



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS -
MOSTAGANEM



Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique

Département de Chimie

Filière : Chimie appliquée

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Chimie

Option : **Chimie appliquée**

Présenté par

YEKHLEF Batoul

Et

BELMOKHTAR Habib Abderezzak

THEME

Etude phytochimique de la plante *Atriplex Halimus*

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Président : HARRANE Amine

Prof UMAB

Examineur : MESSAOUDI Nadia

MCA UMAB

Encadrant: HAMIANI Abdelkader

MCB UMAB

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

Mes remerciements vont d'abord au créateur de l'univers « ALLAH » qui ma doté d'intelligence, de patience et qui m'a donnée la volonté et la santé pour venir à bout de ce travail.

En seconde lieu, Nous tenons aussi à présenter nos sincères remerciements à notre encadreur Mr. HAMIANI Abdelkader pour la confiance qu'il nous a accordée en acceptant cet encadrement, pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration de ce mémoire, pour son aide, ses critiques et ses suggestions, et surtout pour sa patience dans la correction de ce mémoire.

On tient, aussi, à remercier Mr. HARRANE Amine, d'avoir accepté de présider le jury.

On remercie également Mme. MESSAOUDI Nadia, d'avoir aimablement accepté d'examiner et d'apporter ses remarques à ce modeste travail.

A tous les enseignants de la faculté des sciences exactes et informatique de l'Université de Mostaganem, qui ont fait de nous ce que nous somme aujourd'hui ; nous vous remercions du fond du cœur pour vos conseils lors de la conception de ce travail et le fait de nous avoir mis en contact avec notre superviseur.

Nos remerciements s'adressent également aux ingénieurs de laboratoire et aux personnes qui ont participé à réaliser ce travail.

Enfin nous remercions tous les étudiants de la promotion de spécialité de chimie appliquée (2021-2022).

A vous tous, un grand Merci.

Dédicace

*A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir à la source d'amour
éternelle ma Maman « Melha Fatiha »*

*A mon père Pour tous les sacrifices consentis pour ma Formation et
pour sa présence à tout Instant « Belhaj »*

*Mon cher frère Cherif, Et a mes chères sœurs Ghania, Imen, Aicha Je ne
peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon
affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur
qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des
souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous
dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de
bonheur.*

*A ma petite sœur « Khadija » merci d'être toujours une source d'énergie
pour moi.*

A mes amis Asma, Rabie qui était toujours a mes cotés ;

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours
universitaire, Merci d'être toujours là pour moi.*

Dédicace

*A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir à la source d'amour
éternelle ma Maman « Bouchama Fatiha »*

*A mon père Pour tous les sacrifices consentis pour ma Formation et
pour sa présence à tout Instant « Abdelkader »*

*Mes frères Houssin Et Ibrahim, a mes sœurs Je ne
peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon
affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur
qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des
souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous
dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de
bonheur.*

*A ma petite sœur « Khadija » merci d'être toujours une source d'énergie
pour nous.*

A mes amis Imane, Noureddine, Abderezzak, A qui était toujours a mes cotés ;

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,
Merci d'être toujours là pour moi.*

Résumé

Dans le but de découvrir de nouvelles substances naturelles et mieux connaître le métabolisme secondaire de la plante *Atriplex Halimus*. Notre recherche s'articule autour de trois axes dont le premier est basé sur le screening phytochimique de l'*Atriplex Halimus* appartenant à la famille des *Amarantacées*.

L'étude phytochimique de cette plante effectuée au laboratoire de FSEI Mostaganem, a révélé la présence des flavonoïdes, alcaloïdes, tanins, coumarines, saponines, Tétrahydrocannabinols, composés réducteurs et mucilages.

Le second axe est basé sur l'extraction des huiles essentielles par la méthode d'hydrodistillation et les analyses CG/MS ont révélé la présence de plusieurs produits.

Le screening phytochimique nous a confirmé la richesse de cette substance en métabolites secondaires qui peuvent conférer ses vertes thérapeutiques d'où un troisième axe est basé sur l'activité antioxydante et finalement l'extraction des flavonoïdes a été faite par l'appareil Soxhlet.

Mots clés:

Screening phytochimique-L'huile essentielle –Thérapeutique-Antioxydante-Soxhlet-Métabolite-Phytoconstituants-In vitro.

Abstract

With the aim of discovering new natural substances and better understanding the secondary metabolism of the *Atriplex Halimus* plant. Our research revolves around three axes, the first of which is based on the phytochemical screening of the *Atriplex Halimus* belonging to the *Amarantacées* family. .

The phytochemical study of this plant carried out in the laboratory of FSEI Mostaganem, revealed the presence of flavonoids, alkaloids, tannins, coumarins, saponins, tetrahydrocannabinols, reducing compounds and mucilages.

The second axis based on the extraction of essential oils by the method of hydrodistillation. The CG/MS analyzes revealed the presence of several products.

The phytochemical screening confirms the richness of this substance in secondary metabolites which can confer its therapeutic greens from where a third axis is based on the antioxidant activity and finally extraction of the flavonoids was made by Soxhlet.

Keywords::

Phytochemicalscreening-Essentialoil-Therapeutic-Antioxidant-Soxhlet-Metabolite-Phytoconstituents-In vitro-Traditional-medicinal

ملخص

الهدف من هذا العمل هو اكتشاف مواد طبيعية جديدة وفهم أفضل لعملية التمثيل الغذائي الثانوي لنبات القطف ، و يدور بحثنا حول ثلاثة محاور. يعتمد أولها على الفحص الكيميائي لهذا النبات الذي ينتمي إلى عائلة الامروتاسيا.

كشفت الدراسة الكيميائية النباتية لهذا النبات التي أجريت في مختبر جامعة مستغانم كلية العلوم الدقيقة و الإعلام الآلي عن وجود مركبات الفلافونويد والقلويدات والعفص والكومارين والصابونين ورابع هيدروكانا بينول والمركبات المختزلة والصبغ.

المحور الثاني يعتمد على استخلاص الزيوت العطرية بتقنية التقطير المائي وكشفت تحاليل كروماتوغرافية الطور الغازي المقترنة مع التحليل الطيفي للكتلة وجود العديد من المركبات .

يؤكد الفحص الكيميائي النباتي ثراء هذه المادة بالمستقلبات الثانوية التي يمكن أن يضيفي عليها خيارات علاجية تستعمل خاصة في الطب البديل. يعتمد المحور الثالث على كشف نشاط مضادات الأكسدة ، وأخيرا تم استخلاص مركبات الفلافونويد بواسطة جهاز السوكسلي.

الكلمات المفتاحية:

الفحص الكيميائي النباتي - الزيوت الأساسية - العلاجية - مضادات الأكسدة- جهاز السوكسلي- المستقلبات - المكونات النباتية - المختبرية - الطب التقليدي

Sommaire

Introduction générale.....	2
----------------------------	---

Chapitre 1 Présentation de la plante

I. Généralités sur l'Atriplex Halimus	4
II. Classification de l'espèce	4
III. Aspect morphologique.....	7
1. Racines	7
2. Tiges	7
3. Feuille	8
4. Fleurs.....	8
5. Fruits	9
6. Graines	9
IV. Répartition géographique de l'Atriplex	10
V. Importance de l'Atriplex Halimus	11
VI. Utilisation de l'Atriplex Halimus	13
VII. Travaux antérieurs sur la plante Atriplex Halimus.....	14

Chapitre 2 Etude des métabolites secondaires

I. Introduction.....	16
II. Les huiles essentielles	16
III. Les alcaloïdes	17
1. Définition.....	17
2. Classification des alcaloïdes.....	18
♦ Classification structurale	18
♦ Classification biogénétique.....	18
3. Intérêt thérapeutique des alcaloïdes.....	18
IV. Les coumarines	18
1. Intérêt thérapeutique des coumarines.....	19
V. Les saponines	19
VI. Les tannins	19
1. Structure chimique et classification :	20
♦ Tanins hydrolysables.....	20
♦ Tanins condensé.....	20
VII. Les flavonoïdes.....	21
1. Définition.....	21

2. Intérêt biologique des flavonoïdes	21
3. Localisation et distribution des flavonoïdes	22
4. Classification des flavonoïdes	23
VIII. Les hétérosides anthracéniques	24
IX. Les mucilages	24
1. Activités thérapeutique	24
2. Antioxydant	25
3. Anti-inflammatoire	25
4. Activité antimicrobienne	25
5. Activité Antiulcéreux	25
6. Activités antifongiques	26
7. Activités antiallergiques	26
8. Propriété anticancéreuse	26
9. Autres utilisations	26

Chapitre 3 Etude phytochimique

I. Introduction	28
II. Etude phytochimique	28
♦ Macération	28
♦ Infusion	28
♦ Décoction	28
1. Recherche des alcaloïdes	29
♦ Les tanins	29
♦ Les flavonoïdes	30
2. Recherche des coumarines	30
3. Recherche des saponines	31
4. Recherche des dérivés anthracéniques	31
♦ Anthracéniques libre	31
5. Recherche des stupéfiants (Les tétrahydrocannabinols)	31
6. Autres recherches	32
♦ Composés réducteurs	32
♦ Oses et holoside	32
♦ Mucilages	32
III. Résultats et discussions	33
IV. Extraction de l'huile essentielle	34
1. Matériel végétale	34
2. Extraction	34

3. Calcule de rendement	35
4. Chromatographie gazeuse couplée a la spectrométrie de masse (CG/SM).....	35
V. Résultats et discussions.....	37

Chapitre 4 Valorisation de l'activité antioxydante

I. Introduction.....	41
II. Définition, fonction et rôle	41
III. Méthodes de dosage des activités antioxydants in vitro.....	41
IV. Évaluation de pouvoir antioxydant	42
1. Mode opératoire	42
2. Calcul de l'IC50.....	42
V. Extraction des flavonoïdes	44
1. Matériel végétale	44
2. Extraction.....	44
3. Révélation des flavonoïdes.....	46
4. Chromatographie sur couche mince	47
5. Calcul de l'IC50	47
6. Mise en évidence de l'activité antioxydant du filtrat 6	48
7. Courbe de l'étalonnage	49
Annexes.....	Error! Bookmark not defined.
Références	53

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification de l'espèce *Atriplex Halimus*

Tableau 2 : Classification des flavonoïdes

Tableau 3 : Résultat des principaux phytoconstituants du métabolite secondaire

Tableau 4 : Le pourcentage d'inhibition de l'huile essentiel de l'*Atriplex Halimus*

Tableau 5 : Résultat de recherche des flavonoïdes dans les filtrats 1-6

Tableau 6 : Le pourcentage d'inhibition du filtrat 6

Tableau 7 : Le pourcentage d'inhibition de l'acide ascorbique (vitamine C) et la quercetine

Liste des figures

Figure 1 : Arbuste d'*Atriplex Halimus*

Figure 2 : Feuilles d'*Atriplex Halimus*

Figure 3 : Fructification d'*Atriplex Halimus*

Figure 4 : Graines d'*Atriplex Halimus* décortiquées

Figure 5 : Tiges et feuilles d'*Atriplex Halimus*

Figure 6 : Racines d'*Atriplex Halimus*

Figure 7 : Tiges d'*Atriplex Halimus*

Figure 8 : Feuilles d'*Atriplex Halimus*

Figure 9 : Fleurs d'*Atriplex Halimus*

Figure 10 : Fruits d'*Atriplex Halimus*

Figure 11 : Graine d'*Atriplex Halimus*

Figure 12 : Carte montre la répartition géographique des *Atriplex Halimus* dans le bassin méditerranéen

Figure 13 : Recherche des alcaloïdes

Figure 14 : Recherche des flavonoïdes

Figure 15 : Recherche des saponines

Figure 16 : Recherche des composés réducteurs

Figure 17 : Recherche des mucilages

Figure 18 : Montage de l'hydro distillation

Figure 19 : L'huile essentielle

Figure 20 : Chromatographie gazeuse couplée a la spectrométrie de masse (CG/SM)

Figure 21 : spectre CG/MS de Hexandioate de dioctyl

Figure 22 : spectre CG/MS de 2, 6,8-trimethylbicyclo [4 2 0] oct-2-ène-1,8-diol

Figure 23 : spectre CG/MS de phtalate de 2-ethylhexyl, 3-phenylpropyl ester

Figure 24 : spectre CG/MS de 3-methyl-6-isopropylcyclohex-2-en-1-one

Figure 25 : spectre CG/MS de cyclopentyl isothiocyanate

Figure 26 : courbe de corrélation entre la concentration de l'huile essentielle de *l'Atriplex Halimus* et le pourcentage d'inhibition.

Figure 27 : montage d'extraction (Soxhlet)

Figure 28 : schéma extraction des flavonoïdes par l'appareil de Soxhlet

Figure 29 : Chromatographie sur couche mince sous lumière UV

Figure 30 : courbe de corrélation entre la concentration du filtrat et le pourcentage d'inhibition.

Figure 31 : Test de l'activité anti-radicalaire au DPPH des (vitamines C) et la quercetine.

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

m : masse

g : gramme

EtOH : Ethanol.

MeOH : Methanol

CCM: Chromatographie sur couche mince

CCl₄: Tetrachlorure de carbone.

FeCl₃ : Chlorure ferrique

HCl : Acide chloridrique.

KI : Iodure de potassium.

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl.

CPG/SM : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse.

HE: huiles essentielle

IC₅₀% : concentration d'inhibition de 50% des radicaux libres

min : minute

ml : millilitre

I% : pourcentage d'inhibition

UV : Ultra-violet

ND : Non détecté.

COX : cyclo oxygénase

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les végétaux constituent une fonction nutritionnelle, elles servaient d'alimentation aux animaux et aux hommes peuplant la terre. Mais le plus important l'homme a recherché dans son environnement de quoi soulager ses maux ou traiter ses maladies et il a découvert que les plantes possèdent une autre fonction qui est le pouvoir de guérison [1]. Nos ancêtres ont découvert depuis les temps reculés leurs grande utilité, en raison des bienfaits qu'elles procurent et ils l'ont considéré comme des remèdes traditionnels et une pharmacie naturelle cela est due à leurs actions bénéfiques, même qu'il était difficile pour eux de définir les molécules responsables de l'action pharmacologique.

Il est intéressant de noter que les antioxydants naturels font l'objet de nombreuses recherches et de nouvelles approches pour développer des métabolites secondaires et des polyphénols en général, notamment dans le domaine de la santé et ciblant les maladies malignes (cancer) et l'industrie alimentaire. Ces composés, représentés par la famille des polyphénols, ont été largement étudiés pour leurs propriétés biologiques : antioxydants, anti-inflammatoires, antiallergiques et anticancéreuses. Notez que l'effet puissant de ces substances dans la prévention des réactions des radicaux libres en neutralisant les radicaux libres est dû à la présence de la structure phénolique et de ses groupes hydroxyyles.

A cet effet, des progrès dans le domaine des antioxydants ont été mis en évidence, si bien que le nombre de plantes médicinales sur le marché aux Etats-Unis est d'environ 1800 [2].

Les travaux en cours s'inscrivent dans ce contexte.

Pour le présent mémoire, nous proposons un plan de quatre chapitres :

Le premier chapitre de ce manuscrit, est une étude bibliographique et présentation de l'espèce *Atriplex Halimus*.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude des métabolites secondaires de cette espèce.

Le troisième chapitre est basé sur l'étude phytochimique de la plante et l'extraction de l'huile essentielle

Le quatrième chapitre est une valorisation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle de la plante et l'extraction des flavonoïdes et étudier leurs activités antioxydante.

