

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعيدة الدكتور مولاي الطاهر

Université de Saida Moulay Tahar



كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Laboratoire de Biotoxicologie, Pharmacognosie et Valorisation biologique des Plantes



N° d'ordre

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master En Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Thème

**Contribution à l'étude de l'activité antioxydante et de l'effet bio insecticide
de l'extrait de la plante *Atriplex halimus***

Présenté par :

▪ Mme. Ghomid Assia

Soutenu le :

Président	Mr. SAIDI Abdelmoumen	MCB, Université de Saida Dr. Moulay Tahar
Examinatrice	Mme. HADJADJ Hassina	MCA Université de Saida Dr Moulay Tahar
Rapporteur	Mr. KEFIFA Abdelkrim	MCA Université de Saida Dr. Moulay Tahar
Invitée	Me. AMMOUR Fatima	Docteur Vétérinaire

Année universitaire 2023-2024

Dédicaces

A Ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, et qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Particulièrement à mon mari, qui m'a beaucoup soutenu et a m'encouragé à finir mes études.

A mes chers parents, m'ont donné la force d'arriver jusqu'au bout de ce travail. Que Dieu vous garde longtemps à nos côtés.

A mon adorable fils Youcef, que Dieu le protégé.

A Mes chères sœurs et frères, Vous avez contribué de près ou de loin à la réussite dans mes études. Vous avez su manifester votre amour envers moi. Que Dieu vous comble de ses grâces.

A mes neveux « Yacine, Nadir, Yasser, Hadj, Radwen Inass, Issame ».

A toutes mes amies proches « Amira, Dalila Nadjjet, Houria, Ikram, Imen ... » qui ont partagé toujours une partie de ma vie. Merci pour votre gentillesse, votre tendresse et vos grands cœurs.

Remerciements

Je remercie mon encadreur Mr Keffifa pour son soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche et tous les membres du jury, qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir examiner ce mémoire et de l'avoir lue avec beaucoup d'intérêt.

Je remercie très vivement Mr BOUDOY Farouk pour son aide précieuse.

Enfin je tiens à remercier tous ceux qui m'ont facilité la tâche pour faire aboutir ce travail.

Liste des abréviations

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil.

EC50 : la concentration de substrat qui cause la perte de 50% de l'activité.

DL50 : La dose létale médiane, la dose de substance causant la mort de 50 % d'une population animale donnée.

E. : Extrait.

Nc : nombre d'insectes présents sur le demi disque traité avec l'eau distillée.

Nt : nombre d'insectes présents sur le demi disque traité avec de l'extrait éthanolique ou aqueux.

PR% : Le pourcentage de répulsion.

R% : pourcentage des rendements d'extraction.

EAG/gMS : équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche.

EQ/g MV : équivalent de catéchine/g du matériel végétal sec

Liste des tableaux :

Tableau	Page
Tableau 1 : La classification botanique de l'espèce <i>Atriplex halimus</i> .	05
Tableau 2 : Répartition des espèces d' <i>Atriplex Halimus</i> dans le monde.	07
Tableau 3 : Teneur en matière sèche et composition chimique des feuilles vertes d' <i>Atriplex halimus</i> en de la MS.	09
Tableau 4 : La position systématique du <i>Tribolium castaneum</i> .	15
Tableau 5 : Pourcentage de répulsion selon le classement de (Mc Donald et al., 1970).	29
Tableau 6 : Les caractéristiques des divers extraits étudiés.	33
Tableau 7 : Rendements, teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes des divers extraits étudiés.	36
Tableau 8 : Résultat du test Antioxydant exprimant la concentration efficace 50% en mg/ml.	39
Tableau 9 : Résultats de tests d'activité répulsive de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex halimus</i> .	43
Tableau 10 : Résultats de tests d'activité répulsive de l'extrait éthanolique d' <i>Atriplex halimus</i> .	44
Tableau 11 : Résultats de tests de toxicité de contact de l'extrait aqueux d' <i>Atriplex. halimus</i> .	45
Tableau 12 : Résultats de tests de toxicité de contact de l'extrait éthanolique d' <i>Atriplex halimus</i> .	46
Tableau 13 : Le matériel et les produits utilisés.	Annexe

Liste des figures :

Figure	Page
Figure 1 : <i>Atriplex halimus</i> .	05
Figure 2 : Différentes parties d' <i>Atriplex halimus</i> .	06
Figure 3 : Distribution de l' <i>Atriplex halimus</i> dans l'Algérie.	08
Figure 4: <i>Tribolium castaneum</i> .	14
Figure 5: Cycle de vie de <i>Tribolium castaneum</i> .	16
Figure 6: carte administrative de la wilaya de Saïda.	20
Figure 7 : Récolte et préparation de poudre végétale d' <i>Atriplex halimus</i> dans la région d'Ain Skhouna.	21
Figure 8 : Schéma de l'extracteur Soxhlet.	22
Figure 9 : Les étapes de préparation de l'extrait de la plante d' <i>A. halimus</i> .	23
Figure 10 : Obtention de l'extrait aqueux sec d' <i>Atriplex halimus</i> .	24
Figure 11 : Mécanismes de piégeage du DPPH par un antioxydant (AH).	26
Figure 12 : Incubation des <i>Tribolium castaneum</i> .	27
Figure 13 : Test de toxicité par contact de l'extrait aqueux de la plante <i>Atriplex halimus</i> effectué sur <i>Tribolium castaneum</i> adulte.	28
Figure 14 : Test de toxicité par contact de l'extrait éthanolique de la plante <i>Atriplex halimus</i> effectué sur <i>Tribolium castaneum</i> adulte.	28
Figure 15 : Test répulsif des extraits de la plante <i>Atriplex halimus</i> effectué sur <i>Tribolium Castaneum</i> .	30
Figure 16 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols.	35
Figure 17 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.	36
Figure 18 : Les représentations graphiques (% inhibition =f(C)) du test de DPPH des extraits étudiés et de la vitamine C.	38
Figure 19: Résultat de test répulsif de l'extrait éthanolique de la plante <i>Atriplex halimus</i> effectué sur <i>Tribolium castaneum</i> .	41
Figure 20: Résultat de test répulsif de l'extrait aqueux de la plante <i>Atriplex halimus</i> effectué sur <i>Tribolium castaneum</i> .	42
Figure 21 : Résultat de tests de toxicité de contact des extraits de la plante <i>Atriplex halimus</i> effectués sur <i>Tribolium castaneum</i> .	45

Résumé

Atriplex halimus connue sous le nom vernaculaire « Guettaf » est une plante de la famille des Amaranthacées récoltée au nord d'Algérie (wilaya de Saida – zone Sekhouna-), largement utilisée en médecine traditionnelle algérienne et prouvant ses bienfaits dans différents domaines. Dans le présent travail deux extraits ont été préparés, à partir des feuilles de cette plante : l'un organique éthanolique et l'autre aqueux. Les rendements en extraits brutes secs sont de l'ordre de 1.75% et 1.40% respectivement. L'estimation quantitative des flavonoïdes et des polyphénols totaux par la méthode colorimétrique a montré une teneur appréciable des polyphénols qui est de l'ordre de 27.68mg/g contenu dans l'extrait éthanolique et de 22.47mg/g contenu dans l'extrait aqueux de la plante. Alors que les flavonoïdes représentent respectivement 17.5% et 37% de ces polyphénols.

L'évaluation du pouvoir antioxydant qui a été réalisée en utilisant la méthode du piégeage du radical libre DPPH a indiqué que l'extrait éthanolique possède un pouvoir antioxydant modéré et supérieur à celui de l'extrait aqueux mais relativement faible que celui de l'acide ascorbique.

L'étude de la toxicité des extraits de l'*Atriplex halimus* sur les adultes de l'insecte *Tribolium castaneum* ont montré une toxicité particulière avec un pourcentage de mortalité entre 85 et 100% traités par les extraits éthanolique et aqueux respectivement à une dose de 10% prouvant le fort pouvoir insecticide de ces extraits.

Mots clés : *Atriplex halimus*, extrait, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, effet bio insecticide, *Tribolium*.

Abstract

Atriplex halimus (Amaranthaceae family) commonly called « Guettaf » is widely used in traditional Algerian medicine and proving its benefits in different areas. In the present study, two dry extracts were prepared from the leaves of this species: the first one is ethanolic and the second is aqueous. Yields are respectively 1.75% et 1.40%. The quantitative estimation of flavonoids and total polyphenols by the colorimetric method showed an appreciable content of polyphenols which is of the order of 27.68 mg/g contained in the ethanolic extract and 22.47 mg/g contained in the aqueous extract of the plant. While flavonoids represent respectively 17.5% and 37% of these polyphenols.

Assessment in vitro antioxidant activity using a 2,2-diphenyl-bpicrylhydrazyl (DPPH) assay showed the ethanolic extract has a moderate antioxidant power greater than that of the aqueous extract. However, this activity is less inferior to ascorbic acid.

The study of the toxicity of extracts of *Atriplex halimus* on adults of the insect showed a particular toxicity with a mortality percentage between 85 and 100% treated with the ethanolic and aqueous extracts respectively at a dose of 10% proving the strong insecticidal power of these extracts.

Keywords: *Atriplex halimus*, extract, polyphenols, flavonoides, antioxidant activity,

Bio insecticide, *Tribolium*.

ملخص

Atriplex halimus المعروف بالاسم العامي "القطف" هو نبات من عائلة القطفيات تم قطفه من شمال الجزائر (ولاية سعيدة، منطقة السخونة)، يستخدم على نطاق واسع في الطب الجزائري التقليدي وأثبت فوائده في مجالات مختلفة. في هذا العمل تم تحضير مستخلصين من أوراق هذا النبات: أحدهما إيثانولي عضوي والآخر مائي. مردودية مستخلصات الخام الجاف 1.75% و 1.40% على التوالي. أظهر التقدير الكمي للفلافونويدات والبولىفينول بطريقة قياس اللونية قيم جيدة من البولىفينول وهي في حدود 27.68 مغ/مل الموجودة في المستخلص الإيثانولي و 22.47 مغ/مل الموجودة في المستخلص المائي للنبات. بينما تمثل مركبات الفلافونويد على الترتيب 17.5% و 37% من هذه البولىفينول. أظهر التقييم في نشاط مضادات الأكسدة في المختبر باستخدام اختبار (DPPH) أن المستخلص الإيثانولي لديه قوة مضادة للأكسدة معتدلة لكن أكبر من قوة المستخلص المائي. ومع ذلك، فإن هذا النشاط أقل شأنًا من حمض الاسكوربيك. كما أظهرت الدراسة سمية مستخلصات *Atriplex halimus* على بالغات حشرة *Tribolium castaneum* فعاليتها حيث بلغت نسبة القضاء ما بين 85 و 100% عند معاملتها بالمستخلصين الإيثانولي والمائي على الترتيب بتركيز 10% مما يثبت الفعالية القوية لهذه المستخلصات و كفاءتها كمبيدات.

الكلمات المفتاحية: *Atriplex halimus*، *Tribolium castaneum*، مضاد الأكسدة، مبيد عشبي، مستخلص، البولىفينول، الفلافونويدات

Table des matières :

Dédicace	
Remerciements	
RESUME	
ABSTRACT	
مُلَخَّص	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABREVEATIONS	

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1- Introduction générale	2
CHAPITRE I : GENERALITE SUR <i>ATRIPLEX HALIMUS</i>	
1- Définition	5
2- Nom scientifique et vernaculaire	5
3- Systématique	5
4- Description botanique et morphologique de la plante	6
5- Répartition géographique de la plante	7
5.1- Dans le monde.....	7
5.2- En Algérie	7
6- Ecologie de la plante.....	8
7- Composition chimique de la plante.....	9
8- Intérêts de la plante	9
8.1- Intérêt agronomique.....	9
8.2- Intérêt écologique.....	10
8.3- Intérêt économique.....	11
8.4- Intérêt médical.....	11
8.5- Travaux antérieurs.....	12
9- Intérêts de la plante	12

CHAPITRE II : APERÇU BIOLOGIQUE SUR TRIBOLIUM CASTANEUM

10- Généralités sur Tenebrionidae	14
11- Description de l'espèce <i>Tribolium castaneum</i>	14
12- Systématique de <i>Tribolium castaneum</i>	15
13- Origine et répartition	15
14- Cycle de développement de <i>Tribolium castaneum</i>	15
15- Cycle de vie de <i>Tribolium castaneum</i>	16
16- Régime alimentaire et dégâts.....	16
17- Les ennemis naturels.....	16
18- Les moyens de lutte	16
18.1- Lutte préventive	16
18.2- Lutte physique	17
18.3- Lutte chimique.....	17
18.4- Lutte biologique	17

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

Les étapes de l'étude	19
1- La zone de récolte	19
2- Matériel végétal	20
3- Extraction	21
3.1- Préparation de l'extrait alcoolique de l' <i>Atriplex Halimus</i> (Soxhlet)	21
3.2- Préparation de l'extrait aqueux de l' <i>Atriplex Halimus</i>	24
4- Evaluation de l'activité antioxydante	25
4.1- Dosage des phénols totaux.....	25
4.2- Dosage des flavonoïdes.....	25
4.3- Activité antioxydante	25

5- Evaluation de l'activité biopesticide (insecticide).....	27
5.1- Technique d'élevage.....	27
5.2- Test toxicologique	27
5.3- Test répulsif	29

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

1- Rendements des extractions	33
2- Dosage des phénols totaux et flavonoïdes	34
3- Evaluation de l'activité antioxydante.....	37
4- Résultats de l'évaluation de l'activité biopesticide (insecticide)	41
4.a- Tests d'activité répulsive contre <i>Tribolium castaneum</i>	41
4.b- Tests de toxicité de contact contre <i>Tribolium castaneum</i>	45
Conclusion	48

Références

Annexe

INTRODUCTION

Introduction

Au cours des dernières années, l'homme cherche à développer des alternatives naturelles aux conservateurs synthétiques dont leur utilisation a augmenté d'une façon alarmante malgré leurs effets néfastes.

De multitudes travaux ont démontré l'incroyable efficacité des matières végétales (extrait, huiles essentielles etc.) comme substituts à ces substances synthétiques et dotés de pouvoir antioxydant, antimicrobien et biopesticide.

Les insectes présents dans les denrées stockées, jouent un rôle crucial dans la propagation des maladies des céréales stockées.

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), 35% de la production agricole mondiale est perdue en raison des insectes ravageurs. Les céréales conservées sont fréquemment vulnérables à de nombreuses attaques de divers insectes ravageurs qui se spécialisent dans les denrées conservées. Ces parasites entraînent des pertes remarquables en diminuant la qualité et la quantité des produits conservés. (Bouchra, 2023)

Parmi les ravageurs graves des denrées alimentaires (céréales, légumineuses et autres produits stockés) ; à travers le monde ; le coléoptère *Tribolium castaneum* autrement appelé le ver rouge de la farine, est cosmopolite et polyphage ravageur (Mahroof et al., 2012).

L'utilisation de plantes comme source de pesticides est relatée par nombreuses études et de plusieurs chercheurs (Regnault-Roger et al., 1993). A cet effet, la recherche scientifique dans ce domaine est orientée en particulier vers les molécules naturelles extraites des plantes afin d'avoir de nouvelles substances bio-insecticide (Kim et al. 2003) à savoir la fraction bioactive issus des huiles essentielles (HE) des plantes et qui constituent, d'après Lahlou (2004), un moyen efficace de lutte naturel contre les organismes nuisible.

En effet, beaucoup d'études ont été réalisées dans le but d'évaluer l'effet insecticide des huiles essentielles de différentes plantes, et dans cette optique s'inscrit notre travail de recherche qui a comme objectif principal est de caractériser les profils chimiques des extraits de la plante *Atriplex halimus*, qui est une espèce végétale très abondante en Algérie et connue pour ses divers profits grâce à ces métabolites secondaires tels que les polyphénols et les flavonoïdes, pour son pouvoir antioxydante, ainsi d'évaluer son efficacité en tant que bio insecticides et

conservateurs des denrées stockées contre les principaux ravageurs en particulier le *Tribolium castaneum*.

