmeEdition révisée. Masson.

**Durazzo, Alessandra, et al., (2019)** "Polyphénols : un aperçu concis de la chimie, de l'occurrence et de la santé humaine." *Phytotherapy Research* 33.9: 2221-2243.

## E

**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 Benhammou, N., Atik, F., Kadifkova, T., 2009. Antioxydant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*.*Compt. Rendus Chim.* 12, 1259–1266.<http://dx.doi.org/10.1016/j.crci.2009.02.004>.

**El-Waziry, Ahmed M.** "Nutritive value assessment of ensiling or mixing *Acacia* and *Atriplex* using in vitro gas production technique." *Research journal of agriculture and biological sciences* 3.6 (2007): 605-614.

**El-Shatnawi, M.K.J., Mohawesh, Y.M., 2000.** Seasonal chemical composition of saltbush in semiarid grasslands of Jordan. *J. Range Manag.* 53, 211–214.*Halimus L. herb. J. Pharm. Sci. Res.* 8, 1159–1168.

**Emam S.S. 2011.** Bioactive constituents of *Atriplexhalimus* plant. *Journal of Natural Products*, Vol. 4, pp. 25-41.

**Enneb H, Belkadhi A, Cheour F, Ferchichi A. (2015).** Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis* L.). *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, Vol 20 N°2, 788-793p.

**Esmaeili H, Karami A, Maggi F. Essential., (2018).** oil composition, total phenolic and flavonoids contents, and antioxydant activity of *Oliveria decumbens* Vent. (*Apiaceae*) at different phenological stages. *J Cleaner Prod* 2018;198:91-5.

## F

**Fettah A. (2019).** Étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique (antioxydant-antibactérienne) des extraits de la plante *Teucrium polium* L. Sous Espèce *Thymoïdes* de la région Béni Souik, Biskra. Université Mohamed Khider Biskra, Pp 5.

**FUKUDA, Tsutomu, ISHIBASHI, Fumito, et IWAO, Masatomo. Lamellarin alkaloids: Isolation, Synthesis, and biological activity. The Alkaloids : Chemistry and Biology, 2020, vol. 83, p. 1-112.**

## G

**Ganesan, Kumar., (2017)** « Baojun Xu. » A critical review on phytochemical profile and health Promoting effects of mung bean: 11-33.

**Gattouche, Samira, et al.** « Phytochemical Screening, Anti-Bacterial and Anti-oxidant Activities of some Aerial parts extracts in Atriplex halimus L., from Ouargla (Algeria). » Asian Journal of Research in Chemistry 13.5 (2020) : 365-372.

**Gheffour, K., Boucherit, K & Boucherit-Otmani, Z. (2015).** Étude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des extraits d'Echinops spinosus. Laboratoire antibiotiques, antifongiques : physico-chimie, synthèse et activité biologique. Université Abou Bekr Belkaïd. Tlemcen. Algérie. P 288.

**GHNIMI, Wafa., (2015).** Étude phytochimique des extraits de deux Euphorbiaceae : Ricinus communis Et Jatropha curcas.. Évaluation de leur propriété antioxydantes et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase. Thèse de doctorat. Université de Lorraine.

**Ghourri, Mohamed, L. Zidane, and A. Douira., (2013).** « Usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète Au Sahara marocain (Tan-Tan). » Journal of Animal & Plant Sciences 17.1: 2388-2411.

**Gogue – A, 2005** Impact de la salinité sur la germination et la croissance des halophytes, mémoire De l'ingénieur en agronomie pastorale. Ed université de Djelfa, 75 p.

**GRAY-LEE, Royale et LEE, Jesun., (2020)** Mécanismes moléculaires de l'effet analgésique de Dicentra Formosa. Médecine dans la découverte de médicaments, 2020, vol. 8, p. 100061.

**Guernoug. A et N. Guernoug.,(2017)** Elaboration d'une carte de répartition de deux espèces appartenant au genre thymus et analyse de la Composition Chimiques des huiles essentielles extraites. Cas de Thymus Algeriensis Boiss. & Reut et de Thymus fontanesii Boiss. Et Reut dans la région de Djendel -wilaya de Ain Defla, mémoire de master, université Djilali Bounaama Khemis Miliana, 2017.z

## H

**Hadjadj, Soumia, et al., (2015)** « Etude ethnobotanique et criblage phytochimique de six plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le nord-est du Sahara algérien (région de Ouargla). » Journal de recherche sur les plantes médicinales 9.41 : 1049-1059.