CHAPITRE 1

PRESENTATION DE LA PLANTE

I. Généralités sur *Atriplex Halimus*

Atriplex Halimus (noms usuels G'ttaf, Arroche, Pourpier de mer) est un arbuste, de 1 à 3 m de haut, très ramifié, formant des grappes atteignant 1 à 3 m de diamètre [1]. Il existe environ 420 espèces dans le genre *Atriplex* (Chénopodiacées), réparties dans les régions tempérées, méditerranéennes et subtropicales entre latitudes 20 et 50° nord et sud [2].

L'espèce *Atriplex Halimus* a une palatabilité très satisfaisante [3], C'est une plante très touffue de couleur argentée [4].

II. Classification de l'espèce

D'après Chadeffaut et Emberger en 1960, la systématique d'*Atriplex Halimus* dans le règne végétal est la suivante [5]

Tableau 1 : Classification de l'espèce

Règne	Végétale
Embranchement	Spermaphytes (Phanérogames)
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Apétales
Ordre	Centrospermales
Famille	Amarantacées (Chénopodiacées)
Genre	<i>Atriplex</i>
Espèces	<i>Atriplex Halimus</i>
Nom vernaculaire français	Arroche Halime ou pourpier de mer
Nom anglais	Sea-orache
Nom arabe	G'ttaf, القطف



Figure1 : Arbuste d'*Atriplex Halimus*



Figure2 : Feuilles d'*Atriplex Halimus*



Figure3 : Fructification d'*Atriplex Halimus*



Figure4 : Graines d'*Atriplex Halimus* décortiquées



Figure5 : Tiges et feuilles d'*Atriplex Halimus*

III. Aspect morphologique

1. Racines

L'Atriplex Halimus possède un système racinaire très développé, qui lui permet d'exploiter les réserves en eau du sol et de former un réseau dense qui agrège le sol et le rend résistant à l'érosion [6]. Le système racinaire est constitué d'une racine principale de 50 à 90 cm de profondeur, avec de rares racines secondaires de même longueur ou parfois plus longues, une fois sorties plusieurs troisièmes racines fines et courtes [7].



Figure 6 : Les racines d'*Atriplex Halimus*

2. Tiges

Les tiges sont ligneuses, vaguement anguleuses dans leur longueur, très rameuse [8]. Elles sont de couleurs blanc grisâtre plus ou moins anguleux entièrement feuillée [9]. Généralement les tiges sont érigées, robustes et terminés par des grappes allongées [10].



Figure 7 : Les tiges d'*Atriplex Halimus*

3. Feuille

Des petites feuilles, entre 2 à 5 cm de long et 0,5 à 1 cm de large [11].



Figure 8 : Les feuilles *d'Atriplex Halimus*

4. Fleurs

Monoïques ; inflorescences en panicules d'épis terminales, nues [12]. Ces inflorescences portent souvent des fleurs mâles à cinq étamines au de sommet et des fleurs femelles à la base dépourvue de périanthe.



Figure 9 : Les fleurs *d'Atriplex Halimus*

5. Fruits

Composé par les deux bractéoles, indurées, en forme de rein, dentées ou entières, lisses ou tuberculeuses, toujours farineuses, pubescentes ou velues, droites ou incurvées ; graine verticale, en lentille, brun foncé, de 2mm de diamètre environ, terne et entourée du péricarpe membraneux [13].



Figure10 : Les fruits d'*Atriplex Halimus*

6. Graines

Forme lenticulaire verticale brun foncé, d'environ 2 mm de diamètre, mate, entourée d'une peau membraneuse. Il est extrêmement hétérogène et polymorphe [14].

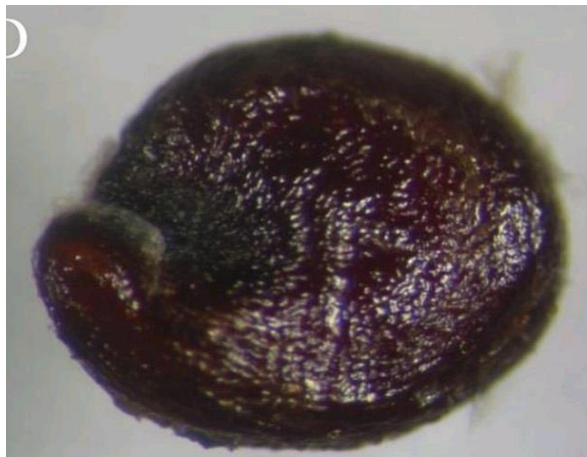


Figure 11 : Les graines d'*Atriplex Halimus*

IV. Répartition géographique de l'*Atriplex*

1. Dans le monde

Les plantes *Atriplex* se trouvent dans la plupart des régions du monde. Nombre approximatif de ces espèces dans diverses régions et pays arides et semi-arides du monde [15].

2. Dans l'Algérie

En Algérie, l'*Atriplex* est spontané dans les étages bioclimatiques semi-arides et arides, les zones les plus étendues correspondent aux ceintures dites steppiques (Batna, Biskra, Boussaâda, Djelfa, Saïda, M'sila, Tébessa, Tiaret) [16]. En Algérie, 13 espèces indigènes ont été dénombrées, dont 5 vivaces et 8 annuelles [17].

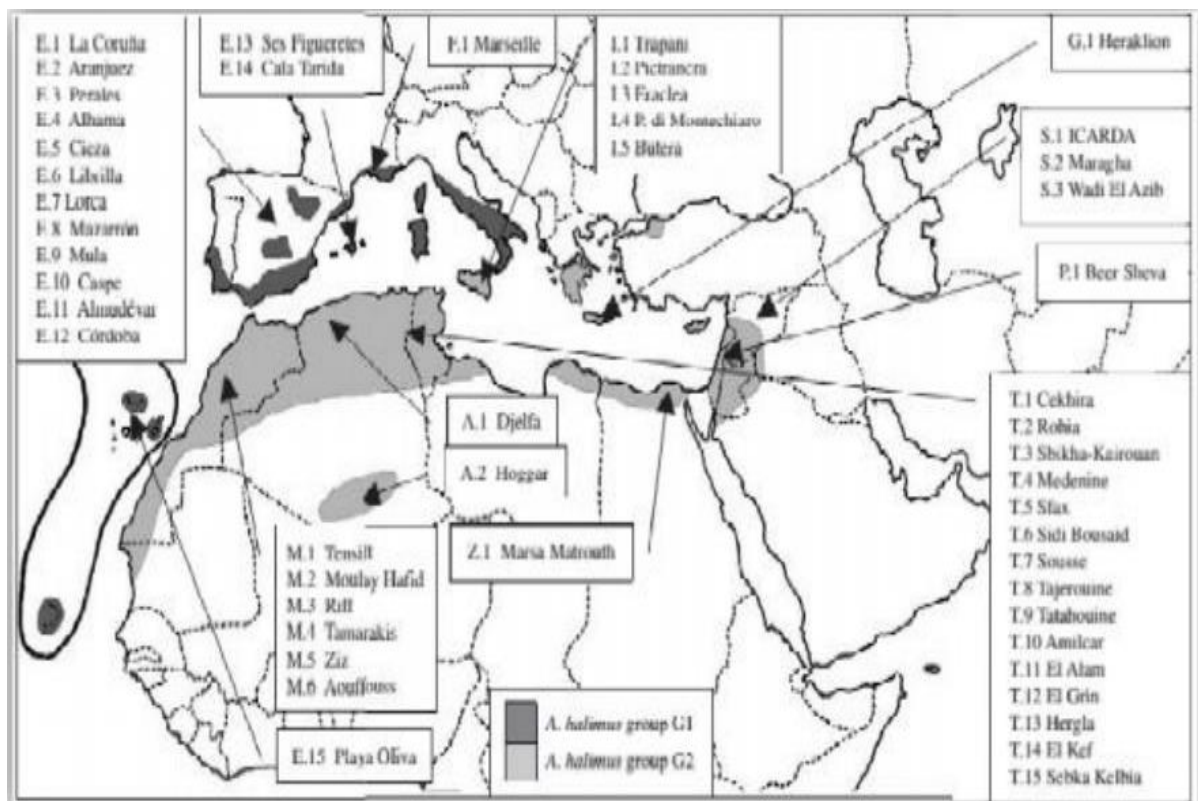


Figure 12 : Carte montre la répartition des *Atriplex Halimus* dans le bassin méditerranéen

(OrtizD'Orda et al, 2005).

V. Importance de l'*Atriplex Halimus*

1. Pharmacologique

Son utilisation en médecine traditionnelle est bien connue pour ses propriétés hypoglycémiantes et hypolipémiantes [18]. En fait, il agit contre la maladie du sommeil (trypanosomiase)[19]. Et possède également des propriétés antioxydants [20].

Au Sahara occidental, les cendres d'*Atriplex Halimus* sont absorbées par l'eau et utilisées pour traiter l'acide gastrique, et les graines sont ingérées comme émétique [21].

L'herbe coupée contient un pourcentage élevé de bêta-carotène, de xanthines et de lutéine, qui sont des antioxydants qui combattent les radicaux libres. De même, l'herbe coupée contient de la vitamine C et de la vitamine D, en plus de l'orchidée, qui stimule le corps à produire du collagène et améliore ainsi l'élasticité de la peau [22].

Les feuilles sont utilisées pour traiter les maladies cardiovasculaires, le diabète et l'hypertension artérielle, et même les rhumatismes [23].

Utilisez également des feuilles broyées pour assécher les plaies. Les feuilles fraîches sont broyées et appliquées sous forme de pommade sur les coupures et les plaies pour les cicatriser [24].

Les racines sont coupées en lanières à la manière d'un sivak pour le soin de la bouche et des dents, et les feuilles sont utilisées pour traiter les maladies cardiaques et le diabète [25], [26].

2. Ecologique

Le repeuplement à base d'herbe (ex. *Atriplex Halimus*) est un moyen de répondre au problème de la désertification qui se manifeste par la perte de terres forestières, notamment dans les zones herbeuses à vocation pastorale. Ces plantes ont des systèmes racinaires très développés qui leur permettent d'exploiter pleinement les réserves en eau du sol et forment un réseau dense qui agrège le sol et le rend résistant à l'érosion [27]. Il est présent dans des régions où le déséquilibre écologique s'accroît et où le phénomène de désertification prend des dimensions alarmantes. Cette espèce peut contribuer à la valorisation des sols marginaux et dégradés et à l'amélioration des productions végétale et animale dans plusieurs régions démunies [28].

3. Fourragère

C'est une source de minéraux vitamines et protéines pour le bétail [29], ce qui permet de les utiliser comme une réserve fourragère en été et en automne. Comblant la carence de fourrage qui se manifeste avant la croissance printanière des espèces fourragères herbacées [30]. Différentes observations expérimentales ont démontré que grâce à cet arbuste. Le bétail peut supporter de longues périodes de carence alimentaire dues à la sécheresse [31].

4. En Phytoremédiation

Les espèces d'*Atriplex* sont connues pour contenir de fortes teneurs en fer (Fe), en manganèse (Mn), en aluminium (Al) et en molybdène (Mo) [32] et le sélénium (Se) en grandes quantités [33]. Des études récentes, ont permis de montrer le caractère promoteur de l'*Atriplex Halimus* qui soumise à une importante dose de cadmium ou de zinc, est capable d'accumuler des quantités importantes de ces éléments sans présenter d'inhibition de croissance ou d'augmentation de la mortalité de la plante. [34]

5. Economique

Atriplex Halimus est utilisé comme plante fourragère car son feuillage persistant riche en protéines est très apprécié par les animaux durant la longue période de sécheresse estivale. Une bonne formation d'*Atriplex Halimus* peut produire jusqu'à cinq tonnes/hectare de culture sèche par an sur des sols dégradés ou salins inutilisables pour d'autres cultures [35].

VI. Utilisation de *Atriplex Halimus*

1. En alimentation humaine

L'Atriplex Halimus 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 steppique. En effet, au printemps, dans plusieurs régions en Algérie (Djelfa) et Tunisie (Gabès), les jeunes pousses de G'ttaf sont consommées par l'homme, en le préparant comme des épinards par son contenu riche en fibres, il facilite la digestion, augmente la réplétion gastrique et hydrate le contenu du bol fécal [36].

2. En économie

La plantation d'*Atriplex* apparaît comme l'un des meilleurs moyens de réhabiliter les zones désertiques et de les restaurer à la production. Cette plante représente une source potentielle d'utilisation économique ; il peut fournir des sources de fourrage avec une bonne valeur nutritive pendant les saisons sèches, et les périodes de pénurie de ressources de pâturage. De plus, il peut contribuer à la valorisation des sols marginaux et dégradés et à l'amélioration des productions végétales et animales dans plusieurs zones dépouillées [37].

3. En phytothérapies

En médecine traditionnelle, *Atriplex Halimus* est utilisé par la population steppique pour des fins thérapeutiques, principalement pour soigner l'hyperglycémie chez les patients diabétiques [38]. Elle utilise aussi pour soigner les inflammations des voies urinaires (cystites) et les lithiases urinaires.

L'étude de la chromatographie des alcaloïdes a montré la présence de berbérine et de pipérine chez *Atriplex Halimus*. La berbérine est un composé connu par son activité antimicrobienne et anti-inflammatoire, également recommandé pour traiter la malaria. Grâce à leurs propriétés antioxydants, certains flavonoïdes ont un effet protecteur des tissus du foie contre le cancer [39].

VII. Travaux antérieurs sur la plante *Atriplex Halimus*

Plusieurs travaux sont réalisés sur *Atriplex Halimus*, parmi ces travaux, la détection de présence des phénols totaux, des alcaloïdes, des saponines glycosides, des résines, des tanins et des flavonoïdes dont les flavonols constituent la classe majeure chez la plupart des espèces *Atriplex* [40],[41],[42].

On trouve aussi des travaux sur l'activité antioxydant de l'extrait méthanolique des feuilles d'*Atriplex Halimus* [43], de l'extrait éthanolique [44] et l'extrait phénolique [45], et sur l'activité antidiabétique de l'extrait aqueux [46]. Aussi des travaux sur les constituant bioactif de l'*Atriplex Halimus* [47]. Cette plante possède aussi une activité antimicrobienne [48].

En plus de leurs utilisations traditionnelles, *Atriplex Halimus* possède de nombreuses propriétés biologiques, telles que les propriétés antioxydants de principaux métabolites secondaires des feuilles et des tiges [49], elle présente des propriétés hypoglycémiantes et antidiabétique [50].

Plusieurs extraits aqueux et éthanolique de *Atriplex Halimus* montrent la présence des phénols totaux, des saponines glycosides, des alcaloïdes, des tannins, des résines, et des flavonoïdes dont les flavonols constituent la classe chimique majeure chez la plupart des espèces d'*Atriplex* [51],[52].

Les grains d'*Atriplex Halimus* sont très tolérants au stress hydrique [53]. L'utilisation de bouture d'*Atriplex Halimus* pourrait être un outil précieux et efficace pour la restauration de la végétation dans les écosystèmes côtier pollués par Cu [54].

Chapitre 2

Etude des métabolites secondaires

I. Introduction

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétiques S'accumule en petites quantités dans les plantes. Ils représentent une grande variété de composés organiques Son rôle direct dans la croissance et le développement des plantes. Cependant, ils jouent Autres rôles importants : odorat, protection contre les insectes, les herbivores et Rayonnement UV solaire [55],[56], [57]. Parce qu'ils jouent également un rôle important dans l'interaction des plantes et leur environnement [58]. Plus de 200 000 structures de métabolites secondaires Confirmé [57]. Certains de ces métabolites sont utilisés pour la manipulation da La fermentation du rumen, précisément pour stimuler la digestion et réduire les pertes, il existe sous forme de méthane et d'ammoniac [55], [57]. L'activité de ces substances dépend principalement de leurs propriétés chimiques et leurs concentrations [59].

II. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des produits de compositions généralement assez complexe, renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés aux cours de la préparation. [60]. Les huiles essentielles sont des extraits de plantes obtenus par distillation ou extraction mécanique des plantes. Ce procédé de concentration permet d'isoler quelques molécules présentes dans la plante qui ont des propriétés particulières. Il existe aussi certaines huiles essentielles dites "identiques nature", qui sont les mêmes molécules que celles des plantes mais obtenues synthétiquement par l'industrie chimique [61]. Une huile peut être utilisée à plusieurs fins en même temps [62].

Le rendement et les ingrédients des huiles essentielles varient selon l'environnement (température, salinité, etc.), la période de récolte (saison, stade de développement), état de la plante (frais ou sec) et technique d'extraction (hydrodistillation, distillation à la vapeur, extraction par solvant, etc.). Ces changements sont également été observés entre les huiles essentielles extraites de différentes parties d'une même plante (feuilles, fleurs, tiges, graines et racines) [63].

L'intérêt pour les huiles essentielles ou les parfums dans la vie de tous les jours a une très grande valeur

Affecte différents secteurs industriels tels que :

- Industrie agro-alimentaire : Ils donnent du goût aux condiments, arômes.
- L'industrie des parfums et cosmétiques est un gros consommateur
- Plantes à huile essentielle. Près de 300 huiles essentielles d'importance commerciale
- Et utilisé dans les parfums, les cosmétiques ou les produits d'hygiène.
- En pharmacie, l'utilisation des huiles essentielles est encore limitée à un petit nombre de personnes
- Utiliser comme une forme de conservateur ou d'arôme externe
- Médicaments oraux.
- L'industrie chimique certains constituants incontinent huiles essentielles sont utilisés contrairement matières premières à la biotransformation soit l'hémi synthèse pour plusieurs principes actifs thérapeutique
- Certaines huiles essentielles présentent seul vaste psychose d'activité opposée les insectes nuisibles les champignons pathogènes et incontinents pesticides synthétiques [64]

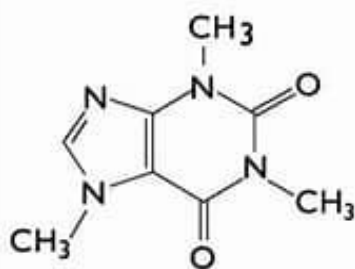
Il est nécessaire de faire une différence entre les huiles essentielles et les huiles végétales

Les huiles essentielles Sont des molécules chimiques très volatiles et ils sont obtenus par une hydro distillation ou avec entrainement de la fumée d'eau et une graisse végétale qui est visqueuse est obtenue avec pression constituée majoritairement d'un corps [65]

III. Les alcaloïdes

1. Définition

Les alcaloïdes sont des substances organiques, le plus souvent d'origine végétale, azotées, basiques, donnant des réactions de précipitation avec certains réactifs (appelés « réactifs généraux des alcaloïdes ») et douées, à faible dose, de propriétés physiologiques marquées. Sur le plan chimique, ils constituent un groupe très hétérogène, possédant cependant quelques propriétés physico-chimiques communes. Ils portent tous la terminaison « ine ». [66]



Caféine

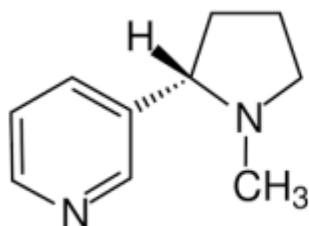
2. Classification des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont classés en deux grands types de classification

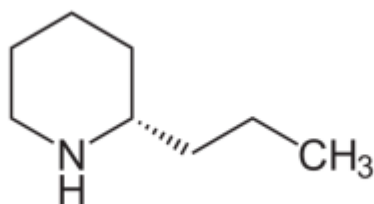
2.1. Classification structurale (groupes des pyrazoles, purines, indoles, quinoléines, azolidines ‘pyrrolidines’...) [67].

2.2. Classification biogénétique On distingue généralement trois types d’alcaloïdes :

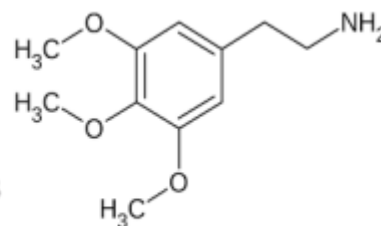
Les alcaloïdes vrais (nicotine), les pseudo-alcaloïdes (coniine) et les proto-alcaloïdes (mescaline) [68].



Nicotine



Coniine



Mescaline

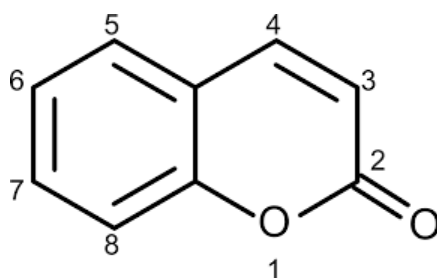
3. Intérêt thérapeutique des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont utilisés pour leur vaste effet thérapeutique notamment l’effet anti tumoral, anti leucémique, anticancéreuse, antipyrétiques, antiparasitaires, anesthésique local...

Toutefois, leurs nombreuses vertus médicales s’accompagnent souvent d’effets secondaires dangereux, L’acide lysergique est inactif, mais ses dérivés comme l’ergométrine et l’ergotamine, sont très renommés. En obstétrique, ils sont employés pour leur action sur le muscle utérin. par leur action vasoconstrictrice, ils agissent sur le rythme cardiaque, la circulation sanguine (traitement de l’hypertension), le système nerveux et le cerveau [69].

IV. Les coumarines

La coumarine est un composé chimique organique appartenant à la famille des benzopyrones, dont le nom selon l’IUPAC est 2 H-1-benzopyrones-2-one. Dans son état normal (standard), elle est caractérisée par une structure cristalline et incolore. Différents résidus peuvent être ajoutés à ce squelette formant la famille des coumarines. Les coumarines sont considérées comme un groupe de métabolites secondaires des plantes [70]



Coumarine

1. Intérêt thérapeutique des coumarines

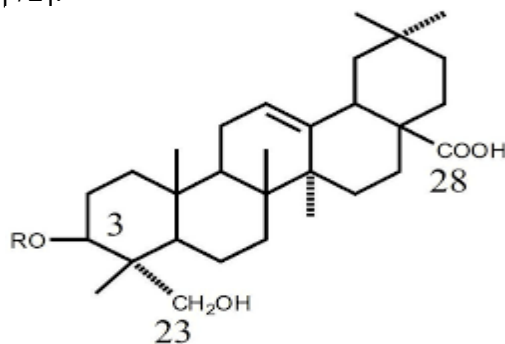
Les coumarines possèdent plusieurs propriétés très intéressantes pour l'homme et sont parfois valorisées par les industries pharmaceutiques, elles sont connues par leur activité anticoagulante, anti-inflammatoires, anticancéreuses et antidépressives.

Une autre étude a montré que l'umbelliférone est une molécule hypoglycémisante qui permet de revenir à des taux normaux de glucose dans le sang [71]

V. Les saponines

Les saponines appartiennent à un groupe de glucosides huileux naturels qui moussent abondamment lorsqu'on les agite dans une solution. Les saponines sont des glycosides stéroïdes ou triterpénoïdes, nommées pour leurs propriétés savonneuses, composée d'un élément liposoluble et d'un élément soluble dans l'eau (sucre).

La saponine entre dans la composition des lessives, des savons et servent d'agents moussants, notamment dans les extincteurs. [72].

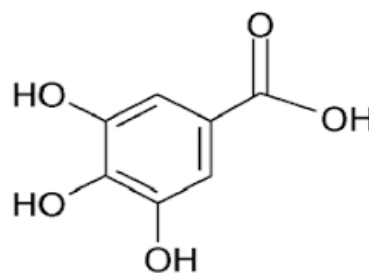


Saponine

VI. Les tanins

Ce sont des composés phénoliques édifices d'origine végétale, ayant une masse moléculaire incluse entre 500 et 3.000 et ils ont la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et de rendre la peau imputrescible en se fixant sur les protéines. Il existe deux groupes de tanins différents standard leur structure aussi bien que standard leur origine biosynthétique :

- Les tanins hydrolysables.
- Les tanins condensés. [73]

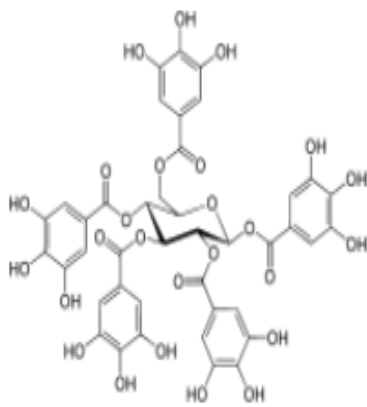


Acide gallique

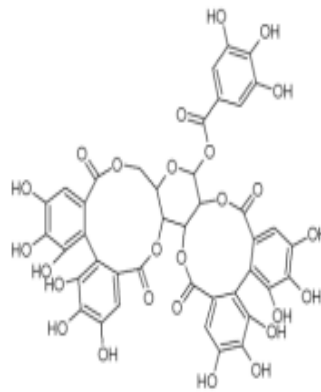
1. Structure chimique et classification :

On distingue 2 groupes de tanins différents par leurs structures et également par leurs origines biogénétiques:

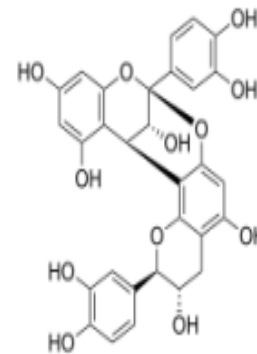
- **Tanins hydrolysables:** sont des phénols liés à un résidu sucré par un lien ester (donc hydrolysable) sont classés en trois types Gallo-tannins (tannins galliques), Ellagi-tannins (tanins ellagiques) et Tannins complexes (une unité gallo-tanin ou ellagi-tanin).
- **Tanins condensés** (tanins catéchiques ou proanthocyanidols) : sont des polymères non hydrolysables (d'où leur nom) de dérivés de résidus flavonols liés par des liens C-C mais de nombreuses autres combinaisons existent), ils sont produits par la plupart des végétaux terrestres [74].



Tanins galliques



Tanins ellagiques



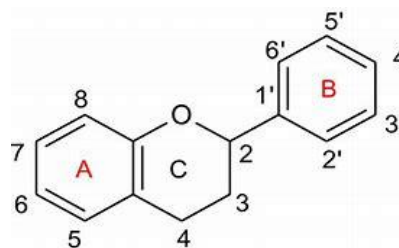
Tanins condensés

VII. Les flavonoïdes

1. Définition

Le nom "flavonoïde" vient du mot flavedo, qui fait référence à la couche externe d'un zeste d'orange [75]. Cependant, d'autres auteurs soutiennent que le terme Les flavonoïdes prêterent plutôt des flavonoïdes [76]. C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques. Ces molécules ont différentes structures chimiques et propriétés spéciales. Ils sont partout. Boissons telles que fruits, légumes, graines, thé et vin rouge, et d'autres parties de la plante [77].

En ce qui concerne sa structure de nature phénolique, elle est formée de deux cycles aromatiques de benzène. Celles-ci sont reliées par une chaîne de trois atomes de carbone, donnant naissance à un type C6-C3-C6. Les différents types de flavonoïdes se distinguent par la concentration de saturation et les substituant du cycle C. En même temps, les différents composés se différencient par la substitution des cycles A et B. Chez les plantes, ils se présentent à l'état libre ou sous forme d'hétérosides [78].



Structure générale de flavonoïde

2. Intérêt biologique des flavonoïdes

Les flavonoïdes présentent de nombreuses activités : antioxydants, anti-inflammatoires, inhibitrices d'enzymes, et prévention des maladies cardiovasculaires. Pharmacologiquement, les aglycones sont particulièrement efficaces. Certains ont des activités hépatoprotectrice, diurétiques, vasodilatatrices, antibactériennes, chimo-protectrices, anti-inflammatoires, antidiabétiques, inhibitrices de l'aldolase réductase et antiallergiques [79].

3. Localisation et distribution des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont largement rencontrés dans le règne végétal. On signale environ 2% de la proportion du carbone photosynthétique global incorporé dans la biosynthèse flavonique. Ils sont cependant rares chez les végétaux inférieurs. De plus, leur localisation au sein de la plante est caractéristique. En effet, les flavonoïdes sont omniprésents dans les organes aériens jeunes où ils sont localisés dans les tissus superficiels (Remsy et al. 1996).

Au niveau cellulaire, on a observé que les flavonoïdes, sous forme d'hétérosides, sont dissous dans le suc vacuolaire ou localisés dans les chloroplastes et les membranes des végétaux. Lorsque les flavonoïdes sont présents dans la cuticule foliaire, il s'agit presque toujours de génines libres dont la lipophilie est accrue par la méthylation partielle ou totale des groupes hydroxyles (Bruneton, 1993).

En définitive, les flavonoïdes possèdent une large répartition dans le monde végétal. Ils sont largement abondants dans les légumes feuillés (salade, choux, épinards, etc.), ainsi que dans les téguments externes des fruits. On les trouve principalement dans les agrumes : citrons, orange, pamplemousses et dans une moindre mesure : abricots, cerises, mûres, raisins, papayes, tomates et sarrasin. On en trouve également en quantité importante dans nombreuses plantes médicinales et très spécifiquement dans les herbes aromatiques comme le thym, le persil, le romarin et le céleri [80].

4. Classification des flavonoïdes

Tableau 2: classification des flavonoïdes

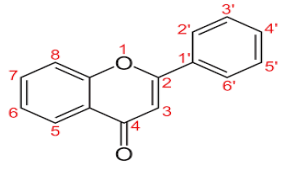
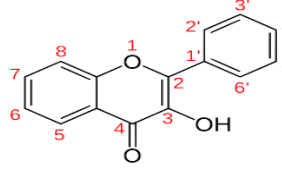
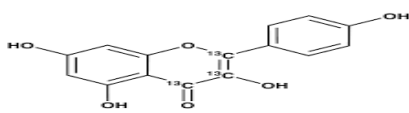
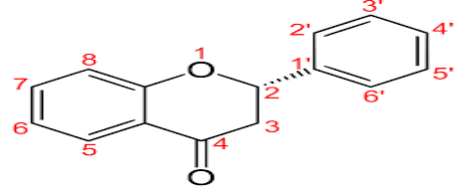
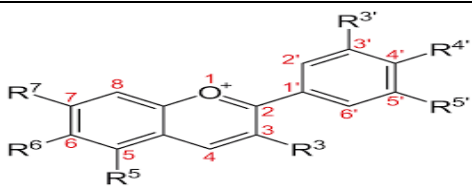
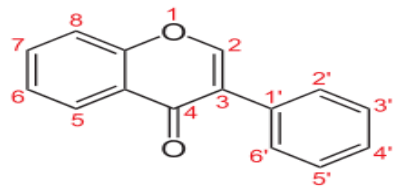
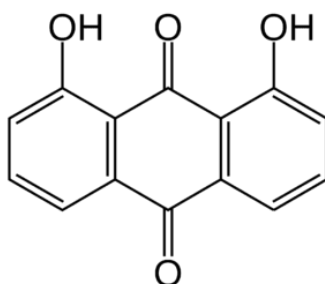
Classes	Structures chimiques	R3'	R4'	R5'	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéonine
		OH	OCH3	H	Déosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine
Flavanones		H	OH	H	Naringénine
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidines		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine
		OH	OH	OH	Delphénidine
Isoflavones		R5	R7	R4'	
		OH	OH	OH	Genisteine
		H	O-GLU	OH	Daidzeine

Tableau. Structures des squelettes des principales classes des flavonoïdes [81].