Par conséquent, notre travail se compose de trois parties :

❖ La première partie porte sur une revue bibliographique à propos *Atriplex halimus* et son utilisation ainsi qu'un aperçu biologique sur l'insecte ravageur *Tribolium castaneum*.

❖ La deuxième partie traite est consacrée à la description du protocole expérimental adopté pour l'évaluation du taux des polyphénols et les flavonoïdes ainsi que l'étude de l'activité antioxydante et l'activité insecticide (l'action répulsive et toxique des extraits de la plante).

❖ La troisième partie traite les résultats obtenus, et finalement, on termine par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats les perspectives au futur.

Chapitre I :

Généralité sur la plante

« Atriplex halimus »

1. Définition :

L'*Atriplex* appartenant 417 espèces est un arbuste à la famille des Amaranthacées, et il y a environ dont 48 vivent en région méditerranéenne (Figure 1) (Le Houérou, 1992).



2. Nom scientifique et vernaculaire :

En Arabe : l'*Atriplex halimus* est connu à l'Ouest Algérien et au Maroc sous le nom de « Chenane », «Guettaf», «Aramass» (Quèzel et Santa, 1963). «Hachichat Ezzaj», «Ghassoul» et «Aachebi» selon Halimi (1997) ;

Figure 1 : *Atriplex halimus* (Chikhi, 2013)

En Français : Arroche halim ou Pourpier de mer (Al-Turkiset *al.*, 2000), Arroche maritime, Arroche sauvage (Picard *et al.*, 1982), épinard de mer, Blanquette (Belarbi, 2018) ;

En Anglais : Tree Purslane, Mediterranean Saltbush (Marilena, 2019), Saltbush (Ortiz-Dordaet *al.*, 2005), Roghaata, Cap saltbush, Brakbos, Brak vaalbos, Soutbos, Vaalbosse, Aalbark (Anonyme, 2000).

3. Systématique :

La classification botanique de l'espèce *Atriplex halimus* L. dans le règne végétal est la suivante : (Tableau 1) (Quèzel et Santa, 1962 ; Dupont et Guignard, 2007).

Règne	Végétale
Embranchement	Spermaphytes ou Phanérogames
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Apétales (Préastéridées)
Ordre	Caryophyllales (Juss. et Bercht 1820)
Famille	Amaranthaceae (ancienne appellation Chenopodiaceae)
Sous-famille	Chenopodioideae (Burnett. 1835)
Tribu	Atripliceae (Duby 1828)
Genre	<i>Atriplex</i>
Espèce	<i>Atriplex halimus</i> L. (1753)

4. Description botanique et morphologique de la plante :

Atriplex halimus est une plante halophyte très ramifié d'une hauteur de 1 à 3 m, formant des touffes pouvant atteindre 1 à 3 m de diamètre, elle présente une photosynthèse C4 qui lui permet un métabolisme à haut rendement photosynthétique. Elle est composée d'une racine principale de 50 à 90 cm de profondeur, ainsi que de quelques racines secondaires (Figure 2a) (Le Houérou, 1992). Les tiges d'*Atriplex halimus* sont ligneuses et très ramifiées (Bonnier et Douin, 1996). Généralement, elles sont bien dressées et se termine par une touffe rectangulaire de couleur blanche grisâtre (Figure 2b) (Duperat ,1997). Les feuilles sont durables de 2 à 6 cm de long, elles sont alternées, pétiolées, de forme ovale, de couleur vert argentée, plus au moins charnues, luisantes, recouvertes de poils vésiculaires et très riche en sels (Figure 2c) (Duperat ,1997). Tandis que les fleurs sont monoïques jaunâtres. Selon (Talamali et al., 2003), il existerait deux architectures florales de base : l'une est constitué de fleurs mâles et l'autres de fleurs femelles. A partir de ces de types, des fleurs bisexuées peuvent apparaitre (Figure 2d). Les graines sont verticales de 2mm de diamètre environ de couleur brun foncé et elles sont entourées de péricarpe membraneux (Figure 2e) (Neigre, 1961 ; Baba Sidi-Kaci, 2010). Les fruits sont composés par deux bractéoles, ils sont arrondis, lisses ou tuberculeuse, droite ou recouvertes (Figure 2f) (Ozenda, 1983).

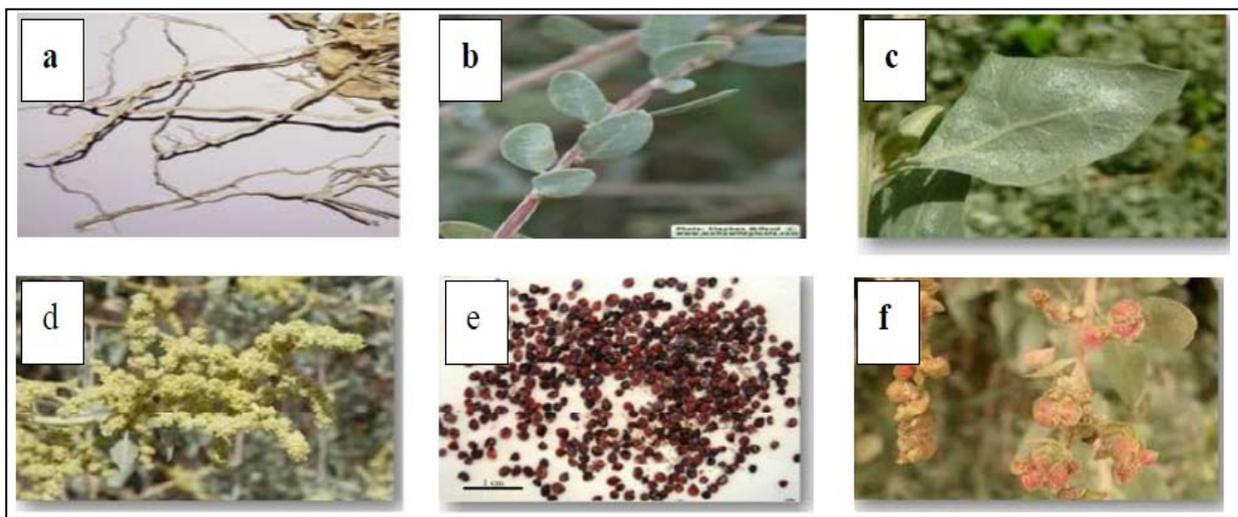


Figure 2 : Différentes parties d'*Atriplex halimus*,

(a): racines (Le Houérou, 1992) ; (b): tige (Bonnier et Douin,1996); (c): feuille (Duperat,1997); (d) : fleure (Talamali et al., 2003) ; (e) : graine (Neigre, 1961 ; Baba Sidi-Kaci, 2010) ; (f) : fruit (Ozenda, 1983).

5. Répartition géographique de la plante :

5.1. Dans le monde :

Atriplex halimus est distribué de la région méditerranéenne à l'Asie occidentale, y compris le Sud du Portugal, la France, le Sud et Est de l'Espagne (les îles Canaries), l'Italie, la Grèce, Malte, la Turquie, Chypre, Israël, la Syrie, le Liban, Jordanie, Tunisie, Maroc, Algérie, Libye, Égypte et Arabie saoudite (Walker et al., 2014).

Tableau 2 : Répartition des espèces d'*Atriplex Halimus* dans le monde (Houérou, 1992).

Pays ou régions	Nombre d'espèce et/ou sous-espèce	Pays ou régions	Nombre d'espèce et/ou sous-espèce
Australie	78	Californie(Mexique)	25
Bassin-méditerranéen	50	Afrique du nord	22
Europe	40	Texas	20
Proche Orient	36	Afrique du sud	20
Mexique	35	Iran	20
Argentine	35	Syrie	18
Californie	32	Palestine & Jordanie	17
Chili	30	Algérie & Tunisie	17

5.2. En Algérie :

L'Algérie possède une flore riche et diversifiée, *Atriplex halimus* est spontané dans les sols bioclimatiques semi-arides et arides. Les plus grandes superficies correspondent aux zones dites steppiques (Tébessa, Batna, M'sila, Boussaâda, Biskra, Djelfa, Tiaret, Saida) (Benrebiha, 1987 ; Chahma, 2006). Les chotts (lacs salés et sebkhas) sont les spots les plus préférentiels de cette plante.

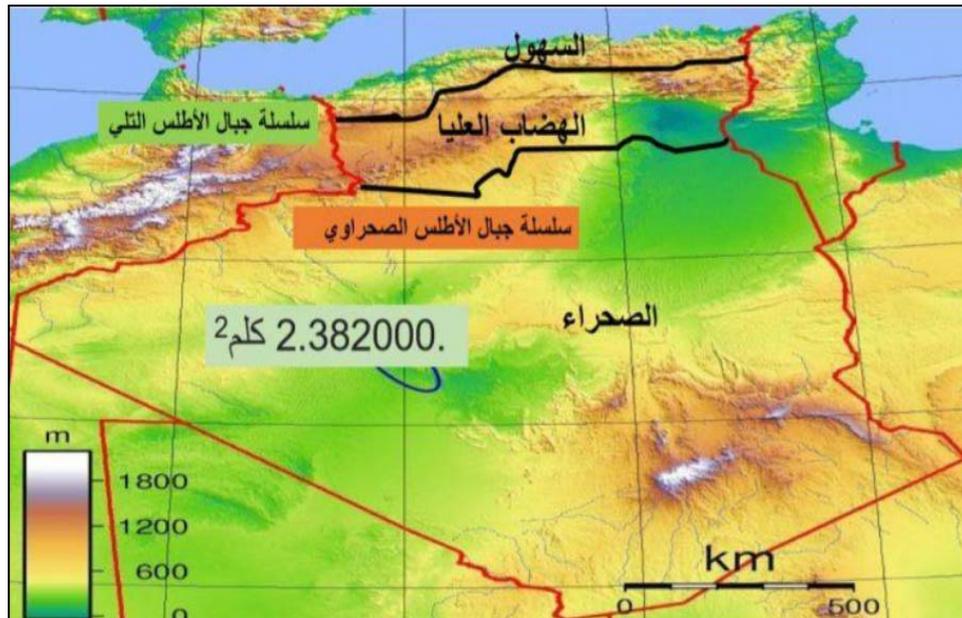


Figure 3 : Distribution de l'*Atriplex halimus* dans l'Algérie

6. Ecologie de la plante :

Les *Atriplex* sont des espèces qui poussent dans des conditions extrêmes. L'espèce *Atriplex halimus* s'accommode à divers types de sols (Pouget, 1971), les sols limoneux (Froment, 1972), sableux (Killian, 1953), argileux, marneux, gypseux, calcaires, hydromorphes et salés (Vilax, 1963) avec un pH neutre ou alcalins (pH 7 à 11) (Walker *et al*, 2014). Elle se développe mieux dans les sols qui présentent une teneur élevée en sel sur laquelle peu d'espèces peuvent se développer (Belarbi, 2018). Sa présence dans les zones minières contaminées par les métaux lourds (Lutts *et al*, 2004) indique sa tolérance à la toxicité du métal (Cibils *et al*, 1998).

Sur le plan climatique *Atriplex halimus* est adaptée aux zones aride et semi-aride ayant des étés à très forte intensité lumineuse et température, dont la température optimale moyenne est autour de 35 °C (Streb *et al*, 1997), mais elle peut aussi résister bien aux gelées jusqu'à des minimas en janvier voisins de -12 °C notamment dans les hautes plaines steppiques de l'Algérie (Le floch, 1989). Cette espèce peut même se développer sous faible précipitations annuelles (100 à 600 mm/an) et à forte évapotranspiration potentielle (Le Houérou, 1992). Selon Anonyme (2000), elle peut survivre entre une et plusieurs années sans pluies sur une large variété de sols et pourra tolérer des sols pauvres et peu profonds.

7. Composition chimique de la plante :

La composition chimique de l'*Atriplex halimus* dépend de plusieurs paramètres tels que le climat, l'âge de la plante et la saison (Abbad *et al*, 2004). L'*Atriplex halimus* renferme des composés tels que les tanins, les flavonoïdes, les saponines, les alcaloïdes, les acides gras, les stérols, les acides aminés et les sucres (Hadjadj *et al.*, 2015 ; Chikhi *et al.*,2014). Elle est riche aussi en fibres alimentaires (cellulose), protéines, vitamines (B et C) et sels minéraux (sodium, calcium, potassium, magnésium, phosphore) (Tableau 03) (Nedjimi *et al*, 2013). Cette richesse, lui donne des valeurs nutritionnelles et énergétiques intéressantes pour les bétails comme fourrage et comme aliments des populations locales et steppiques (Alvarez *et al*, 2008). En effet, les études de valeurs fourragères et digestibilité ont permis de situer l'*Atriplex halimus* comme source protéique comparativement à d'autres types de fourrage (Dutuit, 1999).

Tableau 03 : Teneur en matière sèche et composition chimique des feuilles vertes d'*Atriplex halimus* en de la MS (Boussaid *et al*, 2001).

Matière sèche (MS) (%)	La composition chimique des feuilles d' <i>Atriplex halimus</i> exprimée en % (MS)						
	Matière azotée totale (MAT)	Cellulose brut (CB)	Na	Ca	K	P	Mg
34.2	15.1	15.4	4.41	1.77	2.59	0.21	0.32

8. Intérêts de la plante :

8.1. Intérêt agronomique :

En Algérie, l'utilisation de l'*Atriplex halimus* est depuis une trentaine d'années dans les projets de conservation des sols dans les zones arides (Bouزيد et Benabdeli, 2011) car elle joue un rôle important dans l'assainissement des sols (Walker *et al*, 2014), elle favorise le recyclage des nutriments et la réduction de la vitesse du vent au niveau du sol (Le Houérou, 1992 ; Chisci *et al*, 2001). Ce qui lui rend l'une des meilleures options pour la récupération

des terres agricoles dégradées dans les zones arides et semi-arides (Walker *et al*, 2014) et à l'amélioration des productions végétale (Le Houérou, 1992).

L'*Atriplex halimus* est également utilisé pour satisfaire les besoins des petits agriculteurs en combustible (Dutuit, 1999) et comme clôture résistante au vent, en particulier pendant la saison des labours (Bellakhdar, 1997).

Selon Ozenda (1991) *Atriplex halimus* est une espèce qui largement distribué « cosmopolite », peut être adapté à un environnement doublement dur dans les sols arides halomorphe (Glenn et Brown, 1998), pour cette raison elle représente un matériau utile pour l'identification et l'isolement des gènes concernés dans la résistance au stress abiotique (Wang *et al*, 2004) et les transferts dans l'économie d'espèces végétale dans lesquelles ils donnent des rendements viables (Sadder *et al*, 2011). C'est une technologie émergente qui constitue la base d'une nouvelle agronomie pour les zones arides (Abbad *et al*, 2004).

8.2. Intérêt écologique :

L'*Atriplex halimus* participe à la réhabilitation des terres dégradées (Abbad *et al*, 2004) en améliorant les conditions physicochimiques des sols salins (Gharaibah *et al*, 2011) par son potentiel de désalinisation des sols (Mozaraf et Goodin, 1970). Elle peut être utilisée également comme une solution de recharge intéressante pour la phyto-remédiation des sols pollués par des activités industrielles telles que l'exploitation minière, les engrais et les pesticides (Redondo-Gomez *et al*, 2011). La structure de son système racinaire et de son port buissonnant, lui permet de lutter efficacement contre l'érosion (Grantz *et al*, 1998 ; Glenn *et al*, 2001), la désertification (Abbad *et al*, 2004) et peut être considérée comme une plante retardatrice du feu (White *et al*, 1996). L'*Atriplex halimus* s'est avérée aussi important pour stimuler certains biotes du sol (Walker *et al*, 2014) telle que l'augmentation de la densité des spores des champignons mycorhiziens dans les sols désertiques (He *et al*, 2002). Donc elle constitue un outil efficace et relativement peu couteux face aux risques éco systématiques majeurs (Abbad *et al*, 2004) qui lui permet d'occuper un choix écologique important très intéressant.

Il faut noter que la plante aime bien les sols bien ensoleillés, un sol drainé et sableux et pauvre. Quant à sa rusticité la plante peut supporter des températures de – 15 °C., la plante s'adapte mieux aux conditions environnementales et est moins parasitée et/ou attaquée par les maladies.