**Hagerman AE, Muller-Harvey I, Makkar HPS., (2000)** Quantification of tannins in tree foliage. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques In Food and Agriculture. Vienna, 26p.

**Haiyan G, Lijuan H, Shaoyu L, Chen Z, Ashraf MA., (2016).** ( Antimicrobial, antibiofilm and antitumor activities of essential oil of *Agastache rugosa* from Xinjiang, China. Saudi J Biol Sci ;23:524-30. *Halimus L.* from Sardinia. Nat Prod Res. 2013 ; 27(20) : 1940-1944.

**Hamidi N, Ziane L, Djellouli M, Lazouni HA., (2016)** Chemical characterization by GC-MS from the aerial parts of *Fagonia longispina* (Zygophyllaceae). Asian J Pharm Clin Res 2016;9:152-3.

**Hemaiswarya S, Kruthiventi K. A et Doble M. (2008).** Synergism between natural products and antibiotics against infectious disease. *Phytomedicine.* 15,639–

**Hernández F., Legua P., Martínez R., Melgarejo P., Martínez J.J., (2014).** Fruit Quality characterization of seven pomegranate accessions (*Punica granatum L.*) Grown in Southeast of Spain, *Scientia Horticultura*, vol 175, p. 174–180

**HEIT lucas ,(2016).** L'Arroche marine, une plante de bord de mer, sauvage et comestible. Le Jardinier Curieux

**Huang, M., Lu, J. J., Huang, M. Q., Bao, J. L., Chen, X. P., & Wang, Y. T. (2012).** Terpenoids: natural products for cancer therapy. *Expert opinion on investigational drugs*, 21(12), 1801-1818.

**Huang.D Ou B and Prior.R.L, 2005.**The chemistry behind antioxidant capacity assays ; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 1841-1856 .

**Hudaib M, Mohammada M, Bustanji Y, Tayyema R, Yousef M, Abuirjeied M, Aburjai T., 2008.** Ethnopharmacological survey of medicinal plants in Jordan, Mujib Nature Reserve and surrounding area. *J. Ethnopharmacol.* 120:63-71.

## I

**Iserin P, 2001.** Larousse encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2 London : Larousse, pp : 13- 292-295.

**Ismaili R, Houbairi S, Sanâa L, Khadija M, Abdeslam L. (2017).** Etude de l'activité antioxydante des huiles essentielles de plantes aromatiques et médicinales Marocaines. European Scientific Journal (ESJ). Vol 13 N° 12, 323-334 p

J Nat Prod 4 : 25-41.

**J. BRUNETON,** Pharmacognosie – Phytochimie – Plantes médicinales, Ed. Tec et Doc Lavoisier – Paris – 5e édition – 2016

**Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H.,** 2018. Medicinal plants: Past history and future perspective. Journal of herbmed pharmacology, vol 7(1).

## K

**Kabbash, A., (2016)** World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 5(6), 84–100.

**KABBASH, Amal et SHOEIB (2012),** Nagwa. Etude chimique et biologique de quelques metabolites secondaires chez Atriplex halimus poussant en Egypte. Communications sur les produits naturels, 2012, vol. 7, n° 11, p. 1934578X1200701114.

**Kachout, SS, et al., (2016)** « Effet du poids et de la salinité des graines sur la germination de l'orache de jardin (Atriplex hortensis L.). » Journal académique de la recherche agricole 4.7: 404-410.

**Kim.S.H ; Hyun.S. H ; Chung.S.Y, 2006.** Anti-diabetic effect of cinnamon extract on blood Glucose in db/db mice. Journal of Ethnopharmacology ; 104(1-2) : 119-123.