VIII. Les hétérosides anthracéniques

Les hétérosides anthracéniques, ou plus précisément les hétérosides hydroxy anthracéniques, sont des composés d'origine végétale, ayant des propriétés laxatives. Ils sont de nature hétérosidique . ils sont formés d'une partie sucrée et une partie non sucrée (génine), qui est de type 1,8-dihydroxyanthracène.

Le noyau anthracène peut avoir différents degrés d'oxydation : il peut être sous forme réduite (anthranol, anthrone) ou sous forme oxydée (anthraquinone) [82].



1,8- dihydroxyanthracène

Dans la drogue fraîche, on trouve majoritairement les hétérosides anthrone. Alors que lors de séchage un processus d'oxydation et de dimérisation se met en place : c'est pour cela que dans la drogue séchée, ce sont les anthraquinones et les dianthrone qui sont majoritaires [82].

IX. Les mucilages

Les mucilages sont des substances végétales, constituées d'un composé gélatineux formé de polysaccharides, qui gonflent au contact de l'eau en prenant une consistance visqueuse, parfois collante, semblable à la gélatine, d'où leur surnom de morve de mer. Le terme désigne également une préparation élaborée à partir de mucilage ou un liquide visqueux obtenu par dissolution d'une gomme végétale dans l'eau [83].

1. Activités thérapeutique

Les flavonoïdes possèdent de nombreuses activités présentant un intérêt en thérapeutique telles que : antioxydant, hépatoprotectrice, diurétique, antibactérienne, chimio protectrice, antidiabétique, antiallergique [84], [85] et certains ont démontrées des effets cardioprotecteurs importants [86], [87].

2. Antioxydant

Les propriétés antioxydantes des flavonoïdes dans ces dernières années ont fait l'objet d'une attention particulière [88], [89]. Les effets antioxydants de ces composés ne sont pas seulement radicaux libres, mais il se manifeste aussi par la neutralisation et Chélation des ions métalliques qui génèrent des espèces réactives de l'oxygène.

3. Anti-inflammatoire

De nombreuses études semblent suggérer que les flavonoïdes ont des propriétés anti-inflammatoires et leur capacité à moduler la fonction du système immunitaire en inhibant l'activité des enzymes qui peuvent provoquer l'inflammation, il peut également être supprimé par Médiateurs inflammatoires [90] D'autres flavonoïdes peuvent inhiber l'histamine [91]. Glycosyl ou formes libres de flavonoïdes et de flavonols tels que la Quercétine, le kaempférol, La Myrecétine a une activité inhibitrice de la COX (cyclooxygénase) [92].

Les propriétés anti-inflammatoires des composés polyphénoliques peuvent être dues à leurs capacités d'inhiber des enzymes impliquées dans les processus inflammatoires [93], et leurs activités antioxydants.

4. Activité antimicrobienne

Les huiles essentielles possèdent des propriétés antimicrobiennes intéressantes et luttent contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne et fongique. Les huiles essentielles permettent également la protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires. [94]

5. Activité Antiulcéreux

Les flavonoïdes protègent la muqueuse gastrique de divers médicaments Sulfure. L'hypolaétine-8-glucose, un flavonoïde présent dans diverses espèces du genre Sidérites, qui possède une activité antiulcéreuse significative [95]

Dans des expériences sur des rats, il a été montré que la Quercétine et la Naringénine joue un rôle important dans la réduction des ulcères et la protection des cellules estomac. Il a été suggéré que la Quercétine exerce son activité par un mécanisme complexe Y compris la production de mucus, le piégeage des radicaux libres et l'inhibition Production de leucotriènes. D'autres études ont établi une relation étroite entre les deux Propriétés antiulcéreuses de la Quercétine, de la Naringénine, de la rutine et du kaempférol [96].

6. Activités antifongiques

Les trois principales familles de flavonoïdes, en l'occurrence : les flavonoïdes, les flavanones et les flavanols, qui ont été testés contre les graines de 4 champignons pathogènes Céréales (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium oxysporum* et *Trichoderma herzianu*) Les résultats obtenus ont indiqué que les flavonoïdes et les flavanones étaient les plus efficaces [97], [98].

7. Activités antiallergiques

Les flavonoïdes sont également connus pour leurs effets anti allergiques. La Quercétine a un puissant effet inhibiteur sur la libération d'histamine par les astrocytes [99]. Leur Fonctionne également en inhibant les enzymes qui favorisent la libération d'histamine mastocytes et basophiles.

8. Propriété anticancéreuse

Les flavonoïdes et autres composés phénoliques peuvent jouer un rôle préventif au cours du développement cancer [100]. Ils sont impliqués dans les étapes d'amorçage en tant que pièges à mutagènes Electrophiles ou en stimulant la réparation de l'ADN mutant. Dans la publicité et au cours de la progression, ils agissent comme supresseurs de tumeurs de différentes manières Induction de l'apoptose et inhibition de la prolifération cellulaire et d'autres mécanismes [101].

9. Autres utilisations

Les cendres de la plante brûlée sont utilisées comme alcali dans la fabrication du savon. La plante fait une superbe haie résistante au vent à faible croissance qui peut être laissée pousser non taillée ou peut être taillée. Il est particulièrement précieux dans les zones maritimes, réussissant directement sur la côte, mais peut également être utilisé à l'intérieur des terres. La plante est extrêmement tolérante à la taille et peut repousser même lorsqu'elle est coupée en vieux bois .la plante tire le sel du sol et a donc été utilisée dans des projets de régénération du sol pour désaliniser le sol [102].

Chapitre 3

Etude phytochimique

I. Introduction

Avant d'isoler le produit actif, nous avons réalisé un screening phytochimique sur la plante d'*Atriplex Halimus*.

Les tests réalisés sur des extraits de l'*Atriplex Halimus* obtenus dans diverses conditions, habituellement fait sur des plantes de composition inconnue.

Ces tests initiaux sont nécessaires car ils peuvent guider les études chimiques ultérieures. Que ce soit pour mettre en avant certains actifs.

II. Etude phytochimique

Dans ce travail nous avons utilisé *Atriplex Halimus* (G'ttaf) collecté dans la région de Béchar (août 2021).

Le test de caractérisation chimique s'est concentré sur les principaux groupes chimiques de la poudre, de tige, et de feuille de l'*Atriplex Halimus*.

Ces tests fournissent des informations préliminaires sur la composition phytochimique.

Les résultats sont classés selon :

Réaction franchement positive :	++++
Réaction positive :	+++
Réaction moyennement positive :	++
Réaction non déterminée :	+
Réaction négatif :	0
Réaction non effectué :	-

- **Macération** : Opération qui consiste à laisser séjourner un corps solide dans un liquide ou dans un milieu humide, pour extraire certains principes actifs ou nutritifs de ce corps ou pour obtenir une modification de celui-ci; état d'un corps soumis à cette action. Il est certain que la macération et la coction détachent nettement les muscles des parties dures, ce qui ne peut avoir lieu que par la dissolution de leur moyen d'union [103].
- **Infusion** : Opération consistant à laisser infuser plus ou moins longtemps des substances dans un liquide afin d'en extraire les principes solubles [104].
- **Décoction** : Procédé consistant à faire bouillir dans un liquide une substance médicamenteuse, généralement végétale, afin d'en extraire le principe actif [105].

1. Recherche des alcaloïdes

Un extrait sulfurique est préparé à partir de 10g de poudre médicinale et de 50ml d'acide sulfurique dilué à 10% dans un Erlenmeyer de 250ml après une macération de 24h. Le macéré ainsi obtenu est ensuite complété à 50ml avec de l'eau distillée.

Introduire 1ml de ce macéré après filtration dans deux tubes à essai. Dans le tube no1, ajouter 5 gouttes de réactif de Mayer et dans le tube no2 ajouter 5 gouttes de réactif de Dragendorff. L'apparition de précipités indique la présence d'alcaloïdes.

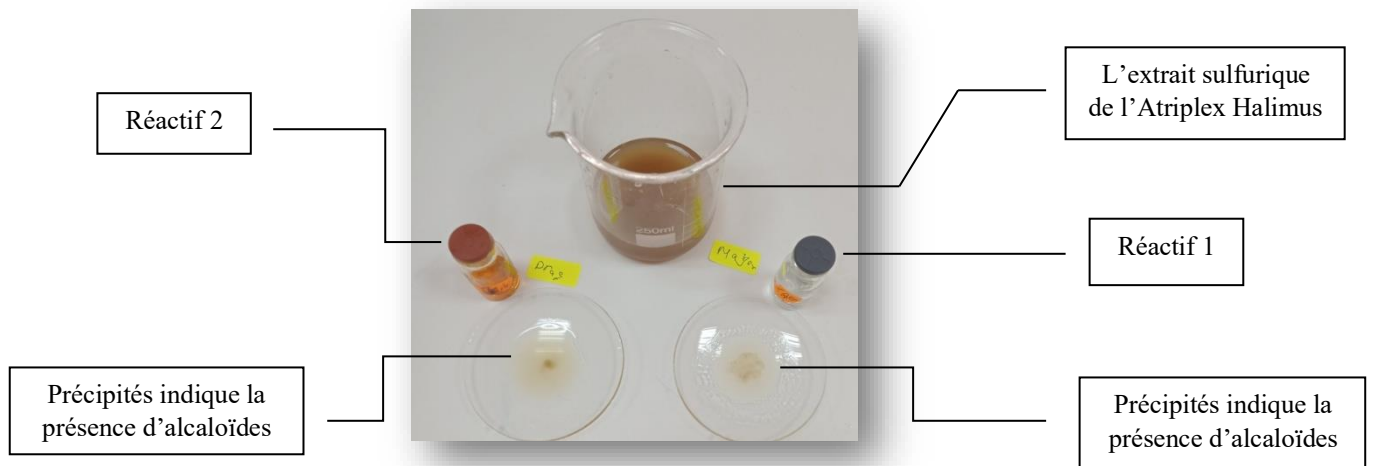


Figure 13 : Présence des alcaloïdes

Recherche des polyphénols

La solution à analyser est un infusé aqueux à 5% obtenu en versant 5g de poudre médicinale dans 100ml d'eau distillée bouillante. Filtrer après 15mn et rincer avec un peu d'eau chaude de manière à obtenir 100ml de filtrat.

- **Les tanins**

A 5ml d'infusé à 5%, ajouter 1ml de perchlorure ferrique FeCl_3 à 1%. En présence des tanins il se développe une coloration verdâtre ou bleu noirâtre.

- **Les flavonoïdes**

A 5ml de l'infusé à 5%, ajouter 5ml d'alcool chlorhydrique (éthanol, eau distillée et l'acide chlorhydrique concentré en parties égales en volume) ensuite 1ml d'alcool iso-amylque puis ajouter quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration :

Rose orangée indique la présence des flavones.

Rose violacée indique la présence de flavanones.

Rouge indique la présence des flavonols, flavanonols.



Figure 14 : Présence des flavonoïdes

2. Recherche des coumarines

La solution à analyser est obtenue après une macération de 24h de 1g de poudre médicinale dans 20ml d'éther. Le macéré est ensuite complété à 20ml avec de l'éther.

Evaporer à sec 5ml du filtrat et ajouter au résidu 2ml d'eau chaude. Partager la solution entre 2 tubes à essai. Au contenu de l'un des tubes, ajouter 0,5ml de NH_4OH à 25%. Mélanger et observer la fluorescence sous UV à 366 nm. La présence de coumarine est indiquée par une fluorescence intense dans le tube.

3. Recherche des saponines

Porter 0,5g de drogue pulvérisée à ébullition pendant 5mn dans 10ml d'eau distillée. Laisser refroidir puis agiter pendant 1mn. La formation d'une mousse plus ou moins importante indique la présence des saponines.



Figure 15 : Présence des saponines

4. Recherche des dérivés anthracéniques

• Anthracéniques libre

A 1g de poudre de matière végétale, ajouter 10ml de chloroforme. Chauffer au bain-marie pendant 3mn, filtrer à chaud et compléter à 10ml si nécessaire.

A 1ml du filtrat, ajouter 1ml d'ammoniaque à 9M. La coloration plus ou moins rouge indique la présence d'anthraquinones libres.

5. Recherche des stupéfiants (Les tétrahydrocannabinols)

A 0,5g de poudre médicinale, on ajoute 5ml d'éther de pétrole et agiter pendant 15mn, filtrer puis on évapore à sec au bain-marie. Au résidu, on ajoute 3 à 4 gouttes de KOH à 5% dans l'éthanol. La présence de tétrahydrocannabinols est indiquée par une coloration violette.

6. Autres recherches

• Composés réducteurs

Evaporer à sec 5ml de la solution à analyser. Ajouter au résidu 1ml de réactif de Fehling. L'obtention d'un précipité rouge brique indique la présence de composés réducteurs.



Figure 16 : Présence des composés réducteurs

• Oses et holoside

Evaporer à sec 5ml de la solution à analyser. Ajouter au résidu 2 à 3 gouttes de H₂SO₄ concentré. Après 5mn, ajouter 3 gouttes d'alcool saturé avec le thymol. L'apparition d'une coloration rouge indique la présence d'oses et holosides.

• Mucilages

A 1ml de la solution à analyser ajouter 5ml d'éthanol absolu. L'apparition d'un précipité floconneux indique la présence de mucilages.

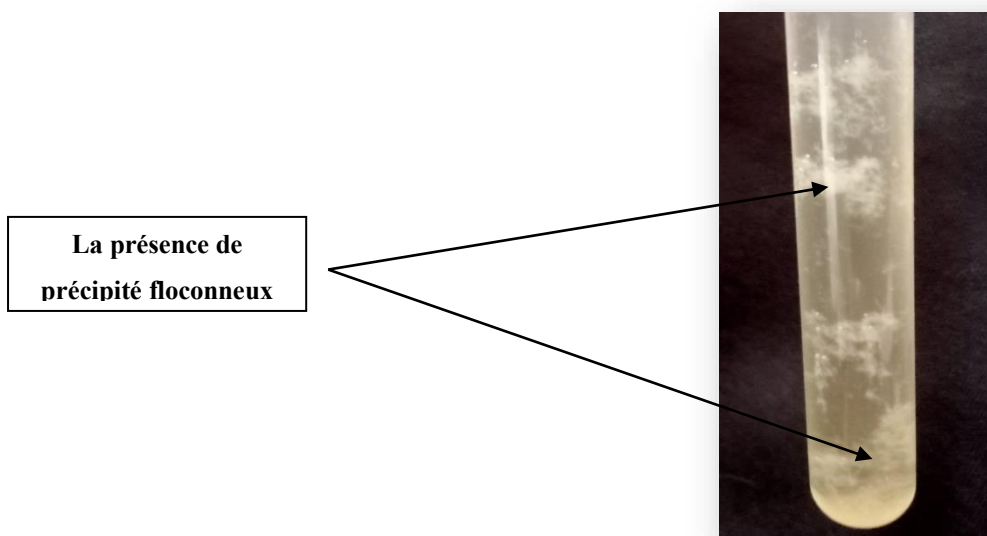


Figure 17 : Présences des mucilages

III. Résultats et discussions

Ces tests préliminaires, réalisés sur la plante, ont mis en évidence les principaux phytoconstituants du métabolite secondaire regroupé dans le tableau 2.