8.3. Intérêt économique :

Selon les travaux de **Nedjimi et al, (2013)** les feuilles persistantes de la plante ont une valeur nutritive et énergétique et présente aussi une haute résistance aux divers stress abiotiques (**Qiu et Lu, 2003**). De ce fait *Atriplex halimus* constitue une réserve fourragère importante, utilisable par les ovins, les caprins et camélidés (**Castroviejo et al, 1990**). Selon **Dutuit et al, (1991)** une bonne formation végétale à base d'*Atriplex halimus* peut produire jusqu'à cinq tonnes/ hectare/an de matière sèche sur des sols dégradés ou salins inutilisables pour d'autres cultures. Elle contribue à l'amélioration de la qualité de produit laitier du cheptel (**Alvarez et al, 2008**).

L'*Atriplex halimus* ne présente pas seulement un grand d'intérêt agronomique dans l'amélioration de la production végétale mais aussi dans l'économie de cette productivité. En effet, selon **Mulas M et Mulas G (2004)** de nombreuses études ont mis en évidence le fait qu'en associant la culture des céréales aux arbustes fourragers appartenant en genre *Atriplex*, la production des céréales a augmenté de 25 % ; ajoutez à cela la possibilité du bétail de se nourrir éventuellement en été et en automne les chaumes d'orges et des feuilles de l'*Atriplex*.

Il faut noter aussi que cette espèce est également importante dans le domaine industriel pour la production de dégraissage des vêtements, la préparation des savons à partir de ces cendres de la plante selon **Marouf (2003)** et la fabrication du verre selon **Bellakhdar (1997)**. L'accumulation de la glycine bêtaïne par l'*Atriplex halimus* pourraient être exploitées comme complément alimentaire, peut améliorer la nutrition et la croissance des animaux monogastriques (**Ratriyanto et al, 2009**).

En vue de son grand intérêt économique et de sa croissance rapide qui nécessite peu de soins dans les premiers stades de développement, *Atriplex halimus* peut donc exploiter rapidement (**Pourrat et Dutuit, 1994**).

8.4. Intérêt médical :

L'*Atriplex halimus* est utilisé comme plante médicinale dans la pharmacopée traditionnelle (**Dutuit et al, 1994**) pour soigner plusieurs maladies comme l'hyperglycémie et l'hyperlipidémie (**Aharonson et al, 1969**), les kystes ovariens (**Kefifa et al, 2018**), le goitre et le cholestérol (**Hadjadj et al, 2015**), le rhumatisme (**Said et al, 2002**), l'acidité gastrique, des douleurs rénal et lithiases (**Bouchoucha et Ouazeta, 2018**), la malaria (**Emam, 2011**).

Les scientifiques ont exploré la possibilité que l'*Atriplex halimus* a un effet antidiabétique (**Adier et al, 1986**) et hypolipémiante (**Mirsky et Nitsa, 2001**). En effet, l'effet

antidiabétique a été développé davantage, dans un produit « Glucole Vel » associant des extraits de feuilles d'*Atriplex halimus* et d'autres plantes (Said *et al*, 2007).

L'étude chromatographie de l'extrait des feuilles d'*Atriplex halimus* a montré la présence de flavonoïdes et des alcaloïdes (berbérine et pipérine) (Nedjimi *et al*, 2013). Les flavonoïdes ont des propriétés anti-oxydantes et un effet protecteur des tissus du foie contre le cancer (Emam, 2011), la berbérine à une activité antimicrobienne et anti-inflammatoire (Nedjimi *et al*, 2013) et la pipérine est une drogues anti-convulsantes et antiépileptiques efficaces (Pei, 1983).

8.5. Travaux antérieurs :

Plusieurs travaux ont été effectués sur l'analyse chimique des extraits de l'*Atriplex halimus*. On note les travaux de (Alicata *et al*, 2002) ; (Benhammou *et al*. 2009) et celui de (Emam, 2011) qui ont identifié et montré les propriétés anti-oxydantes des constituants bioactifs et les principaux métabolites secondaires des feuilles et des tiges de l'*Atriplex halimus*.

D'autre part, Aharonson *et al.*, (1969) et Chikhi *et al.*, (2014) ont constaté un effet hypoglycémiant très net chez les rats diabétiques traité par l'extrait aqueux des feuilles l'*Atriplex halimus*. De leur part Neima *et al*, (2018), ont montré que l'extrait d'*Atriplex halimus* pourrait être une bonne source naturelle d'agents anticancéreux.

La composition en huile essentielle de l'*Atriplex halimus* n'a fait l'objet d'aucune étude. En revanche, peu d'études ont été menées autour de la caractérisation chimique des huiles essentielles du genre *Atriplex* (Chikhi, 2013).

9. Effet indésirable de plante *Atriplex halimus* :

Lorsque la plante d'*Atriplex halimus* est fertilisée avec des engrais anormaux, la substance de tatratre se concentre plus et cette substance est présente dans les feuilles ; les graines sont toxiques car elle contient des saponines, mais l'absorption de cette substance est minime. La plante contient un pourcentage élevé d'oxalite ; c'est pour cette raison que les personnes souffrant de problèmes rénaux ne doivent pas se multiplier, cette substance se compose généralement d'une combinaison de calcium et d'oxalite, ce qui endommage les reins (Gourri *et al*, 2014)

Chapitre II :

Aperçu biologique sur

Tribolium castaneum

10. Généralités sur Tenebrionidae :

Les Tenebrionidae, doivent leur nom à leurs mœurs plutôt nocturnes, constituent l'une de plus vastes familles des Coleoptères comprenant environ 20 000 espèces décrites. Les adultes qui sont généralement de couleur sombre, présentent une grande variété d'aspects. En revanche, les larves sont de forme cylindrique, leur tégument est généralement sclerotinisé d'ailleurs parmi les espèces les plus nuisible aux stocks de céréales. Le régime alimentaire des Tenebrionidae, bien qu'assez varié, est avant tout saprophage, certaines des espèces citées comme nuisible aux produits emmagasinés (DELOBEL et TRAN, 1978).

11. Description de l'espèce *Tribolium castaneum* :

C'est un insecte appartenant à la famille des Ténébrionidae. Nom commun : Tribolium (larve = ver de farine). L'adulte mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun rougeâtre (Figure 4). Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. Contrairement à *T.confusum*, le chaperon ne dépasse pas l'œil latéralement. La larve mesure 6mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (DELOBEL et TRAN, 1978).



Figure 4: *Tribolium castaneum* (ANNONYME 1, 2008).

12. Systématique de *Tribolium castaneum* :

Selon Mallamaire (1965), la position systématique du *Tribolium castaneum* est la suivante :

Tableau 4 : La position systématique du *Tribolium castaneum*

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Sous classe	Pterygota
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Famille	Tenebrionidae
Genre	Tribolium
Espèce	<i>Triboliumcastaneum</i> (Herbst)

13. Origine et répartition:

Le Tribolium est d'origine Indo-Australienne (Smith et Whitman, 1992) et est trouvé dans des secteurs tempérés, mais survivra l'hiver dans les endroits protégés, particulièrement où il y a de la chaleur centrale (Tripathi et autres 2001). En Afrique le Tribolium à une distribution différente en ce que se produit dans le monde entier dans les climats les plus frais (Smith et Whitman, 1992).

14. Cycle de développement de *Tribolium castaneum*:

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant la condition abiotique des trois jours pour les oeufs, 16 jours pour les larves et 5 jours pour les pupes, la femelle pondent entre 300 et 400 oeufs dans des conditions optimales de 35 ou 38°C et 10% d'humidité relative, mais il est possible à 28 et 25°C pour d'humidité relative inférieures à 10%, la durée moyenne de développement de l'oeuf à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°C, de 26 jours à 28°C, de 23 jours à 35°C de 21 jours à 38°C, les oeufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler, les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent son cocon (DELOBEL et TRAN, 1978).

15. Cycle de vie de *Tribolium castaneum* :

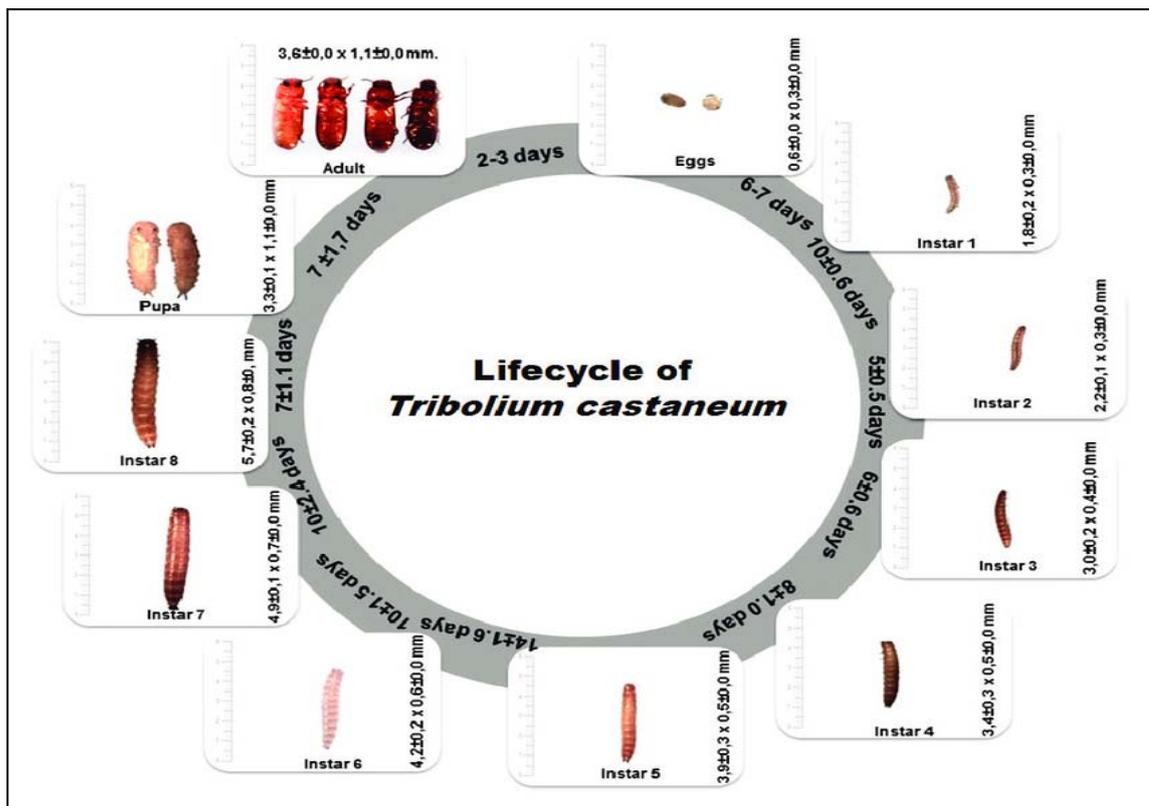


Figure 5: Cycle de vie de *Tribolium castaneum* (Pajaro-Castro et al, 2023).

16. Régime alimentaire et dégâts :

La croissance la plus rapide est obtenue sur farines de céréales (dans l'ordre blé dur, blé tendre, Sorgho, orge, mil, riz, maïs). Il n'attaque pas le grain intact, mais des lésions microscopiques suffisent pour permettre à la larve d'entamer le grain ; seul le germe est consommé la plupart du temps (DELOBEL et TRAN, 1993).

17. Les ennemis naturels :

Les insectes ravageurs des produits stockés sont attaqués par une variété d'ennemis naturels, y compris les vertébrés, les insecticides, les acariens et les micro-organismes pathogènes. Certains d'entre eux ont une valeur potentielle en tant qu'agents de contrôle pour les organismes nuisibles au stockage (RICHARD T).

18. Les moyens de lutte :

18.1. Lutte préventive :

La méthode mécanique par le transilage des grains et leur nettoyage est pratiquée pour prévenir l'apparition des insectes de stocks (CRUZ et DIOP, 1989). De même que la sélection des variétés résistants révéler efficace en cherchant des variétés des blé résistants ou attaques des insectes (SECK, 1989).

18.2. Lutte physique :

Pratiqué de méthodes plus simples tels que : la désinsectisation par la chaleur 50-55C° pendant 12heurs, ou le contraire avec la diminution de la température (magasin réfrigéré) qui ralentit le développement des insectes. En outre, la modification de l'atmosphère du milieu par l'ensilage hermétique dans un silo diminue la concentration en O2 qui provoque la suite la mort des calandrer (**CRUZ ET DIOP ,1989**).

18.3. Lutte chimique :

Les produits chimiques sont représentés par différentes formulations, qui agissent par contact et d'autres par fumigation (**FLEURAT-LESSARD ,2011**). Selon (**DE-GROOT, 2004**), les principaux insecticides sont les carbamates et les pyréthrinoides de synthèse, organo-phosphorés. Tous ces insecticides chimiques peuvent être toxiques pour l'homme et les animaux domestiques et leur emploi peut causer des risques d'empoisonnement (**ISMAN ,2006**).

18.4. Lutte biologique :

La méthode de la lutte biologique est basée sur utilisation de micro-organisme, de prédateurs, de parasitoïdes et de substances naturelles d'origine végétale. L'utilisation des extraits végétaux contre les insectes des stocks, est connue depuis longtemps, selon (**LIPPERT, 1989**).

Chapitre III :

Matériel et méthodes

Partie 1 :**Les étapes de l'étude**

Afin d'aboutir aux résultats escomptés dans cette investigation nous avons suivi différentes étapes à savoir :

- Choix et classification de la plante,
- Investigation phytochimique (dosage des polyphénols et flavonoides)
- Activité antioxydantes (DPPH et FRAP) de l'extrait de la plante.
- Une dernière partie expérimentale a été consacrée à l'étude de l'activité biopesticide (insecticide) de la plante réalisée sur les vers de farines (*Tribolium castaneum*).

1. La zone de récolte :

La wilaya de Saïda est située dans l'ouest algérien et elle s'étend sur une superficie de 6 613 km². La wilaya est divisée en 6 daïras regroupant 16 communes ; elle compte une population de 350766 Habts avec une densité de 200 Habts/ km². Sur le plan climatique la région de Saida est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride, a été sec et chaud et froid en hiver. La moyenne pluviométrique dans la wilaya est d'environ 348 mm/an et une température moyenne oscillant entre -7 ° C au mois de décembre à 46 ° C au mois de juillet.

Sur le plan géographique la wilaya est limitée au nord par la wilaya de Mascara, à l'ouest par la wilaya de Sidi-Bel Abbés, au sud par la wilaya d'EI-Bayadh et à l'est par la wilaya de Tiaret (ANDI, 2015) (Figure 6).