**KOBAYASHI., (2017),** Yoshinori. Effets analgésiques et effets secondaires de l'extrait d'herbe d'éphédra et de l'extrait d'herbe d'éphédra sans alcaloïdes d'éphédrine. : Journal de la Société Pharmaceutique du Japon ,2017, vol. 137, n° 2, p. 187-194.

## L

**Laifaoui A, Aissaoui M, 2019.** Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région sud de la wilaya de Bouira (Sour Elghozlane et Bordj Oukhriss), DIPLOME MASTER, UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA, pp : 3 -11.

**Laama H.,** étude de l'activité antibactérienne et antioxydante de l'huile essentielle de Petroselinum Sativum de la région d'Ain Defla, mémoire de master, université Djilali Bounaama Khemis Miliana, 2015.

**Leatitia Akouah Richmonde N'doua ; Kouakou Jean Claude Abo ; Serge,Aoussi ,MoussaGbogbo ; Angoue Paul Yapou ;** Etienne Ehouan Ehile, 2015. European

Scientific Journal February 2015 edition vol.11, No.6 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e –ISSN 1857-7431.

**Lone, Rafiq, Razia Shuab et Azra N. Kamili**, éd. Phénoliques végétaux dans l'agriculture durable  
Springer, 2020.

**Ludwiczuk, A., K. Skalicka-Woźniak, and M. I. Georgiev**. "Terpenoids." *Pharmacognosy*. Academic Press, 2017. 233-266.

**LUND, Marianne N, (2021)** Réactions des polyphénols végétaux dans les aliments : Impact de la structure moléculaire. *Tendances des sciences et technologies alimentaires*, 2021, vol. 112, p. 241-251.

## M

**MADI, Aicha et BELKHIRI, Abdelmalik. (2018)** Caractérisation phytochimique et évaluation des Activités biologiques de *Cleome arabica*. Thèse Doct–Science., Univ. Constantine, 142p.

**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, France.

**Mangambu.M.J.D ; Mushagalusa.K.F ; Kadima.N.J, 2014**. Contribution à l'étude Phytochimique de quelques plantes médicinales antidiabétiques de la ville de Bukavu et ses Environs (Sud-Kivu, R.D.Congo). *Journal of Applied Biosciences ; 75 : 6211– 6220*.

**MARK, Rita, LYU, Xiaomei, LEE, Jaslyn JL, et al, (2019)** Sustainable production of natural Phenolics for functional food applications. *Journal of Functional Foods*, vol. 57, p. 233-254.

**Marouf A., Reynaud J. (2007)**. *La Botanique de A à Z, 1662 définitions*, Dunod, paris. P : 69

**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, France. massifs forestières de la wilaya de Chlef pour une gestion et préservation durable. (Cas de la forêt de Bissa). Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master, 120p.

**Medjekal S. H., Bousseboua S. 2016**. Seasonal variation of the nutritive value of fourwing Saltbush (*Atriplex canescens*). *Options méditerranéennes : 569-573*.

**Medjekane M., (2017)**. Prévalence de l'infection à *Helicobacter pylori* et son inhibition par des molécules bioactives. Thèse de Doctorat, Nutrition humaine, Université Hassiba Benbouali de Chlef.



**Miara MD, H. Bendif, M.A. Hammou, I. Teixidor-Toneu (2019).** Ethnobotanical Survey of medicinal Plants used by nomadic peoples in the Algerian steppe. *Journal of ethnopharmacology* 219, 248-256.

**Missaoui, R. (2018).** Extraction verte et caractérisation des molécules bioactives

**Messaoudi M, Mokhtar Benreguieg, Maroua Merah ,Zakarya Ayoub Messaoudi** « Phytochemical screening of Algerian medicinal plants and their antimicrobial effects. » MYCOPATH 16.2 (2020).