Tableau 3

Les composés	Résultats
Alcaloïdes	++++
Flavonoïdes	+++
Tanins	++++
Coumarines	+
Saponines	++++
Tétrahydrocannabinols	++
Composés réducteurs	++++
Dérivés anthracéniques	0
Oses et holosides	-
Mucilages	++++

Les tests révèlent la présence des alcaloïdes, les tanins, saponines les composés réducteurs, les produits mucilages et les flavonoïdes en grande quantité, On note aussi la présence des coumarines et les Tétrahydrocannabinols en petite quantité.

Ces tests nous permettent d'orienter notre étude vers l'extraction des flavonoïdes issu de *Atriplex Halimus* et d'isoler huile essentielle de cette plante.

IV. Extraction de l'huile essentielle

1. Matériel végétale

Sur la suite de notre étude sur *Atriplex Halimus*. Les travaux effectués ont été réalisés sur cette espèce de la région de Béchar, cueillie durant la saison 2021 (aout). Nous avons choisi de travailler sur les parties aériennes feuilles et tiges.

2. Extraction

L'essence a été obtenue en utilisant le montage hydrodistillation. Une quantité de 35g de matériel végétal est introduit dans un ballon contenant 75ml de l'eau distillée. Le mélange est porté à l'ébullition durant 3 heures. Les vapeurs d'eau chargées d'huile essentielle sont condensées dans le réfrigérant et récupérées.



Figure 18 : Montage de l'hydro distillation

On ajoute une quantité de dichlorométhane et du sel au distillat obtenu. A l'aide d'une ampoule à décanter on sépare les deux phases. La phase organique huileuse est alors séchée avec le desséchant $MgSO_4$ pour éliminer tous traces d'eau puis filtrée.

Ensuite, évaporer à sec le filtrat obtenu pour éliminer le dichlorométhane et on récupère notre l'huile essentielle sec.

L'huile est conservée à l'obscurité et à basse température dans des flacons hermétiquement fermés pour éviter toute dégradation de l'essence.



Figure 19 : L'huile essentielle de la plante

3. Calcule de rendement

$$R = \frac{82 \times 10^{-3}}{35} \times 100 = 0,26 \%$$

4. Chromatographie gazeuse couplée a la spectrométrie de masse (CG/SM)

La combinaison de ces deux techniques d'analyses CPG/SM permet de séparer les composants de l'échantillon et d'identifier chaque composant, donc de faire une analyse complète aussi bien qualitative que quantitative du produit à analyser.

La chromatographie en phase gazeuse sépare des fractions moléculaires composant l'échantillon en se basant sur la vitesse de déplacement et le temps de rétention mis pour parcourir une colonne remplie d'une phase stationnaire.

La spectroscopie de masse utilise des sources énergétiques pour ioniser, fragmenter et enfin séparer les groupements moléculaires selon le rapport masse / charge électrique (m/q).

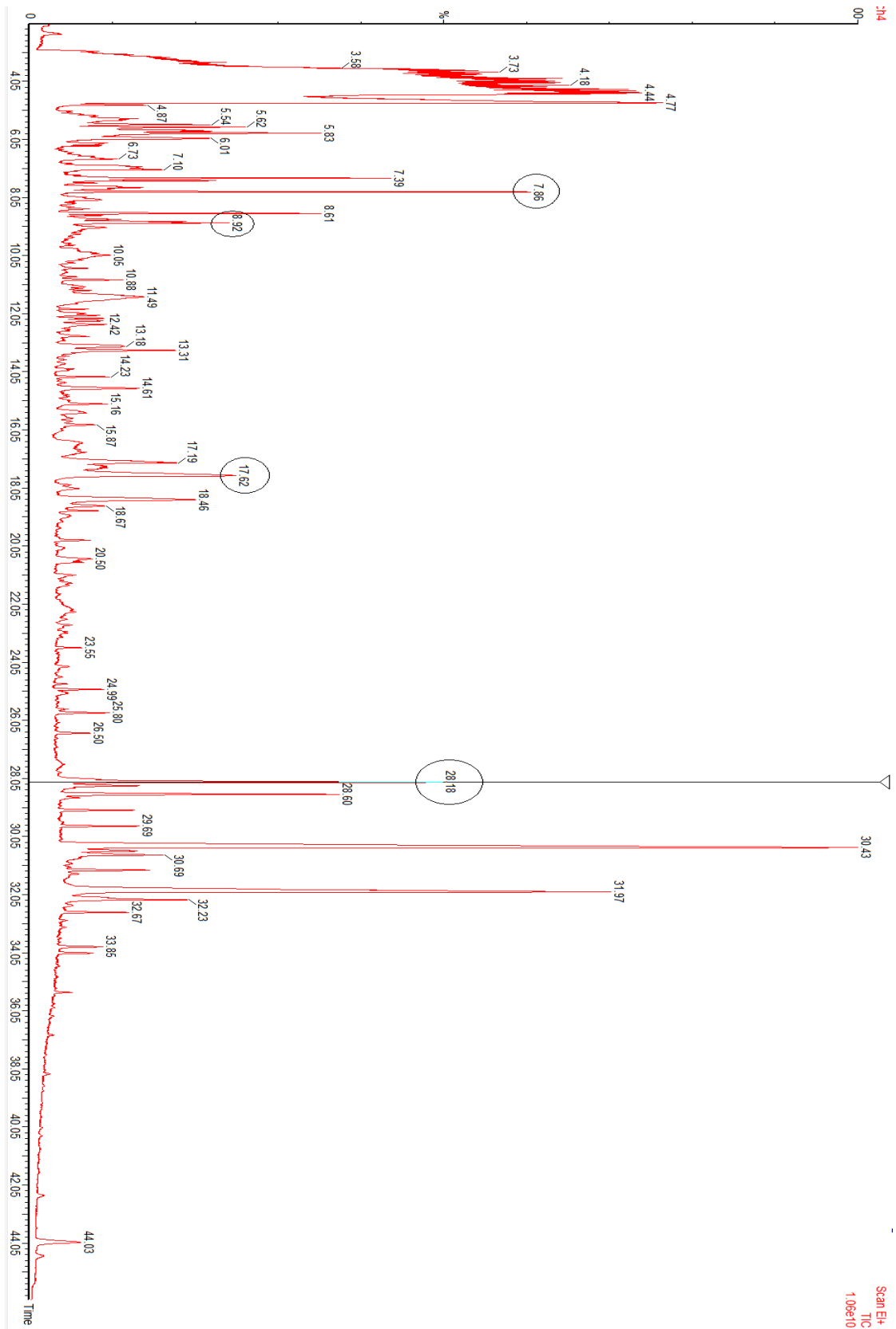


Figure 20 : Chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

V. Résultats et discussions

L'identification des produits a été faite en comparant leurs indices de rétention et spectre de masse avec ceux des composés de référence de la littérature emmagasiné dans logiciel de l'appareil.

L'analyse chromatographique de l'huile essentielle par CG/MS a permis d'identifier la composition chimique de *Atriplex Halimus*. L'analyse quantitative montre la présence de cinquante produits dont cinq ont été identifiés: Hexandioate de dioctyl 32.05%, 2,6,8-trimethyl bicyclo[4 2 0] oct-2-ène-1,8-diol 21.48%, phtalate de 2-ethylhexyl, 3-phenylpropyl 11.16% ,3-methyl-6-isopropylcyclohex-2-en-1-one 8.418% et le cyclopentyl isothiocyanate 2.15%.

1. Hexandioate de dioctyl d'ester

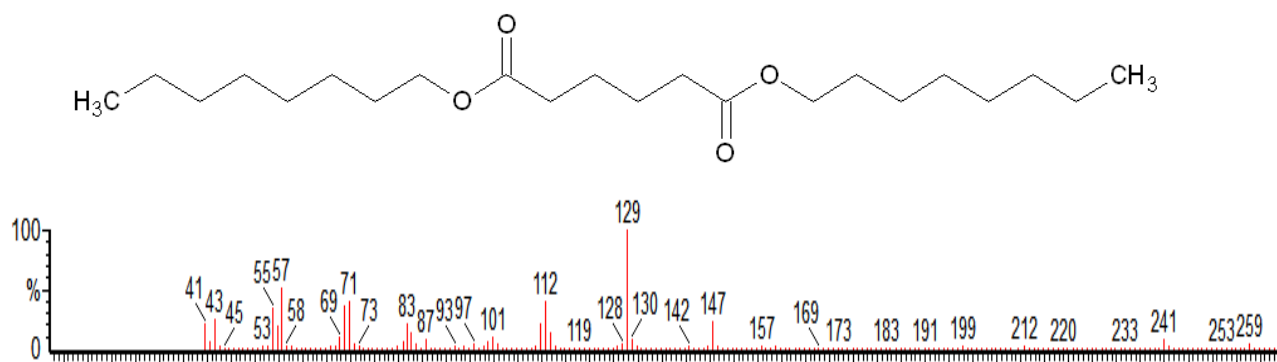


Figure 21 : spectre CG/MS de Hexandioate de dioctyl

2. 2,6,8-trimethylbicyclo[4 2 0]oct-2-ène-1,8-diol

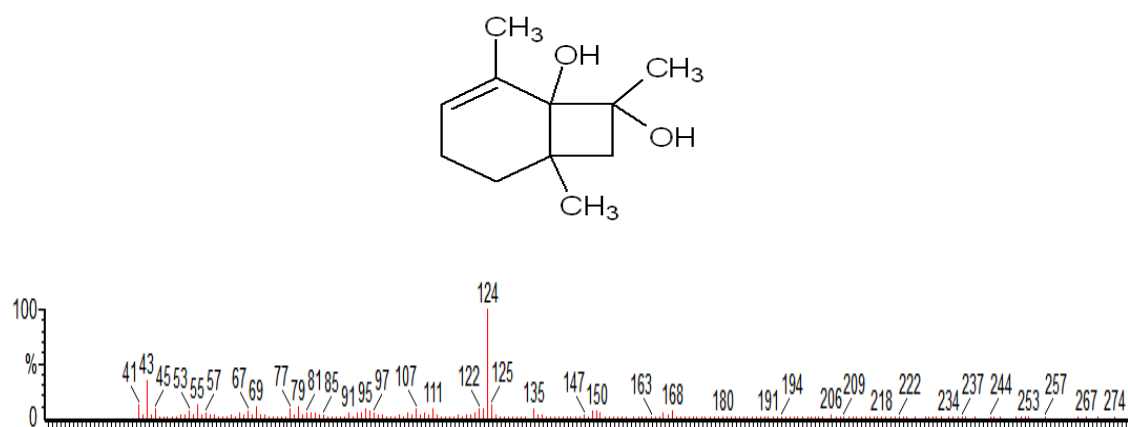


Figure 22 : spectre CG/MS de 2, 6,8-trimethylbicyclo [4 2 0] oct-2-ène-1,8-diol

3. phtalate de 2-ethylhexyl, 3-phenylpropyl ester

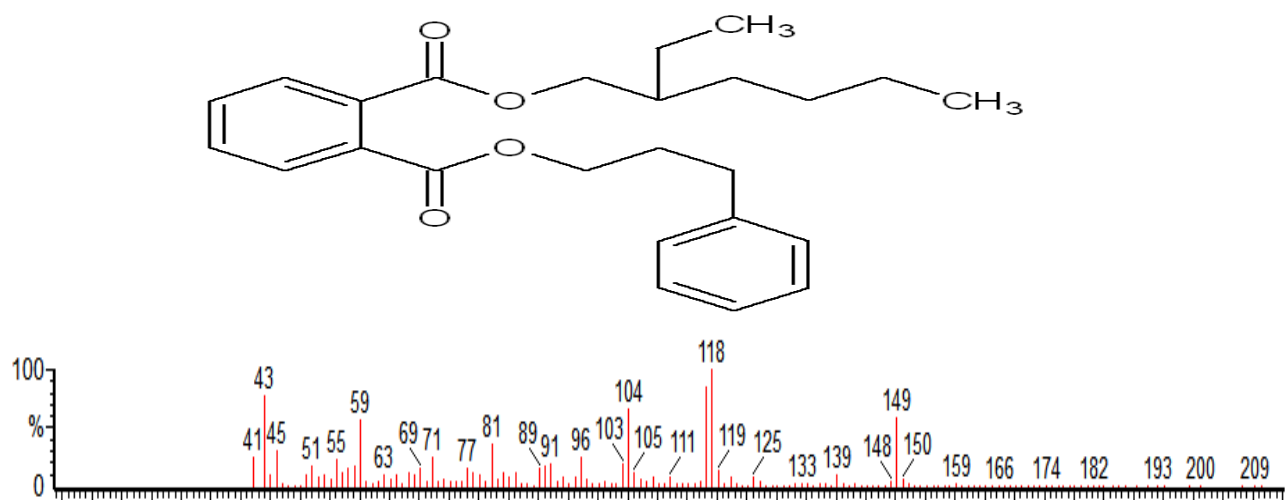


Figure 23 : spectre CG/MS de phtalate de 2-ethylhexyl, 3-phenylpropyl ester

4. 3-methyl-6-isopropylcyclohex-2-en-1-one

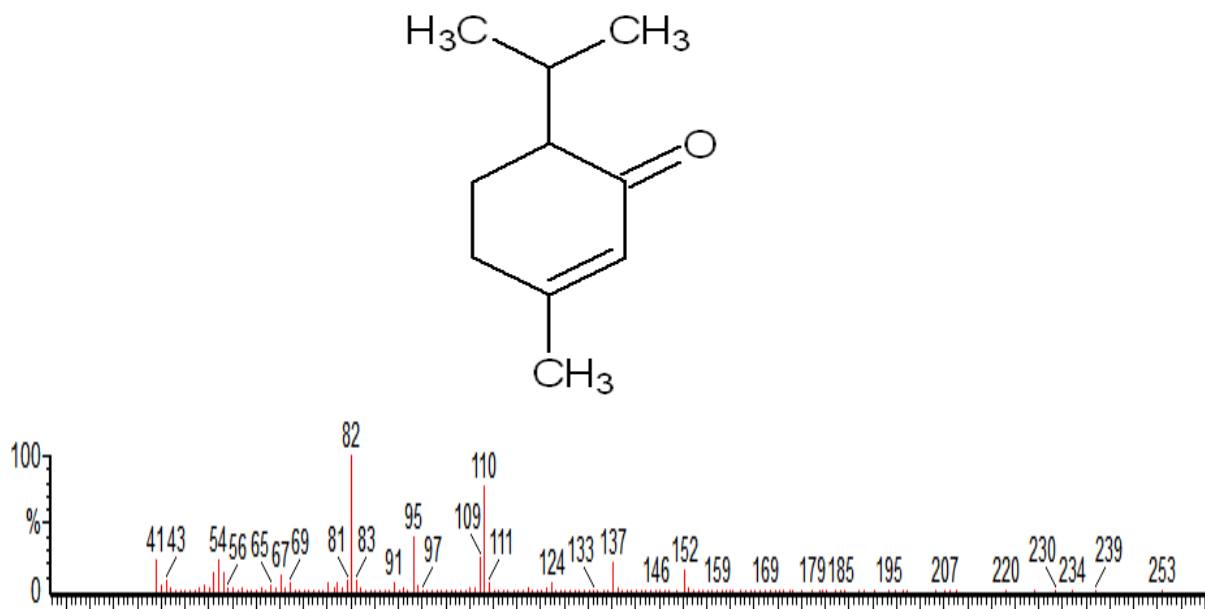


Figure 24 : spectre CG/MS de 3-methyl-6-isopropylcyclohex-2-en-1-one

5. cyclopentyl isothiocyanate

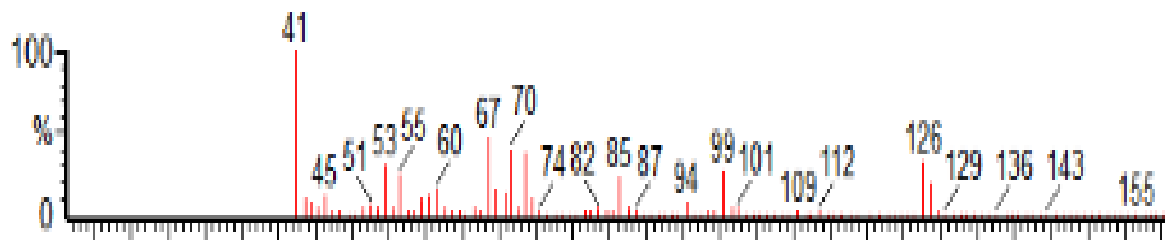
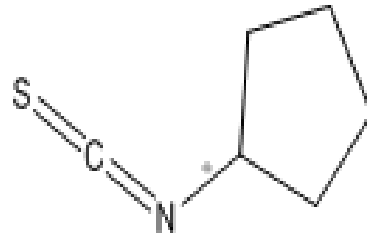


Figure 25 : spectre CG/MS de cyclopentyl isothiocyanate

Chapitre 4

Valorisation de pouvoir antioxydant

I. Introduction

Les antioxydants sont largement utilisés comme additifs alimentaires pour prévenir la détérioration des aliments. Il y a une préoccupation concernant l'effet néfaste des antioxydants synthétiques sur la santé, car ils peuvent être impliqués dans plusieurs maladies.