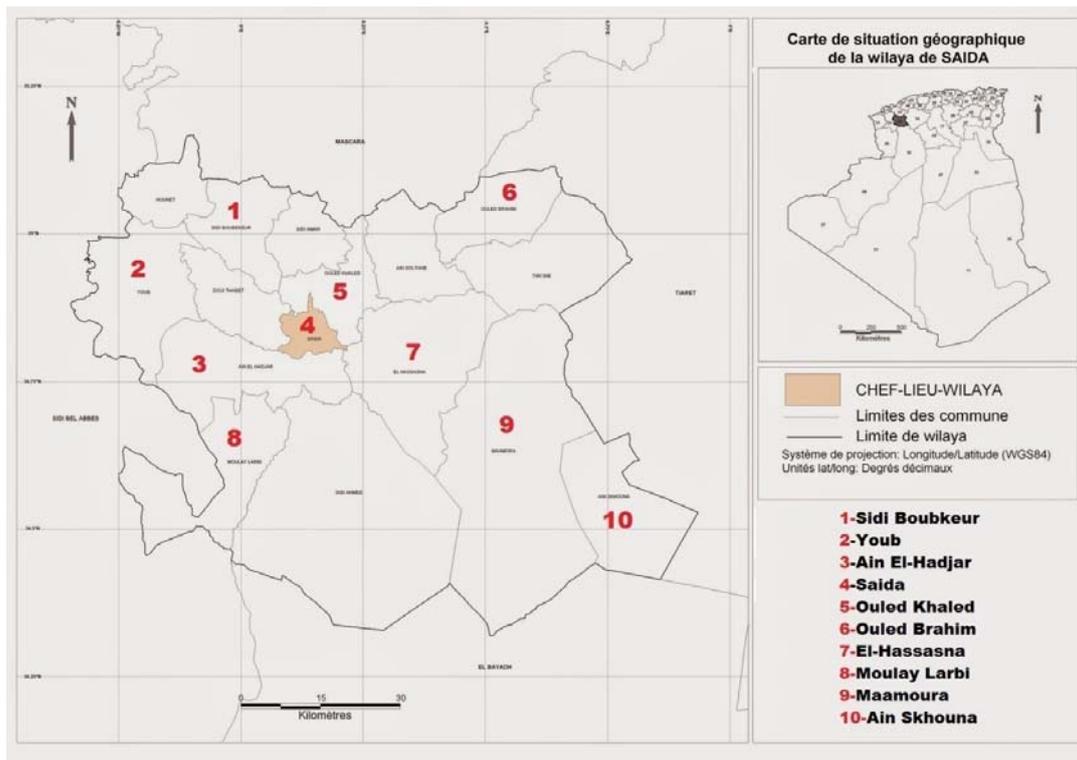


Figure 6: carte administrative de la wilaya de Saïda (ANDI, 2015)

2. Matériel végétal :

Le matériel végétal est constitué des parties aériennes d'*Atriplex halimus*. La récolte a été faite durant le mois d'Août 2024 dans la région d'Ain Skhouna, située à 89 Km au sud-est de la ville de Saida. Les feuilles sont séparées et débarrassées des débris (mauvaises herbes et poussières), ensuite elles sont séchées à l'air libre à une température ambiante moyenne de jusqu'à perte totale de l'eau. Nous avons pris le soin à ce que les parties utilisées ne soient pas moisies. Après séchage, les feuilles sont broyées en poudre fine en utilisant un broyeur CLATRONIC KSW 3306 puis conservée dans des boîtes fermées hermétiquement et à l'abri de l'humidité jusqu'à l'utilisation (Figure 7).

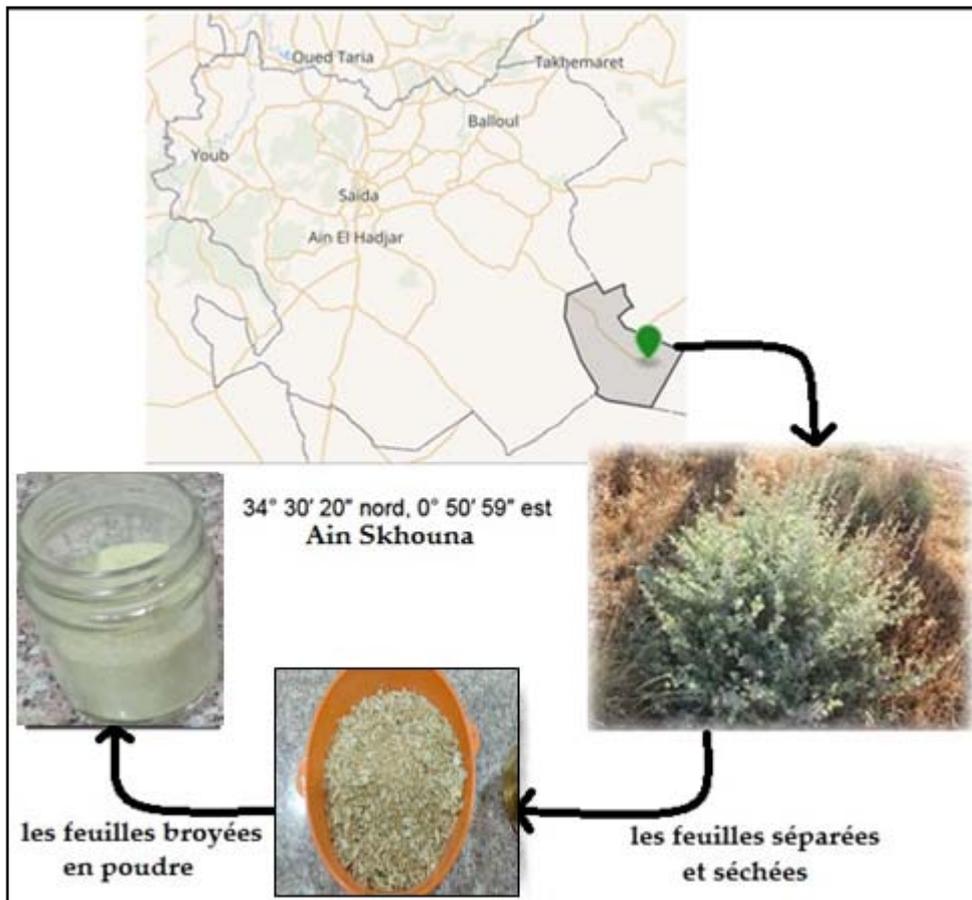


Figure 7 : Récolte et préparation de poudre végétale d'*Atriplex halimus* dans la région d'Ain Skhouna (Ghomid, Août 2024).

3. Extraction :

Les extraits utilisés au cours de notre étude sont préparés par deux modes d'extraction :

- Extrait éthanolique par (Soxhlet) ;
- Extrait aqueux (Soxhlet).

3.1. Préparation de l'extrait alcoolique de l'*Atriplex halimus* (Soxhlet) :

L'extraction par Soxhlet (Figure 8) est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première (Penchev, 2010). Dans cette étude, une quantité de 20g de poudre végétale est placée dans une cartouche en papier-filtre épais (une matière pénétrable pour le solvant). Cette dernière est mise dans le corps en verre de l'extracteur Soxhlet, au-dessus duquel est placé un réfrigérant servant à liquéfier les vapeurs du solvant. Le corps d'extracteur est placé sur un ballon contenant 200 ml d'éthanol chauffé par la chauffe ballon à sa température d'ébullition 70 °C. Ensuite une apparition des vapeurs qui montent dans le tube après un certain temps, correspondant au temps initial d'extraction jusqu'à un 6h. Après la répétition du cycle plusieurs fois.

Après refroidissement, le mélange est séché à 50°C dans une étuve pendant 48 heures. Le résidu sec obtenu est récupéré puis conservé à 4°C dans un flacon propre. L'extrait aqueux ainsi préparé est utilisé au cours de l'examen phytochimique et de l'étude biologique. (Figure 9)

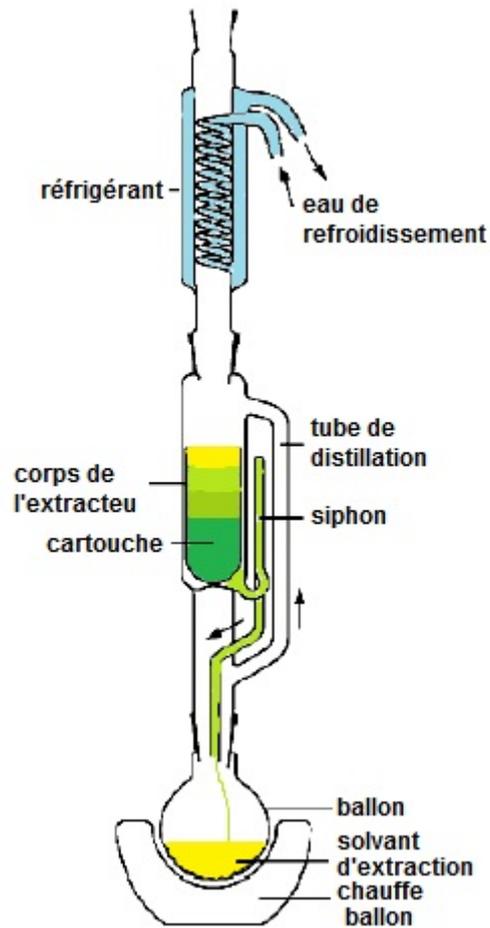
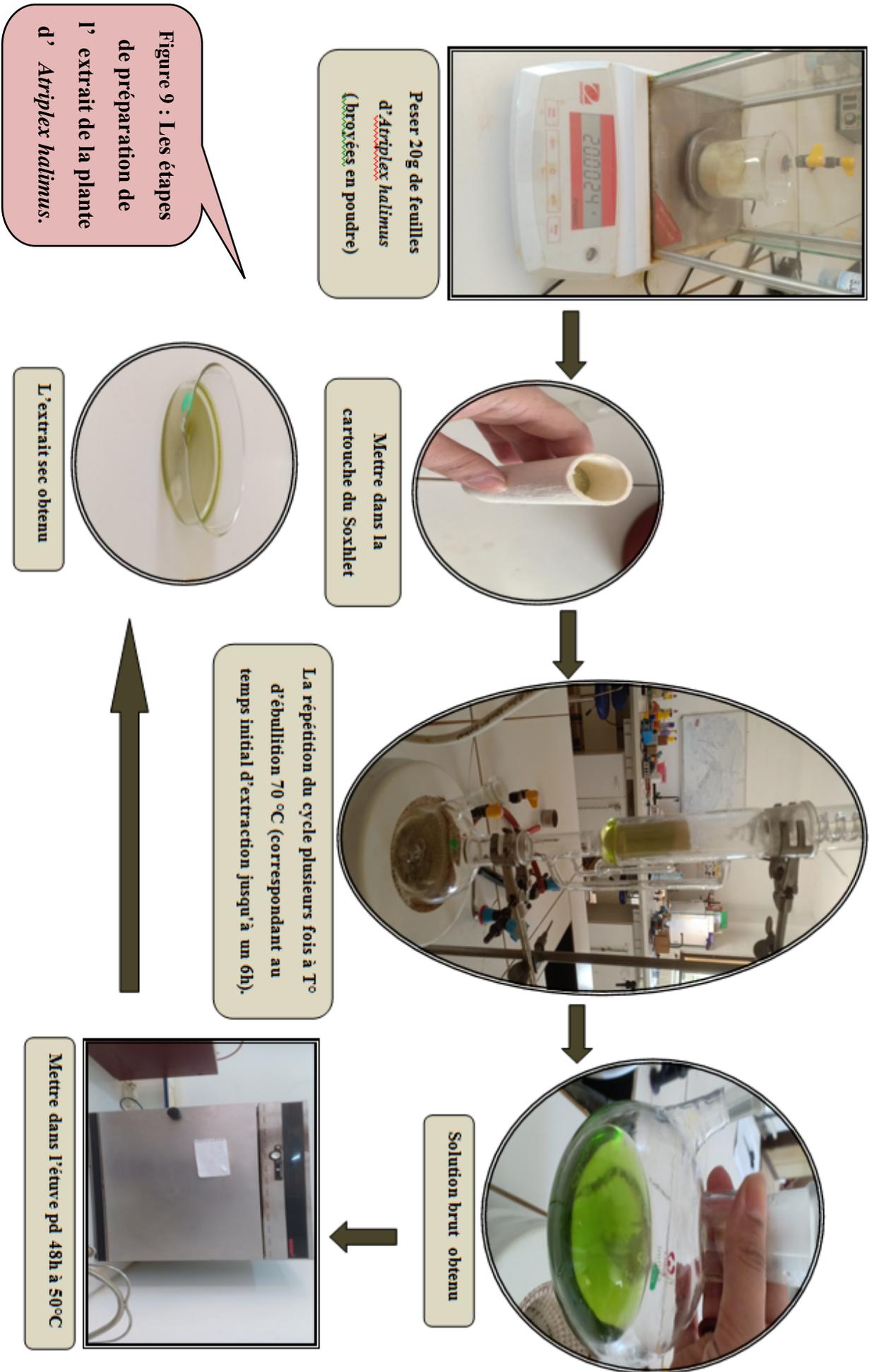


Figure 8 : Schéma de l'extracteur Soxhlet (Penchev, 2010).



3.2. Préparation de l'extrait aqueux de l'*Atriplex Halimus* :

Une masse de 20g de la poudre végétale obtenue est placée dans une cartouche en papier-filtre épais (une matière pénétrable pour le solvant). Cette dernière est mise dans le corps en verre de l'extracteur Soxhlet, au-dessus duquel est placé un réfrigérant servant à liquéfier les vapeurs du solvant. Le corps d'extracteur est placé sur un ballon contenant 200 ml d'eau distillée chauffé par la chauffe ballon à sa température d'ébullition 70 °C. Ensuite une apparition des vapeurs qui montent dans le tube après un certain temps, correspondant au temps initial d'extraction jusqu'à un 6h. Après la répétition du cycle plusieurs fois. (Figure10)

Après refroidissement, le mélange est séché à 50°C dans une étuve pendant 48 heures. Le résidu sec obtenu est récupéré puis conservé à 4°C dans un flacon propre. L'extrait aqueux ainsi préparé est utilisé au cours de l'examen phytochimique et de l'étude biologique

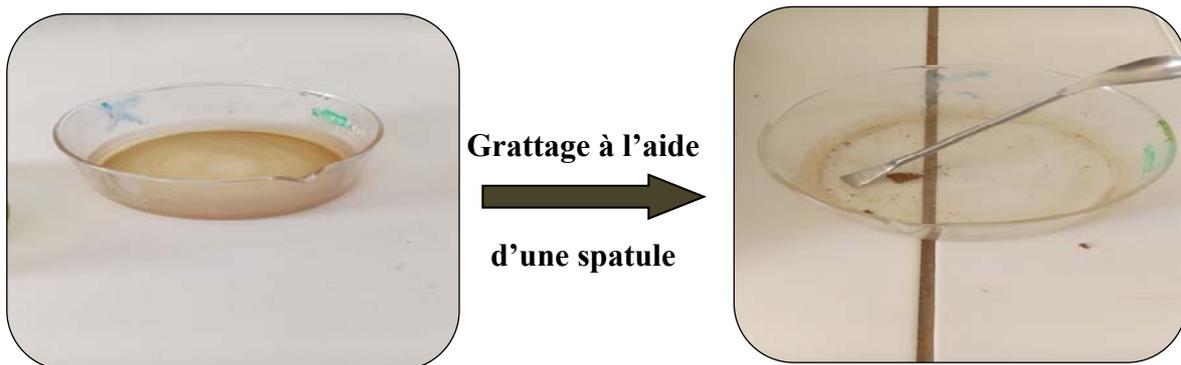


Figure 10 : Obtention de l'extrait aqueux sec d'*Atriplex halimus*.

Calcul du rendement :

Le rendement exprime en pourcentage (%) est calculé comme suite :

$$R (\%) = (m / M) * 100$$

R%: rendement exprimé en %

m: masse de l'extrait sec

M: masse de la poudre végétale sèche

Partie 2 :**4. Evaluation de l'activité antioxydante :**

L'utilisation des molécules antioxydantes de synthèse est actuellement remise en cause en raison des risques toxicologiques potentiels. Désormais, de nouvelles sources végétales d'antioxydants naturels sont recherchées (Suhaj, 2006), (Tadhani et al, 2007).

En effet, les polyphénols sont des composés naturels largement répandus dans le règne végétal qui ont une importance croissante notamment grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé (Koechlin-Ramonatxo C, 2006). Leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt en industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Suhaj, 2006).

4.1. Dosage des phénols totaux :

La teneur en phénols totaux des extraits a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1965). Une quantité de 200ml de l'extrait est mélangée avec 1ml du réactif de Folin-Ciocalteu fraîchement préparé (10 fois dilué) et 0,8ml de carbonate de sodium à 7,5% (Na_2CO_3). L'ensemble est incubé à température ambiante pendant 30 minutes et la lecture est effectuée contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre à 760nm. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par g de matière végétale sèche.

4.2. Dosage des flavonoïdes :

La teneur en flavonoïdes des extraits a été déterminée en utilisant la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium (Kim et al, 2003). Une quantité de 100ml de l'extrait a été mélangée avec 0,4ml d'eau distillée et par la suite avec 0,03ml d'une solution de nitrite de sodium NaNO_2 à 5%. Après 5min, 0,02ml d'une solution de chlorure d'aluminium (AlCl_3) à 10% a été ajouté. On additionne au mélange 0,2ml de solution de Na_2CO_3 1M et 0,25ml d'eau distillée après 5 min de repos. L'ensemble est agité à l'aide d'un vortex et l'absorbance a été mesurée à 510 nm. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent de catéchine par g de matière végétale sèche.