**Mohammed, A. H. (2019).** Importance of medicinal plants. *Research in Pharmacy and Health Sciences*, 5(2), 124-125.

**Monnier C, 2002.** Les plantes médicinales - Vertus et traditions, Ed. Privat, 160p.

**Mostafa Malecky., 2008.**The metabolism of terpenoides in caprins. Thèse de doctorat. AgroParisTech

## N

**Naoui., Reggab, A. (2020).** Etude quantitative des composés phénoliques de Nepeta Algériens. Univ. M'sila, p.16-20.

**Neffati, M., and M. Sghaier.** "Développement et valorisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au niveau des zones désertiques de la région MENA (Algérie, Egypte, Jordanie, Maroc et Tunisie)." *Observatoire du Sahara et du Sahel: Tunis, Tunisia* (2014)

**Nedjimi B., Guit B., Toumi M., Beladel B., Akam A., Daoud Y. 2013:**

“Atriplexhalimussubsp. SchweinfurthiiChenopodiaceae) : Description,écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques”, *Fourrages*, 216, 333-338.

**NIDORF, Stefan Mark et THOMPSON., (2019)** Peter Lindsay. Pourquoi la colchicine devrait être Envisagée pour la prévention secondaire de l'athérosclérose : un aperçu. *Thérapeutique clinique*, 2019, vol. 41, n° 1, p. 41-48.

## O

**Ould Kaddour AS, Bouzouina M & Lotmani B. (2019).**Phenolics contents and in-vitro evaluation of the antioxidant effects of the aerial parts of three Algerian Atriplex halimus. Ecotypes. *Plant Archives* 19(1):1583-1592 **OunisRomaissa, Djamil Boumaza ,and Saida Karouche ;(2018)** "Evaluation du contenu phénolique et des activités biologiques de *Teucrium polium*." (2018).

**Ounaissia K, Bennadja S, Aliane L & Djahoudi A. (2020)** .Phytochemical screening and anti-bacterial activity of methanolic extracts of the aerial parts of *Atriplex halimus* from Biskra (Algeria). *International Journal of Agricultural and Natural Sciences* 13(1): 26-33.

## P

**Pei, Yin Quan., (1983)** « Un examen de la pharmacologie et de l'utilisation clinique de la pipérine et de ses dérivés. » *Épilepsie* 24.2 : 177-182.

**Petropoulos, SA, Karkanis, A., Martins, N. et Ferreira, IC (2018)**. Herbes halophytes du bassin méditerranéen : Une approche alternative de la santé. *Toxicologie alimentaire et chimique*, 114 , 155-169.

### **Pharmacopée européenne 10ème édition**

**Pizzi, Antonio., (2019)**. « Les tanins : perspectives et applications industrielles actuelles. » *Biomolécules* 9.8 : 344.

## Q

**Quezel, P., Santa, S., (1962)**. Nouvelle flore de l'Algérie, et des régions désertique méridionales. Edition du centre national de la recherche scientifique, Tom1, Paris, 286-288

## R

**Rahal S., Rahal I., (2019)** -Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits végétaux (cas de *Portulaca oleracea* L.). Mémoire de master Sciences, univ. Biskra, p.11.

**Raimundo KF, Bortolucci WC, Glamolucci J, Sokoviu M, Gonoviucc JE, Linde GA, et al., (2018)**. Antifungal activity of *Gallesia integrifolia* fruit essential oil. *Braz J Microbiol*;49 Suppl 1:229-35.

**Ramdane F., Hadj-Mahammed M., Ould-Hadj M.D., Chanai A., Hammoudi R., Hillali N., Mesrouk H., Bouafia I. et Bahaz Ch., 2015**. Ethnobotanical study of some medicinal plants from Hoggar, Algeria. *J. Med. Plants Res.* vol. 9(30), pp. 820-827

**Reguieg L., 2011**. Using medicinal plants in Algeria. *American Journal of Food and Nutrition*, 1(3): 126-127

**Ren, M., Xu, W., Zhang, Y., Ni, L., Lin, Y., Zhang, X., & Huang, M. (2020)**. « Analyse Qualitative et quantitative des composés phénoliques par UPLC-MS/MS et des activités

Biologiques de *Pholidota chinensis* Lindl. » Journal d'analyse pharmaceutique et biomédicale 187 : 113350.

**Rira, M. (2019).** Les tanins hydrolysables et condensés : une piste pour la réduction de la Production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical. Thèse de doctorat en Génétique, université Clermont Auvergne, p.16.