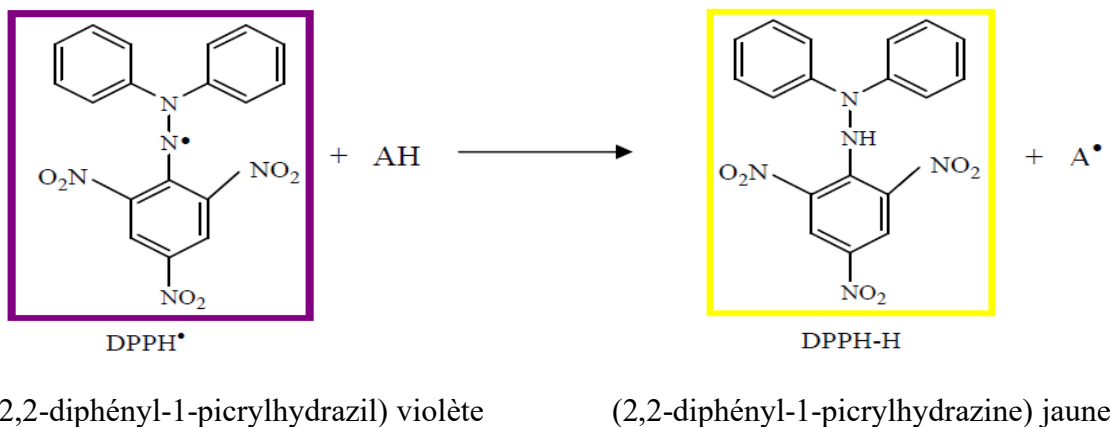
Ce sont les raisons pour lesquelles, la recherche scientifique s'est focalisée récemment sur l'investigation de nouveaux agents antioxydants d'origine végétale particulièrement les polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes et tannins) qui peuvent être des alternatives aux substances synthétiques.

II. Définition, fonction et rôle

Le DPPH· (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) est un radical libre stable de couleur violette qui, en réagissant avec une molécule antioxydante, se transforme en DPPH-H (2,2-diphényl-1-picrylhydrazine) jaune, avec perte de son absorbance caractéristique à 517 nm en UV visible. Les réactions ont lieu à température ambiante dans le méthanol ou éthanol qui permet une bonne solubilisation de la plupart des antioxydants. Ce test est rapide, facile et non coûteux.

III. Méthodes de dosage des activités antioxydants in vitro

La méthode de DPPH· est basée sur la mesure spectrophotométrique de changement de la concentration du radical DPPH résultant de la réaction de DPPH· avec un antioxydant. Au cours de la réaction, les antioxydants (donneurs de H) réagissent avec le DPPH. Par conséquent, la couleur de la solution change allant du violet au jaune pâle l'absorbance diminue, en passant de la forme radical DPPH à la forme DPPH-H. Le degré de décoloration indique le potentiel de l'activité antioxydante des extraits.



IV. Évaluation de pouvoir antioxydant

1. Mode opératoire

1 ml d'une solution méthanolique de DPPH (1mg /50ml) est mélangé avec 1ml de différentes dilutions de l'huile essentielle de la plante *Atriplex Halimus* (0,016 - 0.032 - 0.064 - 0.125 – 0,23 mg/ml). Le mélange obtenu est ensuite gardé à l'abri de la lumière (à l'obscurité) à température ambiante pendant 30 minutes. Puis l'absorbance est mesurée à 517 nm contre un témoin composé de 1ml de la solution de DPPH et de 1ml de méthanol.

La décroissance de l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre et le I(%) (Pourcentage d'inhibition) est calculé suivant la formule ci-dessous

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

A_0 : absorbance du contrôle (solution du DPPH sans extrait).

$$A_0 = 0.622$$

A : absorbance en présence d'extrait.

La réalisation de la cinétique de cette activité permet de déterminer les concentrations qui correspondent à 50 % d'inhibition (IC50); la valeur d'IC50 la plus faible correspond à l'efficacité de l'extrait la plus élevée.

2. Calcul de l'IC50

Le paramètre EC50 (Efficient concentration 50 de DPPH perdu) aussi appelée IC50 (concentration inhibitrice équivalente à 50%), est défini comme étant la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH. Le pouvoir antioxydant est déterminé de façon à ce qu'une quantité de l'extrait d'une concentration bien déterminée neutralise 50% du radical. Les résultats exprimés en IC50 qui sont calculés à partir des courbes de la variation du pourcentage d'inhibition I% en fonction de la concentration de chaque extrait. Il faut rappeler que plus la valeur d'IC50 est petite, plus l'activité antioxydant de l'extrait est grande.

Tableau 4 : Le pourcentage d'inhibition de HE de l'*Atriplex Halimus*

Concentration [C](mg/ml)	0.016	0.032	0.064	0.125	0.23
I(%) D'inhibition	46.30	46.95	51.61	55.79	59.49

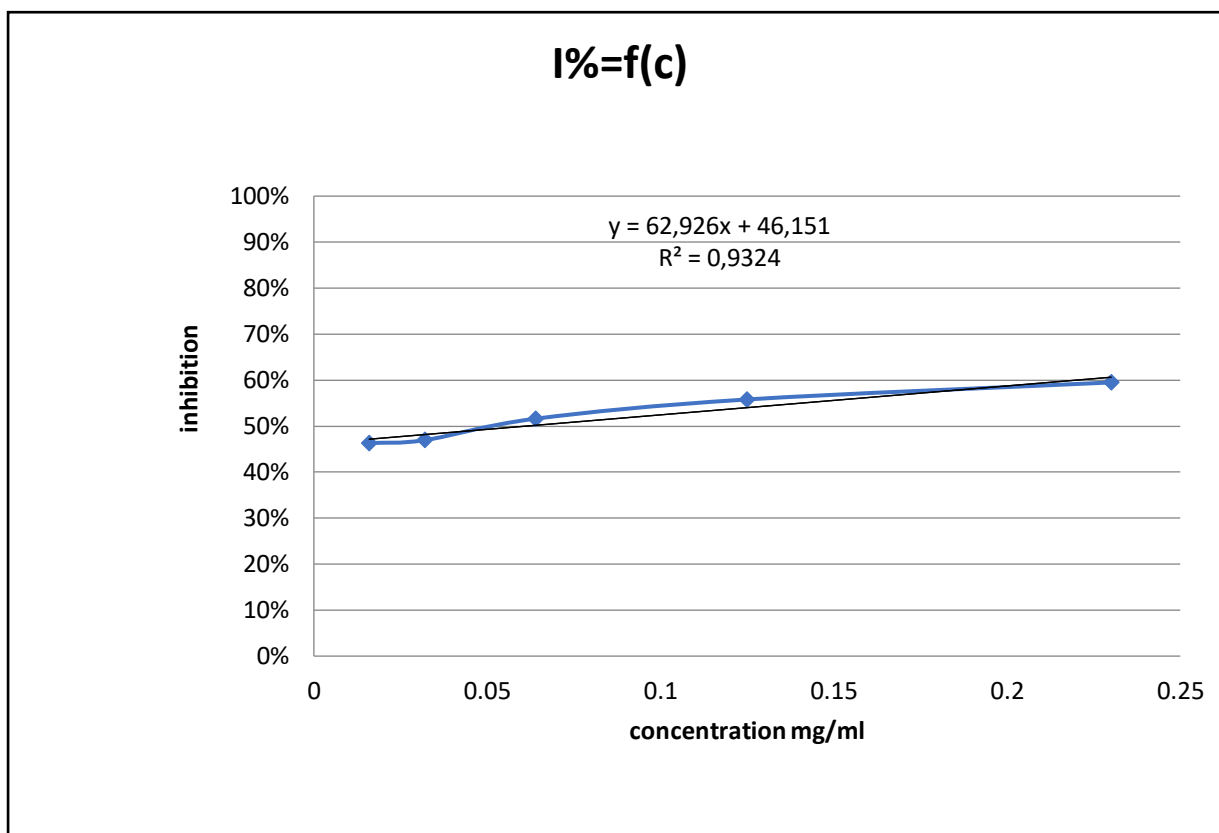
Mise en évidence de l'activité antioxydant de HE de l'*Atriplex Halimus*

Figure 26 : courbe de corrélation entre la concentration de l'huile essentielle de *Atriplex Halimus* et le pourcentage d'inhibition.

La valeur de IC50 est déduit à partir du graphe $I(\%) = f(C)$.

$$\text{IC}_{50} = 0,061\text{mg/ml.}$$

En ce qui concerne l'activité de piégeage du radical DPPH de l'huile essentielle, nous remarquons que l'huile essentielle de *Atriplex Halimus* réduit la concentration de ce radical et le rapport entre l'activité anti radicalaire et la concentration en H.E est positive et significative ($R^2=0.932$).

V. Extraction des flavonoïdes

1. Matériel végétale

Les feuilles et tiges (parties aériennes) sont séchées à l'ombre à température ambiante, puis broyées à l'aide d'un mortier. La poudre obtenue est conservée à l'abri de l'humidité jusqu'à utilisation.

2. Extraction

L'extraction a été faite dans six solvants organiques à polarité croissante, du moins polaires au plus polaires : l'hexane, le dichlorométhane, chloroforme, méthanol, acétate d'éthyle et enfin le *n*-butanol à l'aide d'un appareil de type Soxhlet.

45g de poudre végétale est introduite dans une cartouche filtrante adaptée à la dimension de l'appareillage. Le ballon contient 500ml du solvant et quelques grains de pierre ponce (afin d'hémogéniser la température du milieu).

Le processus d'extraction est résumé par l'organigramme de la figure 28



Figure 27 : Le montage d'extraction (Soxhlet)

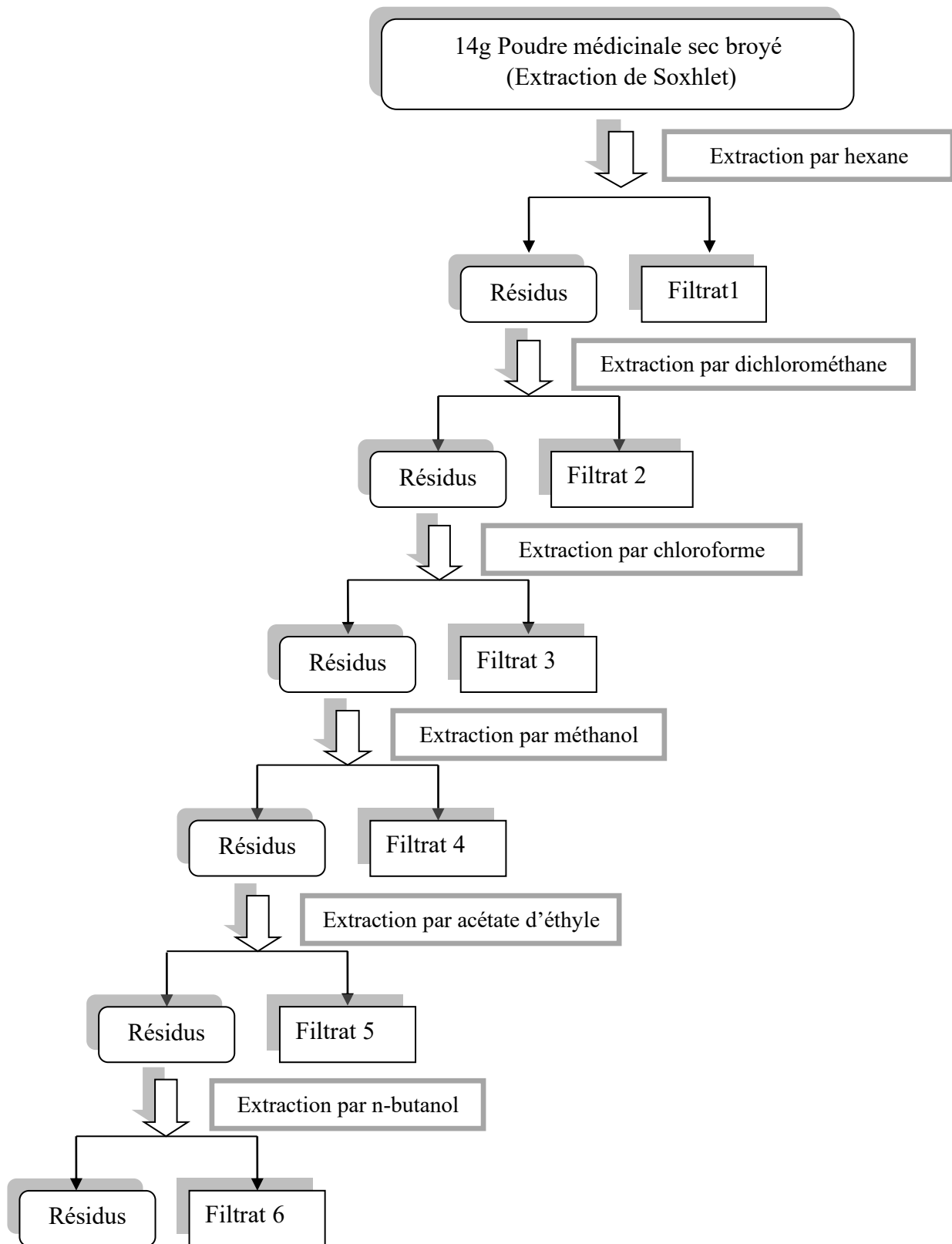


Figure 28: schéma extraction des flavonoïdes par l'appareil de Soxhlet

On obtient les masses suivantes :

• Filtrat 1 (extrait d'hexane)	m= 3.1g	6.5%
• Filtrat 2 (extrait dichlorométhane)	m= 2.18g	8.52%
• Filtrat 3 (extrait de chloroforme)	m= 2.91g	6.71%
• Filtrat 4 (extrait de méthanol)	m= 4.45g	10.55%
• Filtrat 5 (extrait d'acétate d'éthyle)	m= 2.98g	9.24%
• Filtrat 6 (extrait de n-butanol)	m= 2.35g	7.05%

Les six extraits obtenus par le Soxhlet sont ensuite concentrés à l'aide d'un évaporateur rotatif. Après dessiccation, les résidus sont pesés puis récupérés avec du chloroforme.