4.3. Activité antioxydante :**Principe :**

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) qui se caractérise par une couleur violet foncé avec un maximum d'absorption à 515 nm. Ce dernier est réduit à la forme d'hydrazine (non radical DPPH-H) en acceptant un atome d'hydrogène fourni par les antioxydants (AH) ou d'autres espèces radicalaires, ce qui lui donne un couleur jaune pâle ou incolore qui peut être facilement suivie à l'aide d'un spectrophotomètre (Figure 11) (Njoya, 2021).

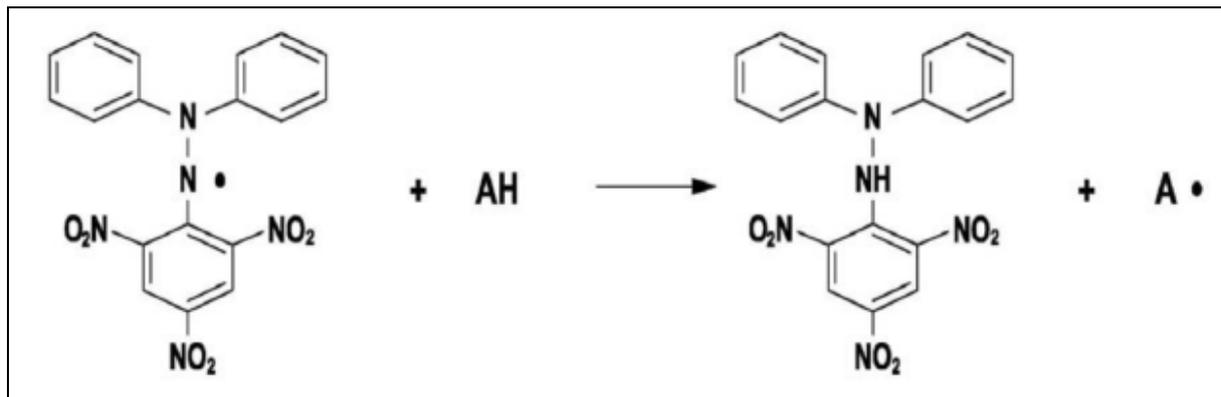


Figure 11 : Mécanismes de piégeage du DPPH par un antioxydant (AH) (Pisoschi et al., 2009).

Mode opératoire

Test de piégeage du radical libre DPPH : Le test antioxydant a été réalisé avec la méthode au DPPH (Sanchez et al, 1998). 50µl de chaque solution des extraits à différentes concentrations (de 0,0125 à 5mg/ml) sont ajoutés à 1,95 ml de la solution adéquate (éthanol pour l'extrait éthanolique / eau distillée pour l'extrait aqueux) du DPPH (0,025g/l). Parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 50µl de méthanol avec 1,95 ml de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 515nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration le test est répété 2 fois. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%).

$$I\% = \frac{(\text{Abs contrôle} - \text{Abs test})}{\text{Abs contrôle}} \times 100$$

Les valeurs de l'EC50 ont été déterminées graphiquement par la régression linéaire.

Partie 3 :**5. Evaluation de l'activité biopesticide (insecticide) :**

L'expérimentation est réalisée sur *Tribolium castaneum*, ce choix de matériel animal se justifie par l'importance des dégâts de ce ravageur qui infeste les denrées stockées d'importance économique et il s'élevé facilement au laboratoire afin de tester un nombre important d'individus.

Dans la présente étude, on caractérise les profils chimiques des extraits de la plante *Atriplex halimus* pour leur répulsion ainsi que leur action toxique contre les adultes de *Tribolium castaneum*.

5.1. Technique d'élevage :

L'élevage de masse des insectes, est réalisé au laboratoire du département des sciences (Chimie) (Saida), dans un bocal en verre sur semoule (Figure 12). Ce bocal en verre est placé dans une incubateur obscure réglée à une température de 30°C et une humidité relative 70%, ce qui constitue les conditions optimales de développement de cet insecte.



Figure 12 : Incubation des *Tribolium castaneum*

5.2. Test toxicologique :

Des tests de toxicité par contact des extraits de la plante *Atriplex halimus* ont été effectués sur *Tribolium castaneum* adulte.

Après la préparation des extraits de *Atriplex halimus* à différentes concentrations (1,25 et 10% dilué avec le solvant) ont été appliqués localement (mettre une seule goutte) sur le pronotum de *Tribolium castaneum* nouvellement éclos adultes au moyen d'une micro-seringue Hamilton (dix insectes par répétition, deux répétitions par dose). (Figure 13 et 14)

Les solvants ont été laissés s'évaporer, et les insectes ont été transférés dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre.

Insectes traités avec solvant seule ont été utilisés comme contrôles négatifs. Mortalité de durant (30 - 60 - 90 - 120 minutes) après le traitement.

Les adultes sont considérés comme morts absence de tout mouvement des pattes et de l'antenne (Janaki et al., 2018).

NB : la dilution se fait par l'eau distillée pour l'extrait aqueux alors que pour l'extrait éthanolique se fait par l'éthanol.



Figure 13 : Test de toxicité par contact de l'extrait aqueux de la plante *Atriplex halimus* effectué sur *Tribolium castaneum* adulte



Figure 14 : Test de toxicité par contact de l'extrait éthanolique de la plante *Atriplex halimus* effectué sur *Tribolium castaneum* adulte

5.3. Test répulsif :

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif de l'extrait éthanolique sur les adultes de *Tribolium castaneum*.

➤ **Mode opératoire :**

Découper en deux parties égales un disque de papier filtre de 10 cm de diamètre, un demi disque est traité par l'extrait éthanolique dilué dans de l'eau distillée et l'autre demi disque ne reçoit que de l'eau distillée puis les deux disques sont rassemblés par une bande adhésive et placés dans une boîte de Pétri. Ensuite, 10 Charançons sont disposés au centre de la boîte. **(Figure 15)**

➤ **Expression des résultats :**

Après 30min nous comptons le nombre de charançons présents sur la partie traitée et sur la partie non traitée.

Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé comme suit :

$$PR\% = (Nc - Nt) / (Nc + Nt) \times 100$$

Nc : nombre d'insectes présents sur le demi disque traité avec l'eau distillée.

Nt : nombre d'insectes présents sur le demi disque traité avec de l'extrait éthanolique ou aqueux.

Le pourcentage de répulsion moyen est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives selon le classement de **(Mc Donald et al., 1970) (Tableau 5)**.

Tableau 5 : Pourcentage de répulsion selon le classement de (Mc Donald et al., 1970).

Classe	Intervalle de repulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0,1\%$	Très faiblement répulsif
Classe I	$0,1\% \leq PR \leq 20\%$	Faiblement répulsif
Classe II	$20\% \leq PR \leq 40\%$	Modérément répulsif
Classe III	$40\% \leq PR \leq 60\%$	Moyennement répulsif
Classe IV	$60\% \leq PR \leq 80\%$	Répulsif
Classe V	$80\% \leq PR \leq 100\%$	Trésrépulsif

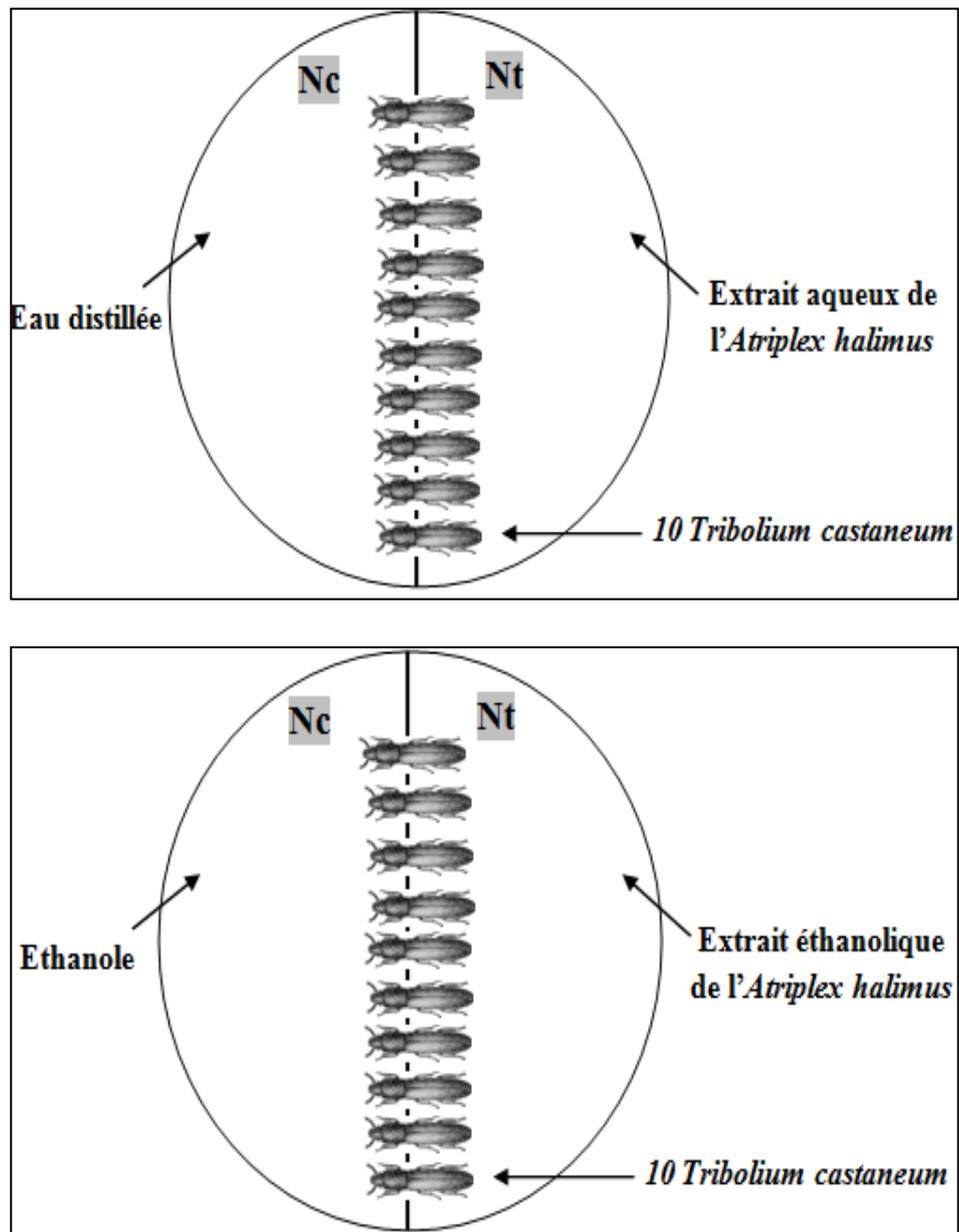


Figure 15 : Test répulsif des extraits de la plante *Atriplex halimus* effectué sur *Tribolium castaneum*

Chapitre IV

Résultats et discussion

Partie 1 :

- Notre étude phytochimique et biologique réalisée sur la plante d'*Atriplex halimus*, pour une période de 40 jours, a montré des résultats qui sont confirmés avec d'autres travaux, à savoir la présence ou l'absence de certaines familles chimiques. Ceci peut être expliqué par une différence au niveau de plusieurs paramètres géographiques, physicochimiques ou biologiques tels que : la différence du site de récolte y compris l'environnement de la plante, la lumière, les précipitations, la topographie, la saison, le type de sol, la période de récolte, le patrimoine génétique ou la partie de la plante étudiée.
- Nous avons réalisé des tests phytochimiques et biologiques en utilisant des extraits aqueux et éthanoliques sur la partie aérienne de la plante d'*Atriplex halimus* provenant de la région de Sekhouna – wilaya de SADA.

1. Rendements des extractions :

- Le rendement d'extraction est le rapport de la quantité de substances naturelles extraites par l'action extractive d'un solvant à la quantité de ces substances contenues dans la matière végétale. Il est dépendu de la composition de l'échantillon.

- La préparation des extraits de la plante étudiée est réalisée par l'utilisation de deux solvants : l'eau et l'éthanol permettant ainsi la séparation des composés selon leur degré de solubilité dans les solvants d'extraction. Ces procédés d'extraction ont permis d'obtenir deux extraits : l'extrait aqueux et éthanolique.

- Les rendements d'extraction (R%) ont été déterminés par la formule suivant :

$$R\% = \frac{\text{masse de résidus d' extrait}}{\text{masse de la poudre végétale}} \times 100$$

- La couleur, l'aspect ainsi que le rendement de chaque extrait sont représentés dans le tableau suivant : (Tableau 6)

Tableau 6 : Les caractéristiques des divers extraits étudiés.

Extrait	Aspect	Couleur	Masse de résidus d'extrait (g)	Masse de poudre végétale (g)	Rendement %
Extrait aqueux	Poudre	Marron claire	0.28	20	1.40
Extrait éthanolique	Poudre	Vert foncé	0.35	20	1.75

- On constate que les deux extraits ayant un aspect de poudre. Ainsi, nous constatons que les rendements de l'extraction varient légèrement. Le rendement le plus élevé était celui de l'extrait éthanolique avec une valeur de 1.75% suivi de l'extrait aqueux avec une valeur de rendement de 1,40%.

- Cette variabilité des valeurs peut être due à plusieurs facteurs tels que, la méthode d'extraction appliquée, la polarité de solvant utilisé (eau et l'éthanol) et le stade de croissance.

Ceci rejoint les observations faites par plusieurs études qui ont signalées l'importance de l'effet des solvants et ses polarités sur le rendement d'extraction (**Hayouni et al., 2007 ; Clara et al., 2010 ; Khlifi et al., 2011 ; Ben El Hadj Ali et al., 2014**).

2. Dosage des phénols totaux et flavonoïdes :

La détermination des teneurs en phénols totaux et en flavonoïdes dans les deux extraits d'*Atriplex halimus*, a été faite en utilisant la méthode colorimétrique **Folin-Ciocalteu** (**Singleton et al., 1965**)

- Cette méthode est considérée comme la meilleure méthode de détermination du taux des polyphénols totaux des extraits de plantes (**Djeridane et al, 2010 ; Singleton et al, 1999**), car elle est standardisée, simple, reproductible et les interférences avec la matrice de l'échantillon qui est souvent coloré sont minimisés à la grande longueur d'onde d'absorption (760 nm) utilisée (**Huang et al., 2005**).

- Les concentrations d'extrait en polyphénols totaux sont exprimées en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/gMS), la teneur en polyphénols est calculée via l'équation de la courbe linéaire d'étalonnage de l'acide gallique (Figure 16)

($Y = ax + b$) Y étant l'absorbance et x la concentration.

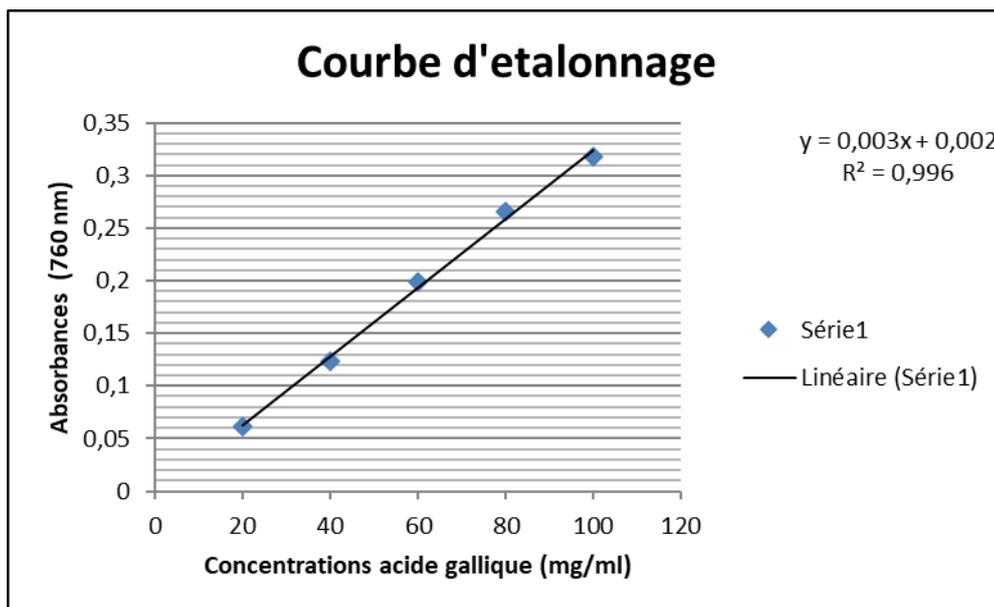


Figure 16 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols.

