

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté Des Sciences De La Nature et De La Vie
Département Des Sciences agronomiques



N° d'ordre :
Série :

Thèse

Pour l'obtention du diplôme de

Doctorat LMD

En sciences agronomiques

Option : Agriculture et Environnement en Régions Arides

Thème :

***Etude ethnobotanique de six plantes
halophytes et leurs pouvoir
insecticides sur Tuta absoluta(Mey.)
(Lepidoptera, Gelechiidae)***

Présentée par : BEHAZ F. ZOHRA

JURY :

TARAI Nacer	Professeur	Univ. Biskra	Président
DEMNATI Fatma	Professeur	Univ. Biskra	Directrice de thèse
BAKROUN Nour Elhouda	MCA	CRSTRA	Examinatrice
HADJEB Ayoub	Professeur	Univ. Biskra	Examineur

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Avant tout, j'adresse mes remerciements à ALLAH, le Tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a données durant toutes ces longues années d'études et pour la réalisation de ce travail que j'espère être utile.

*Mes très profondes reconnaissances et mes sentiments les plus sincères vont à ma Directrice de thèse, à **Mme Demnati Fatma** ; ma promotrice, pour m'avoir aidé et soutenu dans les moments les plus délicats. Je la remercie pour ses orientations, ses précieux conseils, ses critiques, ses encouragements, sa confiance et sa générosité durant la réalisation de ce travail.*

*Je remercie infiniment **Pr. Tarai Naceur**, pour le grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider le jury de cette soutenance et pour le temps et l'énergie que vous avez consacrés pour évaluer notre travail et d'avoir eu l'amabilité de partager vos connaissances. Veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération.*

*Je remercie aussi **Mme. Bakroune Nour Houda** et **Pr. Hadjeb Ayoub** d'avoir accepté de siéger parmi les membres du jury, pour le temps et l'énergie que vous avez consacrés pour évaluer notre travail.*

Enfin, je remercie tous les professeurs du département des sciences Agronomiques.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Dédicace

J'ai toujours pensé faire ou offrir quelque chose à mes parents en guise de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion est venue. À ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience. À ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.

A ma mère:

Je voudrais à travers ce modeste travail, te rendre un hommage mérité et te dire combien je suis fier de l'éducation que tu m'as donnée.

A mon père :

Tu as su me hisser vers le haut pour atteindre mon objectif et être celle que je suis aujourd'hui, Que Dieu, le tout puissant, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

A mes frères et mes belles sœurs :

Les mots me manquent pour vous remercier, le support que vous m'avez apporté est tout simplement inestimable.

A mes enfants :

Vous êtes ma plus grande inspiration, ma force et ma joie. Que ce projet soit un témoignage de mon amour et de mon engagement à construire un avenir meilleur pour vous. Votre soutien silencieux est ma plus grande récompense. Je vous aime plus que tout.

A toute ma famille du plus petit au plus grand. A tous mes proches, mes amies et à toutes les personnes qui m'aiment.

À chaque individu ayant prié pour ma réussite

LISTE D'ABREVIATION

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

A : Atriplex

T : Tetraena

T : Tamarix

P : Peganum

C : Citrillus

H : Hammada

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

MT : Médecine Traditionnelle

MTCA : Médecine Traditionnelle complémentaire et alternative

Rio : Sommet de la Terre de Rio de Janeiro

DL50 : La Dose Létale 50%

D : Dose

T : Témoin

ITDAS : Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne

DPSB-Biskra : Direction de la Protection des Sols et de la Biodiversité de Biskra