Les trois solvants : l'hexane, le dichlorométhane et le chloroforme ont permis d'extraire les impuretés, les molécules apolaires et surtout la chlorophylle qui risque de compliquer les épreuves chromatographiques.

3. Révélation des flavonoïdes

Une étude préliminaire phytochimique à la recherche des flavonoïdes a été effectuée sur les différents filtrats séparés (filtrat 1 à 6). Le tableau 3 suivant montre que le filtrat 6 qui possède les flavonoïdes.

Tableau 5 : résultat de recherche des flavonoïdes dans les filtrats 1-6

Filtrats	Recherche des Flavonoïdes
Filtrat1	-
Filtrat2	-
Filtrat3	-
Filtrat4	-
Filtrat5	-
Filtrat6	++

4. Chromatographie sur couche mince

Le suivi des fractions est effectué par CCM. Les plaques sont visualisées sous lumière UV (254 et 365 nm).

L'éluant utilisé :(1,2) 1ml de méthanol + 2ml de chloroforme.

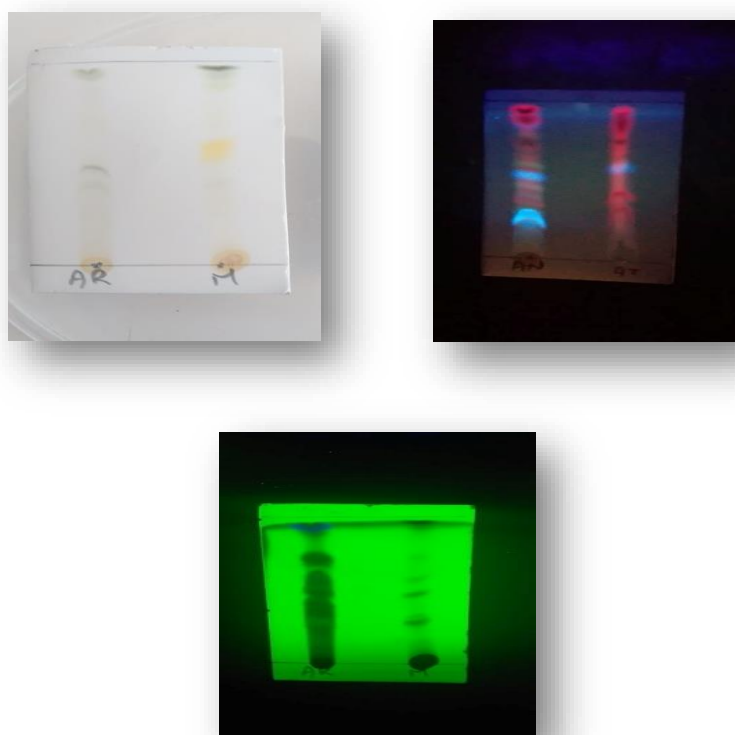


Figure 29: Chromatographie sur couche mince sous lumière UV

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

5. Calcul de l'IC50

Tableau 6 : Le pourcentage d'inhibition du filtrat 6

Concentration [C](mg/ml)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6
I(%) D'inhibition	45.78	53.06	63.53	74.89	83.45

6. Mise en évidence de l'activité antioxydant du filtrat 6

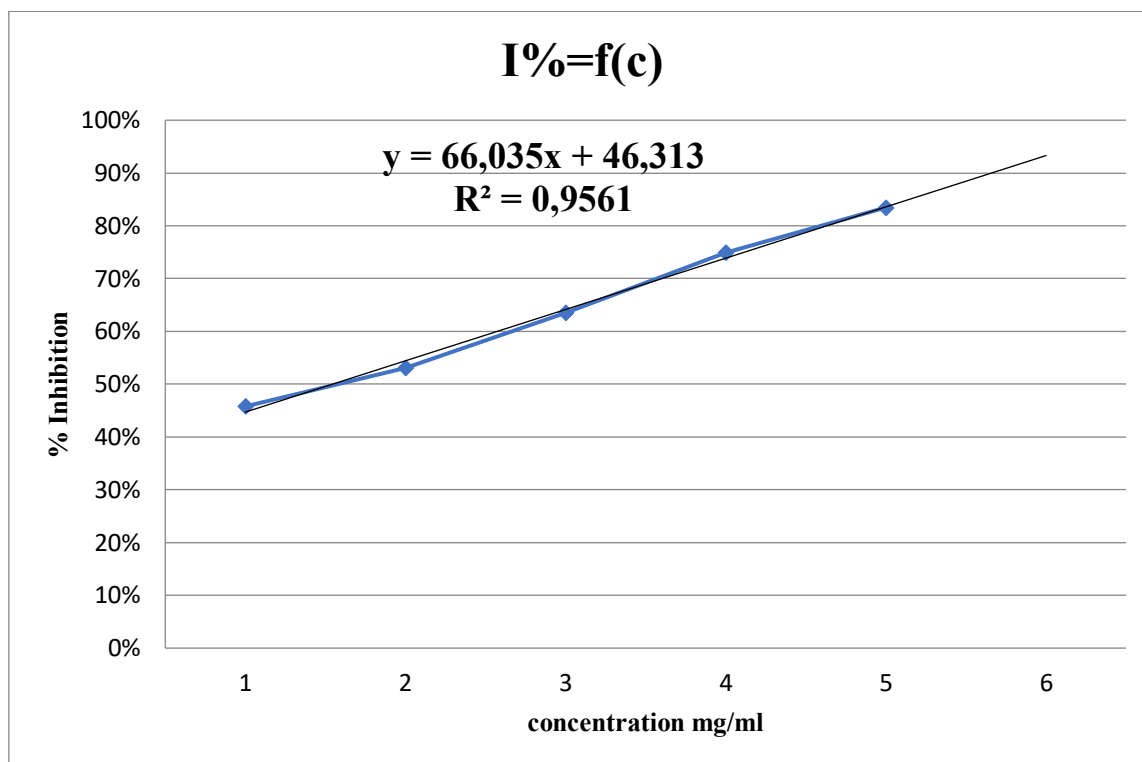


Figure 30 : courbe de corrélation entre la concentration du filtrat 6 et le pourcentage d'inhibition.

La valeur de IC50 est déduit à partir du graphe $I(\%) = f(C)$.

$$\text{IC}_{50} = 0,06\text{mg/ml.}$$

En ce qui concerne l'activité de piégeage du radical DPPH de l'huile essentielle, nous remarquons que le filtrat 6 qui contient des flavonoïdes de l'*Atriplex Halimus* réduit la concentration de ce radical et le rapport entre l'activité anti radicalaire et la concentration en H.E est positive et significative ($R^2=0.956$).

7. Courbe de l'étalonnage

Tableau 7 : Le pourcentage d'inhibition de l'acide ascorbique (vitamine C) et la quercetine

Concentration	0,002	0,004	0,006	0,008	0.01
Quercetine	29,73	44,15	56,31	70,15	79,28
Acide ascorbique	25,23	39,11	51,32	65,14	77,1

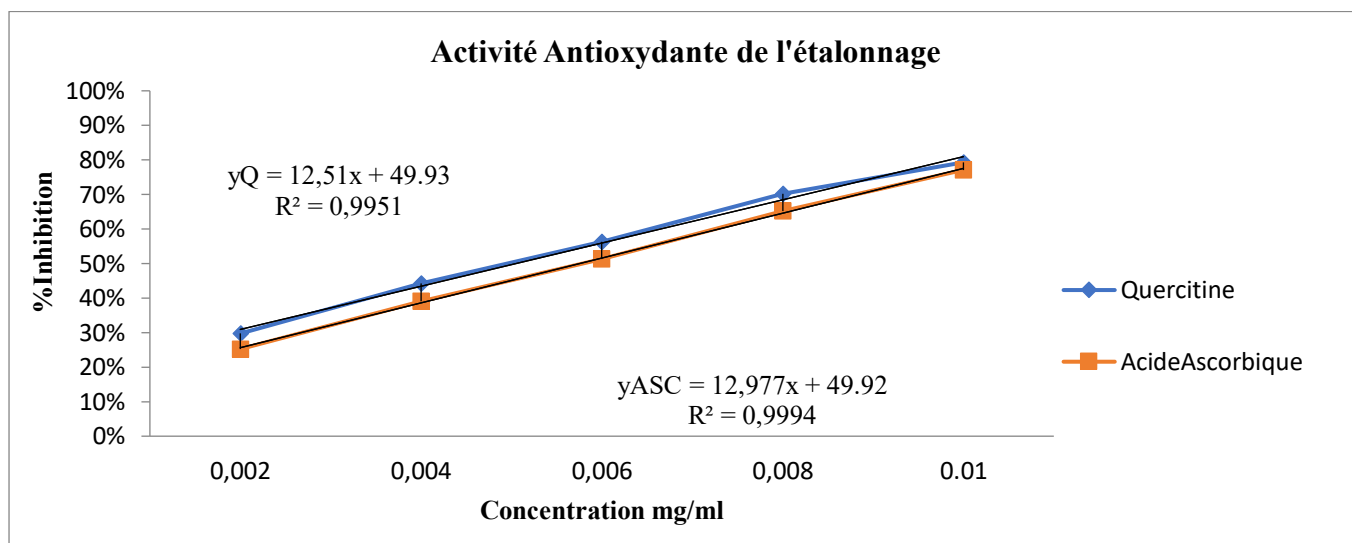


Figure 31: Test de l'activité anti-radicalaire au DPPH des vitamines C et la Quercetine .

Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydant d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide Ascorbique (vitamine C) et la Quercetine et les résultats obtenus sont très satisfaisantes.

La valeur de IC50 est déduit à partir du graphe $I(\%) = f(C)$.

IC50 Acide Ascorbique (vitamine C) :

$$IC_{50} = 0.006\text{mg/ml.}$$

IC50 Quercetine :

$$IC_{50} = 0,005\text{mg/ml.}$$

Conclusion Générale

Conclusion générale et perspectives

Au cours de la présente étude ayant pour objectif la recherche de nouveaux composés naturels à intérêt thérapeutique de la plante *Atriplex Halimus* choisie sur la base de ses larges utilisations en médecine traditionnelle locale ont fait l'objet d'un screening phytochimique afin de mettre en évidence les différents phytoconstituants présents au sein de cette plante.

L'huile essentielle de l'espèce étudiée extraite par hydrodistillation est obtenue avec un rendement quantitatif. L'application de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (CG/MS) comme moyen d'analyse, nous a permis l'identification de plusieurs composés avec des pourcentages différentes. L'analyse montre la présence de deux produits majoritaires : cyclopentyl isothiocyanate.

Les tests préliminaires réalisés sur la plante ont mis en évidence la présence des flavonoïdes, des alcaloïdes, des tanins, des coumarines, des saponosides, des Tétrahydrocannabinols, des composés réducteurs, et des mucilages.

L'évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle de l'espèce étudiée et de l'extrait flavonoïque a été abordée selon la méthode de DPPH.

Nos résultats témoignent l'activité antioxydante *in vitro* par l'inhibition du pouvoir oxydant du DPPH pour cette plante. L'IC₅₀ pour l'huile essentielle est de 0,061mg/ml, et pour l'extrait flavonoïque est de 0,06mg/ml.

L'activité antioxydante dépend essentiellement du nombre des groupements hydroxyles, leur position, et les radicaux liés au squelette moléculaire.

A la lumière de ces résultats nous pouvons mettre en évidence le pouvoir préventif de nouveaux antioxydants naturels de cette plante contre l'apparition et l'évolution de certaines maladies liées au stress oxydant.

Les résultats que nous avons dégagés peuvent confirmer la validité de l'utilisation tradi-médicinale de cette plante contre plusieurs maladies. Sa prescription chronique pour les malades pourrait éviter les complications à long terme de ces pathologies.

Références

- [1] N. Herzi. Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction par CO₂-supercritique et des méthodes conventionnelles. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse ; 2013.
- [2] E. Small., P.M. Catling. Les cultures médicinales canadiennes. Presses scientifiques du CNRC, Ottawa (Ontario) ; Canada ; 2000 ; 281.
- [3] AL-TURKIS et al., (2000) *Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii* (Chenopodiaceae) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques
- [4] LE HOUÉROU, (1992) *Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii* (Chenopodiaceae) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques
- [5] Abbad A ; El cherkaoui M ; Wahid W ; El Hadrawi A ; Benchaabane A, 2004 – Variabilité phénotypique et génétique de trois populations naturelles d'*Atriplex halimus* Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS
- [6] Ozenda P, 1983 – Flore du Sahara P225. Rahmoune. C, Maâlem. S et Bennaceur. M, 2004 – Etude comparative de rendement en matière sèche et en matière azotée totale de trois espèces de plantes steppiques du genre *Atriplex*
- [7] CHADEFAUD M ET EMBERGER L ; 1960. Traité de botanique : systématique les végétaux vasculaires. Ed Masson et Cie. Paris. Tome 2. P 1540.
- [8] Haddioui A et Baaziz M, 2008 – Genetic diversity of naturel populations of *Atriplex halimus* in Morocco : An isozymes based overview. *Euphytica* 121 : p 99-106
- [9] Garcia Camarero I ; Ingelmo F et Sotomayor M, 1996 – Implantation des arbustes paccicolas como integracion gamadera en los agro sistemas, agricultura ecologica y desarrollo rural, Il congreso de la sociedad Espanola d'agriculture ecologica, Pamplona-Iruma. Septiembre de 1996. P : 477-488
- [10] Bonnier G and Douan R, 1996 – Ha grande flore en couleur in vitro : bulletin de liaison du réseau de coopération sur l'*Atriplex halimus* N°2. Octobre 1996
- [11] Nègre. R, 1961 – Petite flore des régions arides du Maroc occidentale. Tome I, Edition CNRS Paris. P 179

Références bibliographiques

- [12] Ozenda P, 1983 – Flore du Sahara P225
- [13] Quezel, P., et Santana, S., (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale. (Ed) CNRS. Paris. P : 286-290
- [14] Pottier-alapetit, G., (1979). Flore de la Tunisie ; Angiospermes, Dicotylédones Apétales, dialypétales. Programme flore et végétation tunisienne. 1ère partie. P : 5-55
- [15] Extrait de la « petite flore des régions arides du Maroc Occidentale de R. Nègre
- [16] Berri, R., (2008). Contribution à la détermination de la biomasse consommable d'une halophyte : atriplex. Université Kasdi Merbah, Ouargla. -P : 15-19
- [17] Mâalem, S., (2011). Étude de l'impact des interactions entre le phosphore et le chlorure de sodium sur trois espèces végétales halophytes du genre *Atriplex* (*A. Halimus* A. *Nummularia* A. *canescence*). Thèse Doctorat. Université Baji Mokhtar, Annaba. P : 100
- [18] Berri, R., (2008). Contribution à la détermination de la biomasses consommable d'une halophyte : atriplex. Université Kasdi Merbah, Ouargla. -P : 15-19
- [19] Quezel, P., et Santana, S., (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale. (Ed) CNRS. Paris. P : 286-290
- [20] Aharonson Z ; Shani J ; Sulman F.G. (1969). "Hypoglycaemic effect of the salt bush (*Atriplex halimus*) – a feeding source of the sand rat (*Psammomys obesus*)", *Diabetologia*, 5, 379-383.
- [21] Bellakhdar J. (1997) . La pharmacopée marocaine traditionnelle . Médecine arabe ancienne et savoirs populaires .Ibis Press . p. 247 .
- [22] Said O ; Khalil K ; Fulder S et Azaizeh H. (2002). Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Palestine, the Golan Heights and the West Bank region . *Journal of Ethnopharmacology*, 83 ,251_265 .
- [23] Bellakhdar J. (1997) . La pharmacopée marocaine traditionnelle . Médecine arabe ancienne et savoirs populaires .Ibis Press . p. 247 .
- [24] Bellakhdar J. (1997) . La pharmacopée marocaine traditionnelle . Médecine arabe ancienne et savoirs populaires .Ibis Press . p. 247 .