- Ces valeurs représentent la moyenne de deux répétitions. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 8.
- Les résultats montrent que l'extrait éthanolique a une forte teneur en phénols totaux (27.68mg/g) par rapport à celle de l'extrait aqueux (22.47mg/g) (Tableau 8).
- Les résultats obtenus de la teneur en polyphénols totaux des extraits ; aqueux et éthanolique ; d'*Atriplex halimus* étudiés montrent la richesse de ces deux extraits en polyphénols totaux.
- Les résultats que nous avons obtenus sont supérieurs à ceux de **Samira et al. (2015)** avec une valeur de l'ordre 3,648 mg EAG/g MS et ceux de **Rached (2009)**, qui a enregistré une valeur de 16.50mg EAG/g ES.
- La variabilité des teneurs en composés phénoliques chez des espèces végétales est due probablement à la composition phénolique des extraits (**Hayouni et al., 2007**), aux facteurs génotypiques (**El -Waziry, 2007**), les conditions biotiques (espèce, organe et l'étape physiologique) et abiotiques (facteurs édaphiques surtout la nature du sol) (**Ksouri et al., 2008**), et le type du microclimat (**Atmani et al., 2009**) et aussi des étages bioclimatiques où poussent ces plantes.
- La détermination des teneurs flavonoïdes a été faite en utilisant la méthode colorimétrique trichlorure d'aluminium (AlCl₃).

- La teneur en flavonoïdes déterminée pour chaque extrait a été rapportée en mg équivalent de catéchine/g du matériel végétal sec. Cette teneur est calculée via l'équation de la courbe linéaire d'étalonnage de catéchine ($Y = ax + b$). (Figure 17)

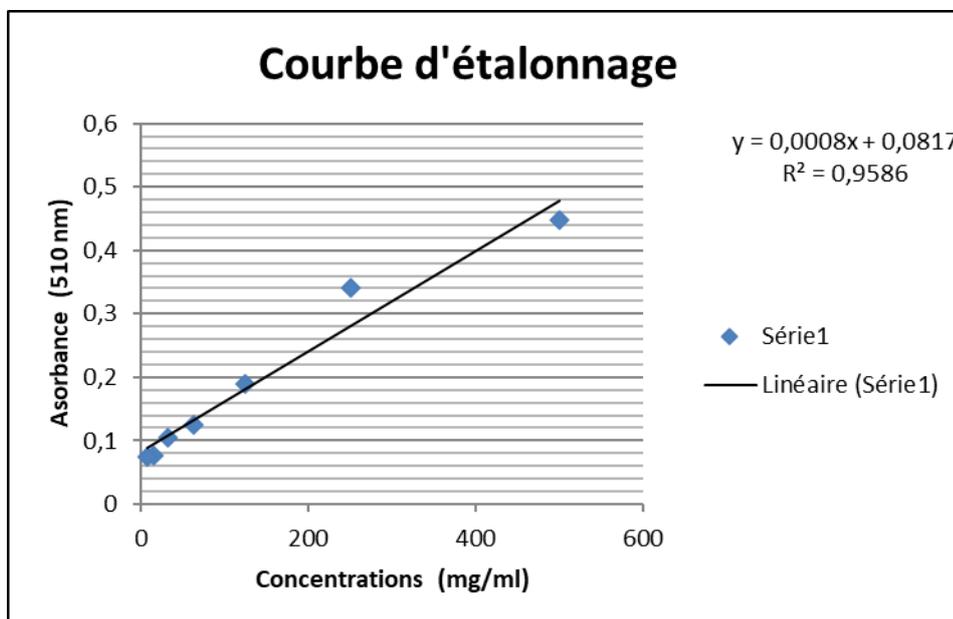


Figure 17 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes

- Les résultats révèlent que les deux extraits présentent des teneurs modérées. Le taux des flavonoïdes le plus élevé a été détecté dans l'extrait aqueux (8.32 mg EQ/g MS), suivi par l'extrait éthanolique (4.86 mg EQ/g MV) (Tableau 7).

Tableau 7 : Rendements, teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes des divers extraits étudiés

Extrait	Rendement %	Teneurs en polyphénols totaux (mg/g)	Teneurs en flavonoïdes (mg/g)	Pourcentage des flavonoïdes %
Extrait aqueux	1.40	22.47	8.32	37
Extrait éthanolique	1.75	27.68	4.86	17.5

- En se basant sur ces données, on peut déduire que Les flavonoïdes représentent 37% des phénols totaux dans l'extrait aqueux. Ce taux ne dépasse pas 17.5% dans l'extrait éthanolique.

- A partir de là, nous pouvons dire que l'incompatibilité des résultats des flavonoïdes avec les polyphénols dans les deux extraits est dû au fait que les polyphénols ne contiennent pas

seulement les flavonoïdes, mais contiennent également d'autres composés tels que les coumarines, les tanins, etc.

En effet :

- Plusieurs facteurs interviennent dans le processus d'évaluation des polyphénols totaux des plantes. Ces teneurs varient qualitativement et quantitativement d'une plante à une autre. Parmi ces facteurs :

- La méthode d'extraction (**Lee et al., 2003**), le patrimoine génétique, la période de récolte et le stade de développement de la plante (**Miliauskas et al., 2004**), les facteurs climatiques (température élevée...etc.), environnementaux (Zone géographique, sol, salinités.) et les maladies, etc (**Fallah et al., 2008 ; Ebrahimi et al., 2008**).

3. Evaluation de l'activité antioxydante :

- Le pouvoir antioxydant ne peut être mesuré qu'indirectement à partir de ses effets. La plupart des méthodes de mesure de l'activité antioxydante sont basées sur l'utilisation de systèmes générant des radicaux très variés. Ce sont principalement des méthodes dites "d'inhibition " dans lesquelles une espèce chimique capable de générer des radicaux libres est utilisée avec une substance capable de détecter ces espèces. L'échantillon dont on souhaite mesurer le pouvoir antioxydant est capable d'inhiber la génération des radicaux.

- De ce fait, l'activité antioxydante in vitro de nos extraits et standards a été évaluée par le test de piégeage du radical libre DPPH 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 515nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances antiradicalaires. (**Majhenic et al., 2007**)

- Alors, l'approche la plus simple dans l'interprétation des données, est de tracer le pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de l'antioxydant, développant une gamme de concentrations qui donne des taux d'inhibition (Figures 18).

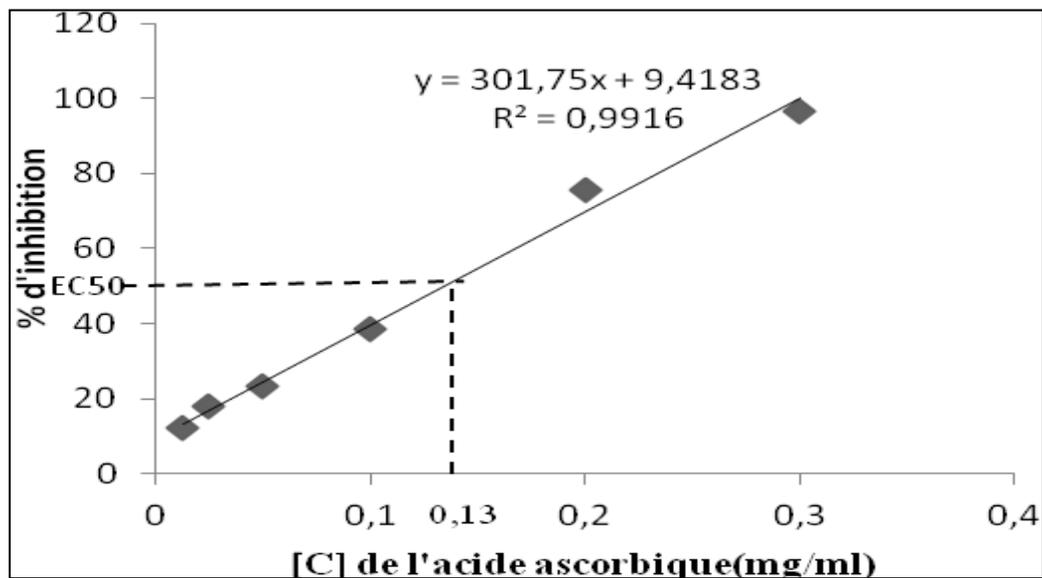
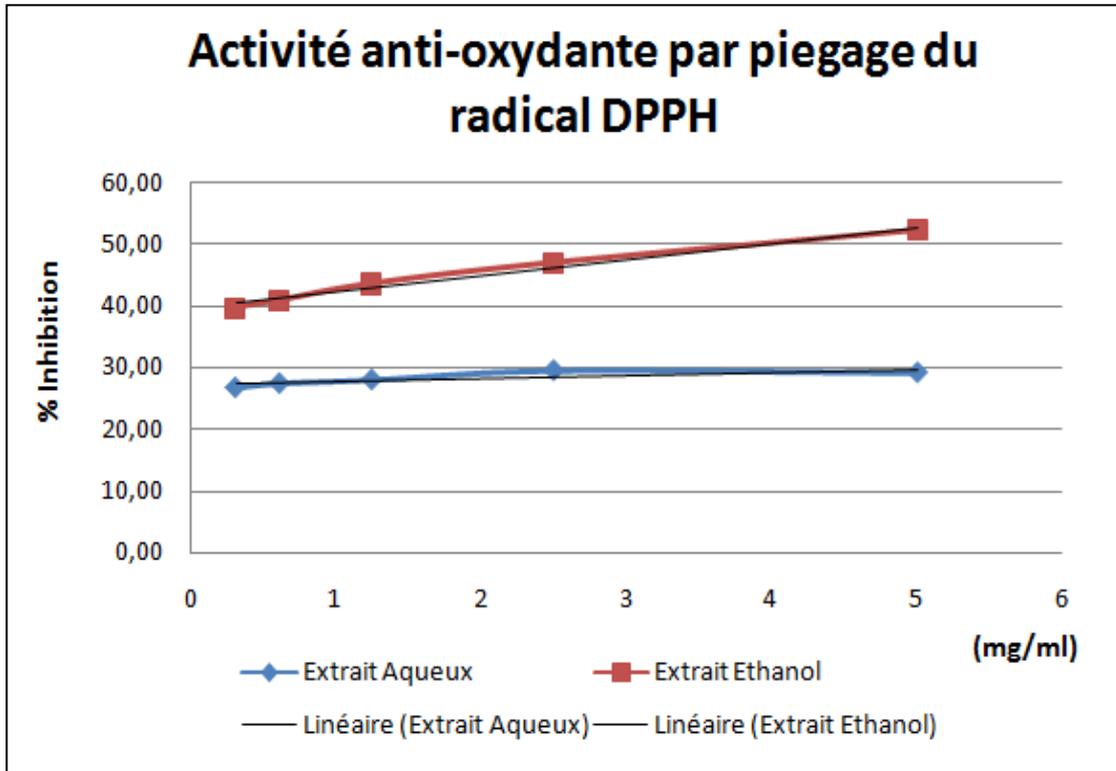


Figure 18 : Les représentations graphiques (% inhibition =f(C)) du test de DPPH des extraits étudiés et de la vitamine C

- Le paramètre EC50 a été présenté récemment pour l'interprétation des résultats de l'activité antioxydante (autrement appelé la valeur IC50). Ceci est défini comme la concentration de substrat qui cause la perte de 50% de l'activité. Ce paramètre a été présenté par Brand Williams et ses collaborateurs (**Brand-Williams W., 1995 ; Bondet V., 1997**). Il a été employé plus tard par plusieurs groupes de chercheurs pour présenter leurs résultats (**Jian T., 2007**). L'inconvénient de ce paramètre est que plus l'activité antioxydante est élevée, plus la valeur d'EC50 est inférieure. Les valeurs des EC50 obtenus à travers ce screening antioxydant représentent la moyenne de trois essais réalisés en parallèle. Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence.
- Les valeurs EC50 déterminées en mg/ml exprimant la concentration efficace de l'extrait antioxydant nécessaire pour le piégeage et la réduction de 50% de moles de DPPH en dissolution dans le solvant (Tableau 8).

Tableau 8: Résultat du test Antioxydant exprimant la concentration efficace 50% en mg/ml

Extrait	EC50 (mg/g)
Extrait aqueux	3.99
Extrait éthanolique	45.8

Selon les résultats enregistrés, l'extrait aqueux possède un pouvoir antioxydant modéré et supérieur à celui de l'extrait éthanolique, leur EC50 respective est de 3.99 mg/ml et 45.8 mg/ml mais relativement faible que celui d'acide ascorbique dont la valeur est de l'ordre de 0,135mg/ml.

- D'après d'autres études l'*Atriplex halimus* peut avoir un pouvoir antioxydant très impressionnant en dépend d'autres solvant l'extrait acétonique à un EC = 0,039 mg/ml (**AZI et al., 2023**).
- Les résultats obtenus lors de la présente étude confirment l'existence d'une certaine corrélation entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antiradicalaire. Ainsi, la seule explication de cette indépendance activité anti- DPPH•-teneurs phénoliques est que la composition des extraits en polyphénols est différente. Ainsi, l'existence de certaines molécules individuelles responsables de cette activité peut influencer sur le pouvoir antiradicalaire.

- Nous pouvons conclure que la plante *Atriplex halimus* étudié peut être considérée comme une source potentielle d'antioxydants naturels, dont elle peut être utilisée en thérapeutique ou dans les différents domaines d'agroalimentaires comme additifs (en accord avec plusieurs d'autres travaux).

Partie 3 :**4. Résultats de l'évaluation de l'activité biopesticide (insecticide) des extraits d'*Atriplex halimus* contre les adultes de *Tribolium castaneum*:****a. Tests d'activité répulsive :**

- Ce test consiste à étudier l'effet répulsif de l'extrait éthanolique d'*Atriplex halimus* sur les adultes de *Tribolium castaneum*. Les résultats de ce test sont présentés dans les figures 19 et 20 qui se suivent :

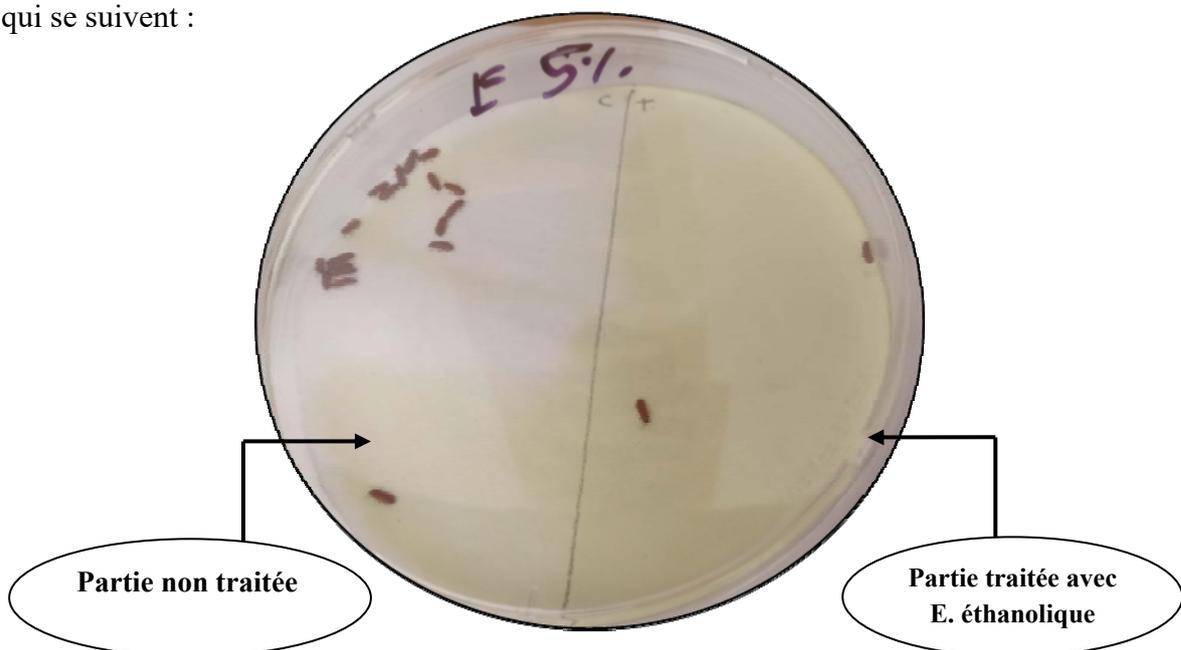


Figure 19 : Résultat de test répulsif de l'extrait éthanolique de la plante *Atriplex halimus* effectué sur *Tribolium castaneum* (Photo personnelle, 2024).