**Rjeibi, I., Ben Saad, A. et Hfaiedh, N., 2016.** Dommages oxydatifs et hep atotoxicité associés à la deltaméthrine chez le rat : les effets protecteurs d'extrait de graines d'*Amaranthus spinosus*. Biomédecine et pharmacothérapie, 84, 853–860

**Robbins, M.P., 2000.** Functions of plant secondary metabolites and their exploitation in biotechnology. In: Annual Plant Reviews, Volume 3. Edited by Michael Win. European Journal of Plant Pathology, 106, p. 488. <https://doi.org/10.1023/A:1008748518738>.

## S

**Said O, Khalil K, Fulder S, Azaizeh H, 2007.** Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Israel, the Golan Heights and the West Bank region J. Ethnopharmacol, 83: 251-265.

**SAIDI, Imene. (2019)** Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des fabaceae : *Gleditsia triacanthos* de la région de Sidi Bel Abbès : Extraction des substances bioactives.

**Sajjadi MH, Amiri H.** Chemical constituents of the essential oils of different stages of the growth of *Stachys lavandulifolia* Vahl. from Iran. Pak J Biol Sci 2007;10:2784-6.

**Slama K, Boumendjel M, Taibi F, Boumendjel A & Mes sarah M. 2020.**L'extrait aqueux d'*Atriplex halimus* supprime l'hépatotoxicité induite par le tétrachlorure de carbone en modulant les changements biochimiques et histologiques chez le rat. Archives de physiologie et biochimie 126(1): 49-60.

**Salami M et Gherbi D., (2018)** Extraction et évaluation de l'activité hépato protectrice des molécules

**Stanley.L. Welsh; Clifford.W. Crompton & Steven.E. Clemantsu, 2003.** Chénopodiaceae. Flora of China 5: 351-414.

**Strang C., 2006.** Larousse médical. Ed. Larousse. France.

## T

**Talamali, Amel, et al.** « Architecture florale et détermination du sexe : comment *Atriplex halimus* joue-t-il avec la morphogenèse florale et les gènes sexuels ? ». *Nouveau Phytologue* (2003) : 105-113.

**Taleghani, A., Emami, S. A., &Tayarani-Najaran, Z. (2020).** *Artemisia*:apromisingplant for the treatment of cancer. *Bioorganic&MedicinalChemistry*, 28(1), 115180.

**Tetali S.D.,2019.** Terpenes and isoprenoids: a wealth of compounds for global use. *Planta* 249, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-3056-x>

**Thomford N.E., Dzobo K.,** Chopera D., Wonkam A., Skelton M., Blackhurst D., Chirikure S. et Dandara C., 2015. Pharmacogenomics implications of using herbal medicinal plants on African populations in health transition. *Pharmaceuticals (Basel)*; 8,637-63.

**Thomford, Nicholas E., et al.** "Pharmacogenomics implications of using herbal medicinal plants on African populations in health transition." *Pharmaceuticals* 8.3 (2015): 637-663.

**Tilburt JC, Kaptchuk TJ. Herbal medicine research** and global health: an ethical analysis. *Bull World Health Organ.* 2008; vol 86(8):594-9.

**Tolba, Ibtissem., (2016)** Détermination d'un méta-paramètre pour l'estimation de la capacité Antioxydante globale des thés, tisanes et jus. Diss. Université du Québec à Trois-Rivières.

**Tsimogiannis, Dimitrios et Vassiliki Oreopoulou, (2019)** « Classification des composés Phénoliques dans les plantes. » *Polyphénols dans les plantes.* Presse académique. 263-284.

**Ulomskiy, E. N., Ivanova, A. V., Gorbunov, E. B., Esaulkova, I. L., Slita, A. V., Sinegubova, E. O., ... & Gerasimova, E. L. (2020).** Synthesis and biological évaluation of 6-Nitro-1, 2, 4-Triazoloazines containing polyphenol fragments possessing antioxydant and Antiviral activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Lettres*, 127216.

## U

**Uuis N et BAKHTAOUI H., 2017-L'**étude phytothérapie des plantes médicinales dans la région Relizane 65p

**Ulomskiy, E. N., Ivanova, A. V., Gorbunov, E. B., Esaulkova, I. L., Slita, A. V., Sinegubova, E. O., ... & Gerasimova, E. L. (2020).** Synthesis and biological évaluation of 6-Nitro-1, 2, 4-Triazoloazines containing polyphenol fragments possessing antioxydant and Antiviral activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Lettres*, 127216.