Références bibliographiques

- [25] Said O ; Khalil K ; Fulder S et Azaizeh H. (2002). Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Palestine, the Golan Heights and the West Bank region . *Journal of Ethnopharmacology*, 83 ,251_265 .
- [26] Chema A. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algériens. Ed. Labo. Sys., Univ. Ouargla, pp2-3
- [27] Bellakhdar J . (1997) . La pharmacopée marocaine traditionnelle . Médecine arabe ancienne et savoirs populaires .Ibis Press . p. 247 .
- [28] Said O ; Khalil K ; Fulder S et Azaizeh H . (2000) . Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Israel , the Golan Heights and the West Bank region . *Journal of Ethnopharmacology* , 83 , 251-265 .
- [29] El Mzouri E ; Chiriya A ; El Mourid M ; Laamari A, 2000 – Improving feed resource and quality in the dryland areas of maroco by introducing the strip-alley cropping system (2) 340- 347
- [30] Le Houérou HN, 1992 – Multipurpose of fodder shrubs and trees for the rehabilitation of arid and semi-arid terrain in the Mediterranean's. *Series d'études et Recherche, N°37 d'écologie* P.134-135
- [31] EL-shantnazi, MJ., et Mohazesh, Y., M., (2000). Seasonal cheuical composition of saltbush in semiarid grasslands of Jordan j. range Manag. Vol. 53. P :211-214
- [32] Kessler, J.J., (1990). Atriplex forage as a dry sea supplementation feed sheep in the Montane Plains of the Yemen Arab Republic. *J. Arid Environments*. 19 :225-234
- [33] Le Houérou, H. N., (1980). Background and justification. In : H. N. le Houérou (ed) *Browse in Africa. The current state of knowledge* « International livestock centre for Africa. Addis Abeba)Ethiopia). P :491
- [34] VOORHEES M E, URESK D K AND TRLICA M J ; 1991. Substrate relations for rillscale on bentonite mine spoil. *Journal range manag* 44. P 34-38.], ainsi que le plomb (Pb) [KADUKOVA J, PAPADONTONAKIS N, NAXAKIS G ET KALOGEVAKIS N ; 2004. Lead accumultion by the selt-tolerant plant atriplex halimus. *Protection*
- [35] VICKERMAN D B, SHANNON M C, BANUELOS G S, GRIEVE C M AND TRUMBLE J T ; 2002. Evaluation of atriplex lines for selenium accumulation. Salt tolerance and suitability for a Key agricultural insect pest. *Envirenmental pollution* 120. P 463-473

Références bibliographiques

- [36] LUTTS S, LEFEVRE I, DELPERE C, KIVITS S, DECHAMPS C, ROBLEDO A AND CORREAL E ; 2004. Heavy metal accumulation by the halophyte species mediterranean saltbush. *Journal of environmental quality* 33. P 1271-1279
- [37] Saadi A., 1991. Régénération De Plante De Pois *Pisum Sativum L* Par Embryogénèse somatique. Thèse de doctorat. Paris Grignon 162p
- [38] Nedjimi B., Guit B., Toumi M., Beladel B., Akam A., Daoud Y. 2013 : “*Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii* (Chenopodiaceae) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques”, *Fourrages*, 216, 333-338
- [39] LeHouéron H.N. 1992. The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin : a review. *Agroforestry systems*, 18 : 2. Pp. 107-148
- [40] Nedjimi B., Guit B., Toumi M., Beladel B., Akam A., Daoud Y. 2013 : “*Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii* (Chénopodiacée) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques”, *Fourrages*, 216, 333-338
- [41] Emam S.S. 2011. Bioactive constituents of *Atriplex halimus* plant. *Journal of Natural Products*, Vol. 4, pp. 25-41
- [42] Bylka W, Stobiechi M, Frahski R. 2001. Sulphated flavonoid glycoside from leaves of *Atriplex hortensis*. *Acta Physiologia Plantarum*, 23, 285-290
- [43] Bylka W. 2004. A new acylated flavonol diglycoside from *Atriplex Littoralis*. *Acta Physiologia plantarum*, 26, 393-398
- [44] Abd El Rahman H-H, Mohamed M-I, Gehad A-E-A, Awadallah I-M. 2006. Ameliorating the anti-nutritional factor effect in *Atriplex halimus* on sheep and goats by ensiling or polyethylene glycol supplementation. *International Journal of Agriculture and biology*, 8, 766-769
- [45] Benhamou N, Atik-Bekkara F, Kadifkova-Panovska T. 2009. Antioxydant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Compte Rendus Chimie*, 12, 1259-1266
- [46] Salmani M, Gharbi D, Nait-Bachir Y, Hadj-Ziane A. 2017. Optimisation du pouvoir antioxydant de l'*Atriplex halimus* en utilisant les plants d'expériences. Séminaire national sur la chimie des matériaux. Boumerdes. Nanomatériaux & produits naturels

Références bibliographiques

- [47] Belhadj-Tahar S, Hadj-Mahammed M, Yousefi M. 2015. Etude de l'activité antioxydante des extraits phénoliques de l'Atriplex halimus L et de l'Haloxylon scoparium pomel du Sahara septentrional. *Annales des Science et Technologie*, 7, 35- 42
- [48] Chikhi I, Allali H, Dib M-A, Medjdoub H, Tabti B. 2014. Antidiabetic activity of aqueous leaf extract of Atriplex halimus L (Chenopodiaceae) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4, 181-184
- [49] Emam S-S. 2011. Bioactive of Atriplex halimus plant. *Journal of Natural products*, 4, 25-41
- [50] Walker D-J, Lutts S, Sanchez-Garcia M, Correal E. 2014. Atriplex halimus L : Its biology and uses. *Journal of Arid Environments*, 100, 11-121
- [51] Benhammou N., Atik Bekkara F., Kadifkova Panovska T. 2009. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of Atriplex halimus. *C. R. Chimie* 12 : 1259–1266
- [52] Bouchoucha M., Quezeta R. 2018. Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité hypoglycémisante et anti-hyperglycémisante de l'extrait méthanolique d'Atriplex halimus L. université des Frères Mentouri, Constantine-1-, 92p
- [53] Abd El-Rahman H.H., Mohamed M.I., Gehad A.E.A., Awadallah I.M. 2006. Ameliorating the Anti-nutritional factors effect in Atriplex halimus on sheep and goats by ensiling or polyethylene glycol supplementation. *Int. J. AgrBiol* 8 (6) : 766–776
- [54] Benhammou N., Atik Bekkara F., Kadifkova Panovska T. 2009. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of Atriplex halimus. *C. R. Chimie* 12 : 1259–1266
- [55] Shaygan M, Baumgartl T, Arnold S. 2017. Germination of Atriplex halimus seeds under salinity and water stress. *Ecological Engineering*, 102, 636-640
- [56] Mancilla-Leyton J-M, Navarro-Ramos M-J, Munoz-Valles S, Figueroa M-E, Cambrollé J. 2016. Evaluations of the potential of Atriplex halimus stem cuttings for phytoremediation of metal-polluted soils. *Ecological Engineering*, 97, 553-557
- [57] ABDERRAZAK M ET JOËL R; 2007. La botanique de A à Z. Ed. Dunod. Paris. P 177.

Références bibliographiques

- [58] LUTGE U, KLUGE M ET BAUER G; 2002. Botanique 3ème Ed : Technique et documentation. Lavoisier .Paris. P 211.
- [59] AMLAN K AND PATRA JS; 2010. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*. P 1198-1222.
- [60] CALSAMIGLIA S, BUSQUET M, CARDOZO P W, CASTILLEJOS L AND FERRET A; 2007. Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*. P 2580-2595.
- [61] COWAN M M; 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology*. P 564-582.
- [62] KAMRA D N, AGARWAL N AND CHAUDHARY L C; 2006. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compound. *International Congress Series 1293*. P 156-163.
- [63] GREATHEAD H; 2003. Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*. P 279-290.
- [64] BODAS R, LOPEZ S, FERNANDEZ M, GARCIA-GONZALEZ R, RODRIGUEZ A B ET WALLACE RJ; 2008. In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 145. P 245-258
- [65] pharm3an_pharmacognosie19-huiles_essentielles.pdf (ency-education.com)
- [66] Les huiles essentielles, intérêts et limites | NATUAL (natural-techna.com)
- [67] BAKKALI F, AVERBECK S, AVERBECK D AND IDAOMAR M; 2008. Biological effects of essential oils. *Food Chemical Toxicology*. Vol 46. P 446-475
- [68] DUDAREVA N, PICHERSKY E AND GERSHENZON J; 2004. Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiology*. Vol 135. P 1893-1902. [14] DORMAN H J D AND DEANS S G; 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*. Vol 88. P 308-316.
- [69] MAROUF A ET TREMBLIN G; 2009. *Abrégé de biochimie appliquée*. Paris. P 136-137.
- [70] BINET P ET BRUNEL J P; 2000. *Physiologie Végétale*. Tome II. Edit Doin. P 54

Références bibliographiques

- [71] pharmacognosie3an05-ph_speciale-alcaloides.pdf (ency-education.com)
- [72] Coumarine : définition et plantes médicinales (aquaportail.com)
- [73] Saponine : définition et explications (aquaportail.com)
- [74] Anton, R et Wichtel, M. Plantes thérapeutiques: traditions, pratiques officinales, science et thérapeutique. 3^{ème} édition, Ed. Françaises. Strasbourg. 1999.
- [75] Havsteen.B.H, 2002. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Pharmacol. Therapeutics, 96, 67-202. (Havsteen, 2002)
- [76] Karaali.A; Boyacioğlu.D; Güneş.G et Özçelik.B, 2004. Flavonoids in fruit and vegetables their impact on food quality, nutrition and health—STREP or CA. European commission's the 6th framework programme for research. Istanbul technical university. Turkey)
- [77] Tsimogiannins.D.I; Oreopoulou.V, 2006. The contribution of flavonoid C-ring on DPPH free radical scavenging efficiency. A kinetic approach for the 3', 4'-hydroxy substituted members. Innovat Food Sci Emerg Tech, 7: 140-146.
- [78] Flavonoïdes : ses caractéristiques et ses propriétés. (growbarato.net)
- [79] les acides phénoliques simples - Composés phénoliques et activités biologiques (123dok.net)
- [80] (Marfak, 2003) Classification des composés phénoliques - Agronomie
- [81]. Sharma, B., Viswanath, G., Salunke, R., Roy, P., 2008. Effects of flavonoid-rich extract from seeds of *Eugenia jambolana* (L.) on carbohydrate and lipid metabolism in diabetic mice. Food Chem. 110, 697-705.
- [82]. Mercader, A.G., Duchowicz, P.R., Frandez, F. M., Castro, E. A., Bennardi, D.O., Autino, J.C., Romanelli, G. P., 2008. QSAR prediction of inhibition of aldose reductase for flavonoids. Bioorgan. Med.Chem.16, 7470-7476.
- [83] Cushine, T.P.T., Lamb, A.J., 2005. Antimicrobial activity of flavonoids. Int.J.antimicrob. Ag. 26, 343-356.
- [84]. Hooper, L., Kroon, P.A., Rimm, E. B., Cohn, J.S., Harvey, I., Le Cornu, K.A., Ryder, J.J., Hall, W.L., Cassidy, A., 2008. Flavonoids, flavonoid-rich foods, and cardiovascular risk: A meta-analysis of randomized controlled trials. Am.J.Clin.Nutr. 88, 38-50.

Références bibliographiques

- [85] Lotito, S.B., Frei, B., 2006. Consumption of flavonoid-rich foods and increased plasma antioxidant capacity in humans: Cause, Consequence, or epiphenomenon *Free. Radic. Biol. Med.* 41, 1727-1746.
- [86] WANG D, TANG W AND YANG G; 2010. Anti-inflammatory, Antioxidant and Cytotoxic Activities of Flavonoids in *Oxytropis falcata* Bunge. *Chinese Journal Natural Medicines.* P 461-465.
- [87] Heller et Forkmann. 1993 ; Edenharder et Grünhage. 2003 ; W-Erdman et al. 2005
- [88] <https://Phytomag.com/Heterosides-anthraceniques>.
COTELLE N; 2001. Role of flavonoids in oxidative stress. *Curr. Top. Med. Chem* 1. P 569-590.
- [89] LIYANA-PATHIRANA C MAND SHAHIDI F; 2006. Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats *Triticum aestivum* L .And their milling fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86. P 477-485
- [90] HALLIWELL B; 1994. Free radicals and antioxidants. *Nutr. Rev* 52. P 253-265
- [91] GONZALEZ-GALLEGO J, SANCHEZ-CAMPOS S AND TUÑÓN M J; 2007. Anti-inflammatory properties of dietary flavonoids. *Nutrición hospitalaria* 22. P 287-293.
- [92] KIM H P, SON K H, CHANG H W AND KANG S S; 2004. Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular action mechanisms. *Journal of Pharmacological Sciences* 96. P 229-245.
- [93] Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Rizner Hras, A., Simonic, M. and Knez, Z. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89: 191-198.
- [94] Cowan, M. M. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. Vol. 12, No. 4, p.564-582, 1999.
- [95] VILLAR A, GASCO MA, ALCARAZ MJ; 1987. Some aspects of the inhibitory activity of hypolaetin-8-glucoside in acute inflammation. *Journal of Pharmacology* 39. P 502.
- [96] DI CARLO G, MASCOLO N, IZZO A A AND CAPASSO F; 1999. Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Review. Life Sci* 65. P 337.
- [97] R .Vrijssen , L . M . Van Hoof ., A. J . Vlietinck., D. A Vanden Berghe and A. Boeye., (1987) " The poliovirus induced shut-off of cellular protein synthesis persists in the presence of flavonoide" . Vol 7(1), pp 35-42.

Références bibliographiques

- [98] M Houmani.,(1988) "Actualité scientifique Biotéchnologie Amélioration des plantes et sécurité Alimentaire" , Collection universités francphone ED ESTM , paris. Vol1 , pp 175-176
- [99] Ghedira, K. (2005). Les flavonoides : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 4 : 162-169.
- [100] Kähköen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J., Pihlaja, K., Kujala, T. S. and Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J of Agricultural Food Chemistry*, 47: 3954-3962.
- [101] Scalbert, A., Morand, C., Manach, C., and Remesy, C. (2002). Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomed. Pharmacother.* 56:276-282.
- [102] Utilisation d'Atriplex et les domaines d'applications (123dok.net)
- [103] Cuvier, *Anat. comp*, t. 1, 1805, p. 134
- [104] *Encyclop. méthod. Méd.t.* 51792
- [105] *Encyclop. méthod. Méd.t.* 51792