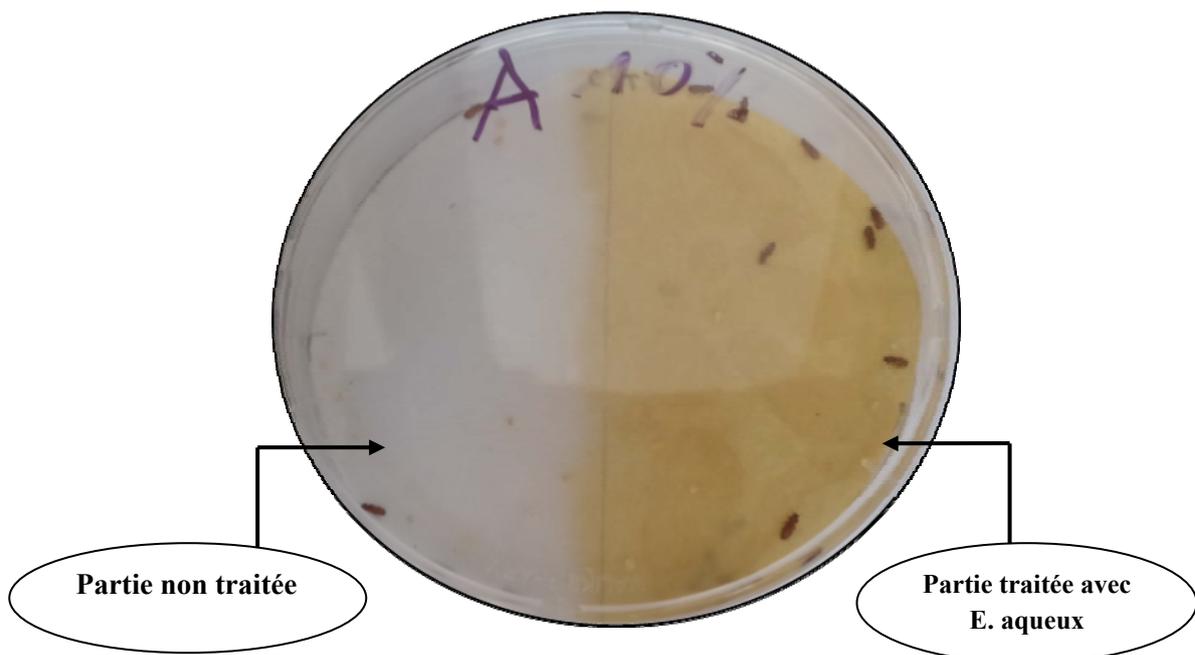


Figure 20 : Résultat de test répulsif de l'extrait aqueux de la plante *Atriplex halimus* effectué sur *Tribolium castaneum* (Photo personnelle, 2024).

- D'après ces résultats il semble bien qu'il y'a une migration des adultes de *Tribolium castaneum* dans la partie non traitée avec l'extrait.

Nous constatons aussi qu'il y a une variation de taux de répulsion entre les lots traités par différentes concentration testées en fonction les doses et le temps étudié. Nous pouvons noter que les doses 5 % et 10 % d'extrait aqueux sont considérées comme classe 0 selon le classement de **Mc Donald et al. (1970)** avec un PR % négatif (pas d'activité répulsive) à partir de la première heure et reste stable jusqu'à 24h. Alors que les doses 2.5 % et 1.25 % semblent avoir une capacité de répulsion modérée de classe I et classe II respectivement. (Tableau 9)

Tableau 9 : Résultats de tests d'activité répulsive de l'extrait aqueux d' *Atriplex halimus*.

Extrait aqueux				
30 min				
Concentration	10%	5%	2,50%	1,25%
T	13	12	9	9
C	7	8	11	11
PR%	-30	-20	10	10
Classe	Classe 0	Classe 0	Classe I	Classe I
60 min				
Concentration	10%	5%	2,50%	1,25%
T	13	13	9	7
C	7	7	11	13
PR%	-30	-30	10	30
Classe	Classe 0	Classe 0	Classe I	Classe II
120 min				
Concentration	10%	5%	2,50%	1,25%
T	15	13	7	9
C	5	7	13	11
PR%	-50	-30	30	10
Classe	Classe 0	Classe 0	Classe II	Classe I

- Concernant les résultats obtenus de l'extrait éthanolique et sont illustrés dans le tableau 10 paraissent contradictoires et confus pour les concentrations élevées (10 %), on dirait que insectes étaient incapables de se migrer ou faisaient une sorte de syncope. (Figure 19 et voir ANNEXE (Tableau 11))

- Alors que la dose 5 % a donné un résultat remarquable après deux heures marquant un taux PR 100% (classe V selon **Mc Donald et al., 1970**) mais les concentrations 2.5 % et 1.25 % ont révélé un taux PR% modéré entre 20 - 50% (considérées comme classe I et III respectivement).

Tableau 10 : Résultats de tests d'activité répulsive de l'extrait éthanolique d' *Atriplex halimus*.

Extrait éthanolique				
30 min				
Concentration	10%	5%	2,50%	1,25%
T	7	1	9	5
C	13	19	11	15
PR%	30	90	10	50
Classe	Classe III	Classe V	Classe I	Classe III
60min				
Concentration	10%	5%	2,50%	1,25%
T	4	0	11	5
C	16	20	9	15
PR%	60	100	-10	50
Classe	Classe III	Classe V	Classe 0	Classe III
120 min				
Concentration	10%	5%	2,50%	1,25%
T	3	20	8	5
C	17	0	12	15
PR%	70	-100	20	50
Classe	Classe IV	Classe 0	Classe I	Classe III

- Selon El-Kamali (2009), l'extrait éthanolique d'*Atriplex halimus* a prouvé aussi ses capacités insecticides contre cet insecte.
- Les résultats des tests d'activité répulsive des extraits éthanolique et aqueux de la plante *Atriplex halimus* sont très encourageants. Des études supplémentaires sont nécessaires pour développer une formulation adaptée de cette huile : son efficacité pourrait ainsi être considérablement améliorée.

b. Tests de toxicité de contact :

- Les extraits de la plante *Atriplex halimus* se sont révélés toxique pour les adultes de *Tribolium castaneum* mais l'extrait éthanolique semble avoir un pouvoir toxique fascinant (la figure 21).



Figure 21 : Résultat de tests de toxicité de contact des extraits de la plante *Atriplex halimus* effectués sur *Tribolium castaneum* (Photo personnelle, 2024).

- Dans le test de toxicité par contact, la DL50 d'extrait aqueux était de 10 % après une heure d'exposition. Au fur et à mesure qu'une période de temps passe l'effet est plus évident (Tableau 11). Alors que la DL50 d'extrait éthanolique était 1.25 % comme le montre le tableau 12

Tableau 11 : Résultats de tests de toxicité de contact de l'extrait aqueux d'*Atriplex halimus*.

Extrait aqueux					
30 min					
Concentrations	10%	5%	2,50%	1,25%	Témoins
Mortalité %	10	15	15	10	20
60 min					
Concentrations	10%	5%	2,50%	1,25%	Témoins
Mortalité %	50	25	10	15	25
120 min					
Concentrations	10%	5%	2,50%	1,25%	Témoins
Mortalité %	85	70	65	75	30

Tableau 12 : Résultats de tests de toxicité de contact de l'extrait éthanolique d'*Atriplex halimus*

Extrait éthanolique					
30 min					
Concentrations	10%	5%	2,50%	1,25%	Témoins
Mortalité %	95	80	70	55	15
60 min					
Concentrations	10%	5%	2,50%	1,25%	Témoins
Mortalité %	95	90	85	75	20
120 min					
Concentrations	10%	5%	2,50%	1,25%	Témoins
Mortalité %	100	95	85	80	30

- D'après Laimeche, 2018, le taux de mortalité enregistré après 96 heures pour le fort dose testé par l'extrait éthanolique d'*Atriplex halimus*, 60% avec une $DI_{50} = 7g/ml$ pour *T.castanum*, cette dose semble être plus élevée que celle obtenue dans nos résultats. Cette dissimilitude ne peut être expliquée que par les différents facteurs déjà mentionnés (la méthode d'extraction, le patrimoine génétique, la période de récolte et le stade de développement de la plante, les facteurs climatiques (température élevée...etc.), environnementaux (Zone géographique, sol, salinités.).

- Sur la base de ce qui précède, le mécanisme de mort chez les adultes de *Tribolium castaneum* traités avec les extraits de l'*Atriplex halimus* peut être dû à l'effet synergique entre différents groupes phytochimiques du mélange complexe de composés testé, qui peuvent réagir avec diverses cibles moléculaires.

- D'après les résultats obtenus nous montrent que les substances naturelles utilisées exercent bonne action insecticide à l'égard de *Tribolium castaneum*, leur toxicité varie selon les doses utilisées et les stades étudiés. Il est donc très intéressant de poursuivre ces travaux en mettant en évidence l'action synergique de ces extraits dans la lutte contre les insectes ravageurs des grains stockés.

Conclusion et perspectives

Notre travail est une contribution à la valorisation de plante algérienne *Atriplex halimus* connue sous le nom de « Guettaf ». Pour objectif de réaliser une caractérisation de son activité antioxydante ainsi que son pouvoir insecticide contre l'insecte *Tribolium castaneum*.

Le dosage de polyphénols effectué par la méthode colorimétrique montre une teneur appréciable qui est de l'ordre de 27.68mg/g contenu dans l'extrait éthanolique et de 22.47mg/g contenu dans l'extrait aqueux de la plante. Alors que les flavonoïdes représentent respectivement 17.5% et 37% de ces polyphénols.

L'étude de l'activité antioxydante des extraits issus de cette espèce *Atriplex halimus* selon la méthode du piégeage du radical libre DPPH a montré que l'extrait aqueux possède un pouvoir antioxydant modéré et supérieur à celui de l'extrait éthanolique, leur EC50 respective est de 3.99 mg/ml et 45.8 mg/ml. Ces extraits pourraient donc constituer une alternative à certains additifs synthétiques. Cette activité reste néanmoins nettement inférieure à celle de l'acide ascorbique.

Nous avons déduit aussi que le traitement que ce soit par contact ou par test répulsif contre genre **Tribolium** avec les extraits éthanolique et aqueux *d'Atriplex halimus* ont un effet prometteur dans la défense des céréales stockées contre les attaques des triboliums de la farine rouge. Il est remarqué que l'extrait éthanolique montre une efficacité plus importante que l'extrait aqueux. La DL50 d'extrait éthanolique était 1.25 %, alors que la DL50 d'extrait aqueux était de 10 % après une heure d'exposition. Au fur et à mesure qu'une période de temps passe l'effet est plus évident. Ceci pourrait constituer une approche alternative complémentaire aux traitements insecticides classiques pour éviter les effets néfastes de ces derniers sur l'homme et l'environnement.

A l'issue de ce travail, nous suggérons comme perspectives pour une bonne exploitation ces matières végétales :

- Déterminer la composition chimique des extraits qui ont donné des effets bénéfiques,
- Etudier les autres activités des extraits et huiles essentielles : anticancéreuse, antifongique, antivirale, antiparasitaire, , anti-inflammatoires ...etc.
- Cibler d'autres ravageurs afin d'élargir le spectre d'action de ces extraits,
- Etudier l'*Atriplex halimus* de chaque région pour savoir qu'elle est la plus efficace.

Références bibliographiques

- A -

Abbad A, Cherkaoui M, Wahid N, El Hadrami Ab Et Benchaabane A.R. 2004. Variabilités phénotypique et génétique de trois populations naturelles d'Atriplex. C.R. Biologies, 327 : 371- 380.

Adier, J.H, Lazarovici, G. et Marton, M. 1986. The diabetic response of weanling sand rats (*Psammomysobesus*) to diets containing différent concentrations of saït bush (*Atriplex halimus*). Diabètes Res, Vol. 3: 169-171.

Aharonson Z., Shani (Mishkinsky) J., Sulman F.G., 1969. Hypoglycaemic effect of the salt bush (*Atriplex halimus*) - a feeding source of the Sand Rat (*Psammomysobesus*), *Diabetologia*, Vol. 5, Issue: 6, 1969, pp. 379-383.

Alicata, M. L., Amato, G., Bonanno, A., Giambalvo, D., & Leto, G. (2002). In vivo digestibility and nutritive value of *Atriplex halimus* alone and mixed with wheat straw. *The Journal of Agricultural Science*, 139(2), 139.

Alvarez S, Mendez P, Díaz C, Briggs H, Fresno M, 2008. Forage from the Canary Isles (Spain) adapted to arid lands. *J. Anim. Vet. Adv*, 7: 359-363.

DELOBEL ALAEX et MAURICE TRAN. ,1993-Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, 275p.

ANDI. Agence Nationale de Développement de l'Investissement. 2015. Wilaya de Saida. Available at <http://www.andi.dz/>.

Anonyme, 2000. La forêt Algérienne. Revue d'information et du vulgarisation N 03, PP : 13-14.

AZI Safa, 2023. Etude de l'activité antioxydante et antibactérienne de la plante *Atriplex halimus* L. (mémoire)

- B -

Baba Sidi-Kaci S. 2010. Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'*Atriplex* en vue d'une valorisation agronomique. Thèse de magistère, université Kasdi Merbah, Ouargla, 20 p.

Belarbi, A., (2018). Etude physiologique et phytochimique de la tolérance aux métaux lourds « Pb,Cr(III) et Cr(VI) » par l'*Atriplex Halimus* L. Thèse pour obtention du diplôme de doctorat en Sciences. Mostaganem, Université Abdelhamid Ben Badis, 281 pages.

- Bellakhdar, J.** (1997). Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle au Maroc: la situation actuelle, les produits, les sources du savoir (enquête ethno pharmacologique de terrain réalisé de 1969 à 1992). Université Paul Verlaine-Metz.
- Benhammou, N., Atik Bekkara, F., KadifkovaPanovska, T,** 2009. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. C. R. Chimie, 12: 1259–1266.
- Benrebiha F Z.,** 1987. Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales et introduites. Mémoire de magister en sciences agronomiques, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger : 5- 20.
- Bouchoucha M., Ouezeta R.** 2018. Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité hypoglycémiante et anti-hyperglycémiante de l'extrait méthanolique d'*Atriplexhalimus.L.* université des Frères Mentouri, Constantine-1-,92p.
- Boussaid M., BEN FADHEL N., Zaouali Y., BEN SALAH A., ABDELKEFI A.** (2001) : "Plantes pastorales en milieux arides de l'Afrique du Nord", *Options Médit.*, 46, 55-59.
- Bouزيد Aman, BenabdeliKheloufi,** 2011. Contribution élémentaire à l'étude de l'impact de l'*Atriplex halimus* sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques du sol en Algérie occidentale. In:*Ecologiamediterranea*, tome 37 n°1, 2011. pp. 33-43.
- Bonnier G et Douin R.** (1996). Ha grande flore en couleur in vitro : Bulletin de liaison du réseau de coopération sur l'*Atriplex* N°2.octobre 1996.