## V

**Verbois , Roger Moatti, (2015).** ETUDES et REFLEXIONS La Phytothérapie, Eyrolles,France  
sur site: <https://books.google.dz> (2015) P1)

## W

**WALKER, DJ, LUTTS, Stanley, SÁNCHEZ-GARCÍA, M., et al.** Atriplex halimus L.: Sa biologie et ses utilisations. Journal des environnements arides, 2014, vol. 100, p. 111-121.

## Z

**ZaimenI S. Y., Abour N., Larichelariche E.** 2020. Les activités biologiques des constituants Bioactifs de la plante médicinale. « Atriplex halimus ». Thèse de doctorat, Université de jijel, Jijel, 53.

**Zeghib, Khaoula et Djahra Ali Boutlelis.(2021)** "Dommages induits par l'additif alimentaire (benzoate de sodium) sur la fonction rénale et les cellules glomérulaires chez le rat ; effet modulateur de l'extrait aqueux d'Atriplex halimus L." Journal iranien de la recherche pharmaceutique : IJPR 20.1 (2021) : 296.

**ZIDANE M.,2017** –Recensement des plantes médicinales et aromatiques à travers les massifs Forestières de la wilaya de chlef pour une gestion et préservation durable. (Cas de la forêt de Bissa). Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master,120

## ANNEXES I

### Composition des réactifs préparés

#### 1. chlorure ferrique $\text{FeCl}_3$ (6%)

Chlorure ferrique ..... 0, 6g.

Eau distillée ..... 10ml.

#### 2. Chlorure ferrique $\text{FeCl}_3$ (5%)

Chlorure ferrique ..... 0.5g

Eau distillée ..... 10ml

#### 3. Acétate de plomb

Acétate de plomb ..... 1g

Eau distillée ..... 10ml

#### 4. Réactif de Wagner

Iodure de potassium ..... 2g

Iode ..... 1.27g.

Eau distillée ..... 100ml.

#### 5. hydroxyde de potassium (10%)

Hydroxyde de potassium ..... 1g

Eau distillée ..... 10ml

#### 6. carbonate de sodium $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (7.5%)

Carbonate de sodium ..... 0,75g.

Eau distillée ..... 10ml

#### 7. Trichlorure d'aluminium $\text{AlCl}_3$ (2%)

Trichlorure d'aluminium... ..... 0,2g.

Ethanol... ..... 10ml

## Annexes II

### Matériel non biologique

#### 1. Verrerie et accessoires :

- Ampoule à décanter.
- Ballons (50ml)
- Bêcher
- Boîtes de Pétri
- Burette
- Coton
- Embouts
- Entonnoir
- Eprouvette
- Fioles (50 – 125 -1000ml)
- Flacons ombrés
- Gants
- Micropipettes automatiques (20 $\mu$ l - 1000 $\mu$ l)
- Mortier
- Papier aluminium
- Seringue d'insuline
- Seringues sans aiguilles (2ml)
- Tubes à essais
- Tubes héparinés (EDTA 2%)

#### 2. Appareillages :

- Agitateur vibrax
- Bain-marie
- Balance pour animaux (GIBERTIN Euromatic-C)
- Balance de précision
- Centrifugeuse C-40
- Etuve (SELECTA)
- Evaporateur rotatif
- Hotte
- Réfrigérant
- Spectrophotométrie de mass UV-Vis

#### 3. Milieux de culture :

- Milieu gélosé Sabouraud (SAB)
- Milieu gélosé Mueller et Hinton (MH)