- C -

- Castroviejo M., Inbar M., Gomez-Villar A., Garcia-Ruiz J M.,** 1990:Cambios en el cauceaguasabajo de unaprsa de retention de sedimentos », I ReunionNacional de Geomorfologia, Teruel : 457-468.
- Chikhi I, Allali H, Dib MEA, Medjdoub H, Tabeti B,** 2014. Antidiabetic activity of aqueous leaf extract of *Atriplex halimus L.*(Chenopodiaceae) in streptozotocin-induced diabetic rats. Asian Pacific journal of tropical disease4:181-184.
- Chisci, G.C., Bazzoffi, P., Pagliai, M., Papini, R., Pellegrini, S., Vignozzi, N.,** 2001. Associationofsulla and atriplex shrub for the physical improvement of clay soils and environmental protection in central Italy. Agric. Ecosys. Environ. 84, 45e53.
- Chehma A.** (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algériens. Ed. Labo. Sys. Univ. Ouargla, 141p.

Cibilis. A.F, Swift. D.M et McArthur. E.D, 1998. Plant-herbivore interactins. In: *Atriplex: current state of knowledge*. US Department of Agriculture. Forest Service General Report RMRS-GTR-14, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins CO, USA.

C .Rahmoune, S.Maàtem, M . Bennaceur.,(2004) "Effets comparés de la fertilization phosphatée sur l'Atriplex Cultivé en zone semi-aride du Nord-Est algérien", Jn: *Camtero-Martinez C*. Vol 60,pp213-217.

CRUZ J F et DIOPA.,1989-Gémie agricoles et développement :Techniques d'intreposage . Bulletin des services agricoles de la FAO ,124p.

- D -

DE-GROOT.,2004- Protection des céréales et des légumineuses stockées,74p

Dutuit P, 1999. Etude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* pour le repérage in vitro d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu et constitution de clones. Publié par CTA. P:137-141.

Dutuit, P, Pourrat, Y., &Dodeman, V. L. (1991). Stratégie d'implantation d'un système d'espèces adaptées aux conditions d'aridité du pourtour méditerranéen. *L'améliorationDes Plantes Pour l'adaptation Aux Milieux Arides*. John LibbeyEurotext.

Dutuit, Pierre, Pourrat, Y., & Dutuit, J.-M. (1994). La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, 5(1), 23–31.

Duperat M., 1997 : Le guide des arbres et arbustes de France. Ed, sélection du Reader's Diges, 255 P.

- E -

EMAM S.S. (2011): "Bioactive constituents of *Atriplex halimus* plant", *j. Nat. Prod.*, 4, 25-41.

El-Waziry A.M.; Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using in vitro gas production technique; *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3(6): 605-614.

EL-Kamali, 2009. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 3(2): 139-142, 2009. ARTICLE ISSN 1995-0748.

- F -

Fallah, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M. et Abdelley, C. (2008). Phenolic composition of *Cynaracardunculus L.* organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies* 331 : 372-379.

Froment D., 1972: Etablissement des cultures fourragères d'*Atriplex* en Tunisie central. Bull recherche Agro.C.E.M.L.Vol Extra: 590-600.

- G -

Gharaibeh M.A, El Taif N.I And Albalasmeh A.A., 2011. Reclamation of highly calcareous saline sodic soil using *Atriplex halimus* and by product gypsum. *International Journal of Phytoremediation*, n°13, 873-883.

Glenn, E. P., & Brown, J. J. (1998). Effects of soil salt levels on the growth and water use efficiency of *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae) varieties in drying soil. *American Journal of Botany*, 85(1), 10–16.

Glenn, G. M., Orts, W. J., & Nobes, G. A. R. (2001). Starch, fiber and CaCO₃ effects on the physical properties of foams made by a baking process. *Industrial Crops and Products*, 14(3), 201–212.

Grantz, A., Clark, D. L., Phillips, R. L., Srivastava, S. P., Blome, C. D., Gray, L. B., Haga, H., Mamet, B. L., McIntyre, D. J., & McNeil, D. H. (1998). Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada basin, and the geometry and timing of rifting in the Amerasia basin, Arctic Ocean. *Geological Society of America Bulletin*, 110(6), 801–820.

Guittonneau G.G. et Huon A., 1983. Connaître et reconnaître la flore et la végétation Méditerranéennes. Ed., Ouest - France. 331p.

- H -

Hadjadj S, Bayoussef Z, Ould El Hadj-Khelil A, Beggat H, Bouhafs Z, Khaldi IA et al. 2015. Ethnobotanical study and phytochemical screening of six medicinal plants used in traditional medicine in the Northeastern Sahara of Algeria (area of Ouargla). *Journal of Medicinal Plants Research* 2015 ; 8(41):1049-1059.

Hayouni E.A., Abedrabba M., Bouix M., Hamdi M. 2007. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chemistry* 105(3) :1126-1134.

He, X., Mouratov, S., Steinbeger, Y., 2002. Spatial distribution and colonization of arbuscular mycorrhizal fungi under the canopies of desert halophytes. *Arid Land Res. Manag.* 16, 149-160.

Houérou H.N., (1992). The rôle of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land réhabilitation in the: Osmond C.B., Bjorkman O., et Anderson D.J., 1980 - physiological process in plant ecology. *Toward a semi arid lands.* Ed. Academic press. INC, New York (U.S.A), p 601-642.

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

- J -

Janaki, S., Zandi-Sohani, N., Ramezani, L., Szumny, A., 2018. Chemical composition and insecticidal efficacy of *Cyperus rotundus* essential oil against three stored product pests. *Int. Biodeterior Biodegrad.* 133, 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.06.008>.

- K -

Kefifa A., Saidi A., Hachem K., Mehalhal O(2018) An ethnobotanical survey and quantitative study of indigenous medicinal plants used in the Algerian semi-arid region. *Phytotherapie.* <https://doi.org/10.3166/phyto-2018-0077>.

Kim D.O., Chun O.K., Kim Y. J., Moon H.Y., et Lee C.Y. (2003) Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agriculture and Food Chemistry.* 51(22), 6509-6515.

KILLIAN C (1953):La végétation autour de chott Hodna indicatrice des possibilités culturelles et son milieu édaphique. *An.Inst. Agro.* Tome VII, Pp: 51-80.

Koechlin-Ramonatxo C. (2006) Oxygen, oxidative stress and antioxidant supplementation, or another way for nutrition in respiratory diseases. *Nutrition Clinique et Métabolique.* 20, 165-177.

Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., Abdelly C. (2007). Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakilemaritima*. *Plant.PhysiolBioch.,* 45, 244-249.

- L -

Laimeche Wafa, 2018. Contribution à l'étude de la bioactivité des extraits de quatre plantes aromatiques et médicinales (*Tamarix gallica*L, *Atriplex halimus* L, *Zygophyllum cornutum* Coss, *Sonchus oleraceus* L), sur un ravageur de denrées stockées *Tribolium castaneum* Herbst (Mémoire 2018)

LE Flo'c'h E, 1989:*Plantation d'arbustes fourragers. Bilan préliminaire de 30 ans de pastoralisme*, rAB/84/025, FAO, 240 p.

Lee S.E. (2002). Biochemical mechanisms conferring cross-resistance to fumigant toxicities of essential oils in a chlorpyrifos-methyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). *Journal of Stored Products Research*, 38 : 157-166.

LIPPERT F.,1988- Utilisation des plantes aromatiques et médicinales en agriculture.,150p.

Lutts S., Lefèvre I., Delpérée C., Kivits S., Dechamps C., Robledo A. & Correal E., 2004, Heavy metal accumulation by the halophyte species Mediterranean saltbush, *Journal of Environmental Quality* 33: 1271–1279.

- M -

Marouf. A, 2003. Les saponines et flavonoïdes de trois plantes médicinales : (*Achyranthes bidentata*BL : *Atriplex halimus* L. et *Zyziphus mucronata* Wild.) détermination structurale et approche biologique. Thèse de doctorat. Université d'Oran, 121-124.

MALLAMAIRE A., 1965- Les insectes nuisibles aux semences et aux denrées entreposées au Sénégal. Congrès de la protection des cultures tropicales-compte rendu des travaux. Chambre de commerce de l'industrie de Marseille, France, 85-92p.

McDonald, L. L., Guy, R. H. and Speirs, R. D., 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report Number 882 (Washington: Agricultural Research, Service, US Department of Agriculture pp. 8.

Mirsky, Nitsa, 2001. Naturally extracted and synthetic hypoglycemic or hypolipidemic compositions. Application N° 09/ 842-971. Thomasset S, Berry D, Garcea G, Marczylo T,

Miliauskas. G., Venskutonis P.R., et Van Beek T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food chemistry*., 85 : 231-237.

Mozafar, A., Goodin, J.R., 1970. Vesiculated hairs: a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. *Plant Physiol.* 45, 62-65.

Mulas M., Mulas G. 2004- Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Revue bibliographique. Short and Medium - Term Priority Environmental Action Programme (SMAP).

- N -

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.

Neima K. Al-Senosy, Ahmed Abou-Eisha and Ekram S. Ahmad, 2018. Cytotoxic effects of *Atriplexhalimus* on human cancer cell lines. *Bioscience Research*, 2018 volume 15(3): 1718-1728.

Negre R.1961. Petite flore des régions aride du Maroc occidental tome (1). Ed C.N.R.S, Paris, 179 p.

Njoya, E. M. (2021). Medicinal plants, antioxidant potential, and cancer. *Cancer*, Elsevier:349-357.

- O -

OZENDA P., 1991- Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} édition. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, 662 p.

Ozenda P. Flore du Sahara. Centre national de la recherche scientifique Paris.1983, pp.225.

- P -

Pei, Y.Q., (1983): A review of pharmacology and clinical use of piperine and its derivatives. *Epilepsia*, 24 : 177-182.

Penchev, 2010.Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. P 239.

Pisoschi, A.M., Cheregi, M.C & Danet, A.F. (2009). Total Antioxidant Capacity of Some Commercial Fruit Juices: Electrochemical and Spectrophotometrical Approaches. *Molecules*, 14(1), 480-493.

POUGET M., 1971 :Etudes agro pédologique du bassin de Zehrez El Gharb (feuille de roche de sel) R.A.D.P. Secrétariat d'état à l'hydraulique, Alger. 12 : 1261-1377.

Pourrat, Y. et Dutuit, P. (1994) Étude précoce des effets morphologiques et physiologiques du rapport sodium/calcium in vitro sur une population d'*Atriplexhalimus*. John LibbeyEurotext. Paris, pp. 283-295.

- R -

Rached.W, 2009. Évaluation du potentiel antioxydant de plantes médicinales et analyse phytochimique, thèse de magistère.

Ratriyanto, A., Mosenthin, R., Bauer, E., Eklund, M., 2009. Metabolic,osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals. *Asian-Australas. J.Anim. Sci.* 22, 1461e1476.

Redondo-Gómez S, Mateos-Naranjo E, Vecino-Bueno I, Feldman SR, 2011. Accumulation and tolerance characteristics of chromium in a cordgrass Cr-hyperaccumulator, *Spartinaargentinensis*. *J. Hazard. Mater*, 185 : 862-9. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.09.101.

RICARD T ,Natural- enemies as control agents for stored-Product Insects.Stored-Product Insects Research and Development Laboratory Agricultural Rresearch Service Savannah,Georgia 31403,360p.

- S -

Sadder, M.T., Al-Doss, A.A., Anwar, F., 2011. Salt tolerant transcriptome from *Atriplex halimus*. In: Abstract: Plant & Animal Genomes XIX Conference 2011, San Diego,CA, U.S.A.

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.

Samira.B T ; Mahfoud.H M ; Mohamed. Y, 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 Sciences et Technologie. Vol. 7, N° 1.

Sánchez-Moreno, C., J. A. Larrauri, et al.(1998). "A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols." Journal of the Science of Food and Agriculture **76** (2): 270-276.

SECK D.,1989- importance et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs de mil et de niébé en zone sahélienne. Rev.sénégal des recherches agric ,vol :2,n°3-4-1989.

Singleton V.L.et Rossi J.A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Technology and Viticulture. 16, 144-153.

Streb, P., Tel-Or, E., Feierabend, J., 1997. Light stress effects and antioxidative protection in two desert plants. Funct. Ecol. 11, 416-424.

Suhaj, M., 2006. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. Journal of Food Composition and Analysis 19, 531–537.

- T -

Talamali A., Bajji M., Le Thomas A., Kinet J. M., et Dutuit P. Flower architecture and sex determination: how does Atriplex halimus play with floral morphogenesis and sex genes? Journal of New Phytologist. 157(1). 2003, pp. 105-113.

Tadhani, M.B., Patel, V.H., et Subhash, R., 2007. In vitro antioxidant activities of Stevia rebaudiana leaves and callus. Journal of Food Composition and Analysis. 20, 323-329.

- W -

Walker, D., Lutts, S., Sanchez-Garcia, M. et Correal, E. (2014). *Atriplex halimus* L.: Its biology and uses. *Journal of Arid Environments*, 100 - 101(0):111 – 121.

Wang, D., Liu, Z. Guo, M. and Liu, S., (2004): Structural elucidation and identification of alkaloids in *Rhizomacoptidis* by electrospray ionization tandem mass spectrometry. *J. Mass Spectrum*. 39, 1356-1365.

White, A. F., Blum, A. E., Schulz, M. S., Bullen, T. D., Harden, J. W., & Peterson, M. L. (1996). Chemical weathering rates of a soil chronosequence on granitic alluvium: I. Quantification of mineralogical and surface area changes and calculation of primary silicate reaction rates. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(14), 2533–2550.

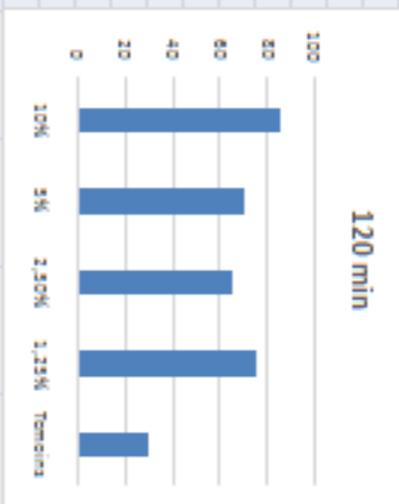
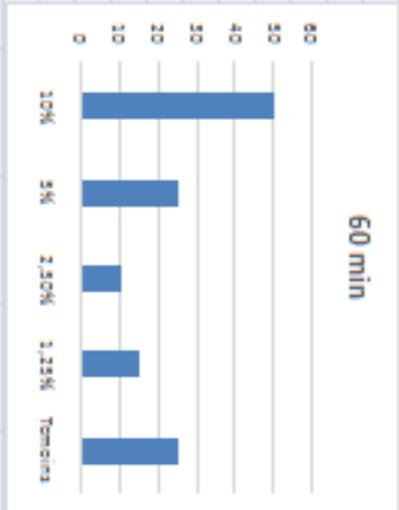
Walker D-J, Lutts S, Sanchez-Garcia M, Correal E. 2014. *Atriplex halimus* L. Its biology and uses. *Journal of Arid Environments*, 100, 11-121.

Annexes

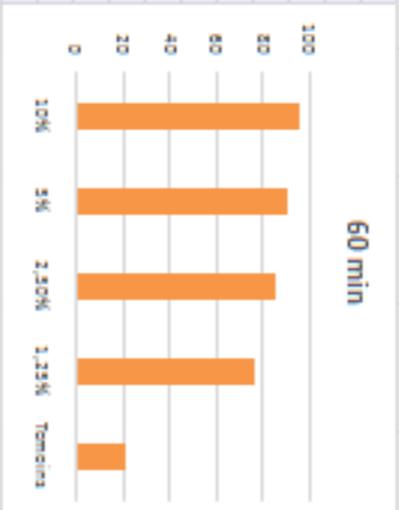
Le matériel et les produits utilisés (Tableau 13)

Matériel	Produits	Verreries
broyeur	Eau distillée	Cristallisoir à bec
Soxhlet	Ethanol	Buchner
Spectrophotomètre	Folin–Ciocalteu	Tubes à essais
Réfrigérateur	carbonate de sodium ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$)	Fiole jaugée
Etuve	nitrite de sodium (NaNO_2)	Flacons
Vortex mixer	Chlorure d'aluminium (AlCl_3)	Boîtes de Pétri
Balance électronique de précision	DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil)	
Micropipettes	Acide ascorbique (vitamine C)	
Micro-seringue		
Papier wattman		
spatule		
Pinces		

Extrait aqueux



Extrait ethanologique



Résultat de Test de toxicité de contact