#### 4. Réactifs et solutions :

- monohydrate d'Alloxane



**Figure 26: Balance analytique**



**Figure 27 : Vortex**



**Figure 28 : Spectrophotométrie de mass (UV-Vis)**

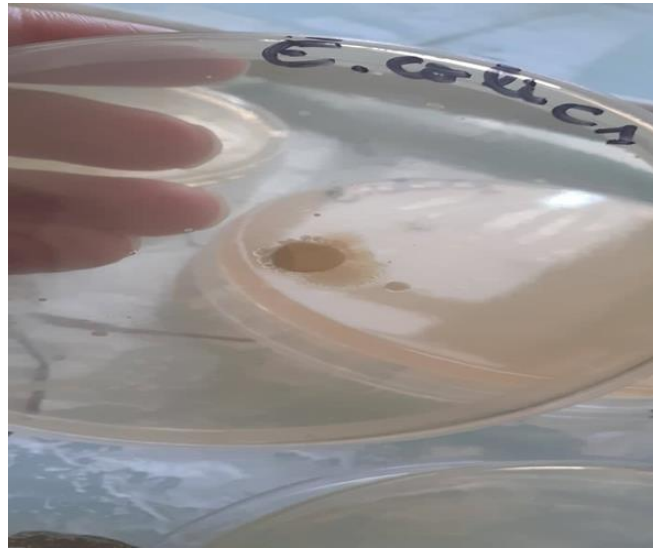




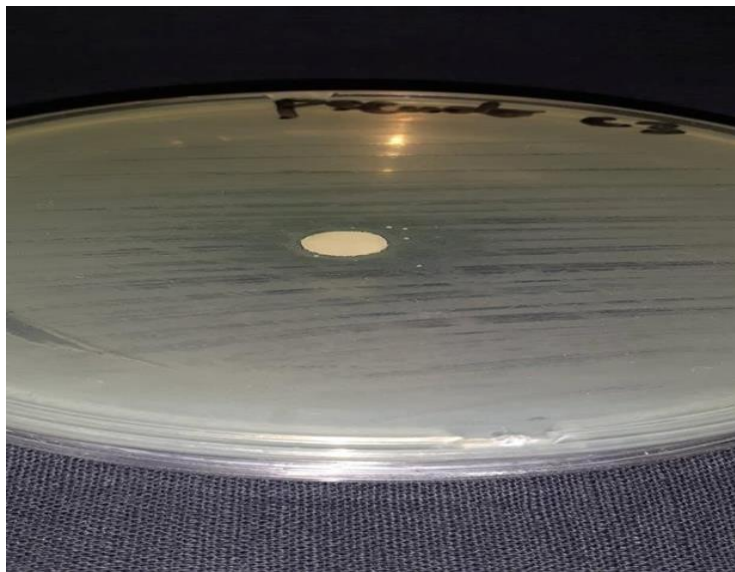
**Figure 29: Incubateur**

## Annexes II

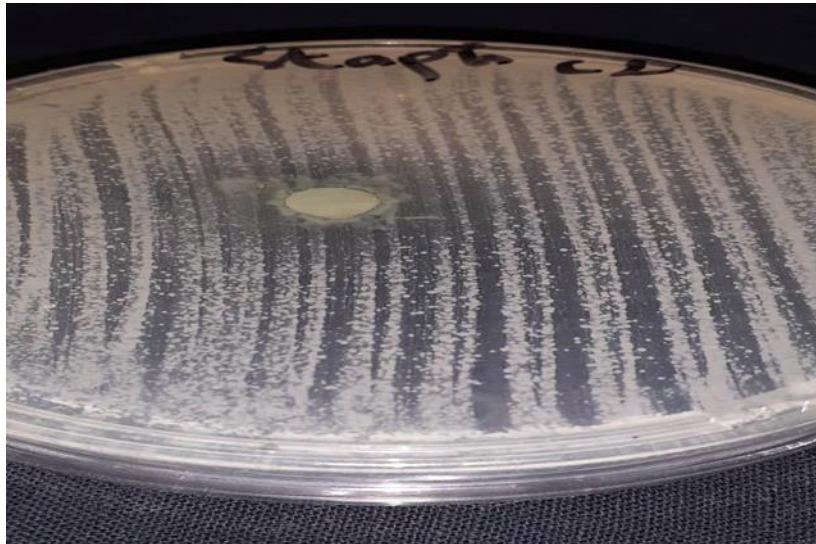
### Résultats de l'activité antimicrobienne de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus*



*Escherichia coli*



*Pseudomonas aeruginosa*



*Staphylococcus aureus*