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01	Régions de récolte et parties utilisées.....	53
Tableau 02	La description socio-démographique des informateurs.	59
Tableau 03	Utilisation des plantes étudiées dans la médecine traditionnelle dans la région de Biskra.....	61-62
Tableau 04	Facteur de Consensus des Informants (ICF) pour différentes catégories de maladies.....	65
Tableau 05	Fréquence de citation (FC %) des plantes étudiées selon les maladies traitées.....	67
Tableau 06	Pourcentage de rendement des extraits des plantes.....	71
Tableau 07	Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait d' <i>A. halimus</i>	72
Tableau 08	Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de <i>T. cornuta</i>	72
Tableau 09	Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de <i>Hammada</i> .	73
Tableau 10	Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de Tamaris.	74
Tableau 11	Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de Coloquinte	74
Tableau 12	Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de <i>P.harmala</i>	75
Tableau 13	Analyse de la variance de mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	76
Tableau 14	Test de Newman et Keuls analyse de différences de mortalité en fonction du temps.....	76
Tableau 15	Test de Newman et Keuls de mortalité en fonction du temps.....	77
Tableau 16	Test de Newman et Keuls de mortalité en fonction d'extrait de plante	78
Tableau 17	Test de Newman et Keuls de mortalité en fonction de dose.....	79
Tableau 18	Détermination de la DL50 pour chaque temps.....	80
Tableau 19	Pourcentage d'éclosion des œufs de <i>Tuta absoluta</i>	84
Tableau 20	Analyse de la variance des effets des extraits des plantes sur l'éclosion des œufs de <i>T. absoluta</i>	85
Tableau 21	Effet répulsif des extraits des plantes sur les femelles de <i>Tuta absoluta</i>	86
Tableau 22	Mortalité des chrysalides en fonction des extraits de plantes.....	88
Tableau 23	Analyse de la variance de mortalité des chrysalides en fonction des extraits de plantes.....	89

LISTES DES FIGURES

Figure 01	Cycle de vie de la mineuse de la tomate.....	34
Figure 02	Dégâts de la mineuse dans une serre.....	36
Figure 03	Situation géographique de la région de Biskra.....	42
Figure 04	<i>Atriplex halimus</i>	45
Figure 05	<i>Tetraena cornuta</i>	46
Figure 06	<i>Hammada scoparia</i>	47
Figure 07	<i>Tamarix gallica</i>	47
Figure 08	<i>Citrullus colocynthis</i>	48
Figure 09	<i>Peganum harmala</i>	49
Figure 10	Différentes étapes d'extraction.....	54
Figure 11	Evaporer le solvant par Rotavapeur.....	54
Figure 12	Test de sensibilité réalisé sur les larves de <i>Tuta absoluta</i>	56
Figure 13	Test de sensibilité réalisé sur les œufs de <i>Tuta absoluta</i>	56
Figure 14	Test de sensibilité réalisé sur les chrysalides de <i>Tuta absoluta</i>	57
Figure 15	Distribution des plantes enregistrées selon la valeur d'importance familiale.....	60
Figure 16	Méthode de préparation des plantes.....	63
Figure 17	Parties de plantes utilisées en phytothérapie selon l'indice PPV.....	64
Figure 18	Détermination de la DL50 de l'extrait de <i>Atriplex halimus</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	80
Figure 19	Détermination de la DL50 de l'extrait de <i>Tetraena cornuta</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	80
Figure 20	Détermination de la DL50 de l'extrait de <i>Hammada scoparia</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	81
Figure 21	Détermination de la DL50 de l'extrait de <i>Tamarix gallica</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	81
Figure 22	Détermination de la DL50 de l'extrait de <i>Citrullus colocynthis</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	82
Figure 23	Détermination de la DL50 de l'extrait de <i>Peganum harmala</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	82
Figure 24	Variation de pourcentage de la moyenne d'éclosion des œufs de <i>T.absoluta</i> en fonction de dose des extraits des six plantes.....	85
Figure 25	Le pourcentage d'effet répulsif des extraits de plantes sur la ponte des femelles de <i>Tuta absoluta</i>	87
Figure 26	Mortalité des chrysalides de <i>Tuta absoluta</i> en fonction des extraits des plantes.....	89

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale..... 1

Partie bibliographique

Chapitre I : Ethnobotanique et Médecine traditionnelle

I.	Ethnobotanique.....	5
1.	Historique de l'ethnobotanique.....	5
2.	L'intérêt de l'ethnobotanique	6
3.	Les enquêtes.....	6
4.	Objectifs d'une enquête ethnobotanique	7
5.	Les études ethnobotaniques en Algérie.....	7
II.	Médecine traditionnelle.....	9
1.	Définition de la médecine traditionnelle.....	9
2.	Histoire de la médecine traditionnelle.....	9
3.	Avantages et inconvénients de la médecine traditionnelle.....	10
3.1.	Les avantages de la médecine traditionnelle.....	10
3.2.	Les inconvénients de la médecine traditionnelle.....	11
4.	La médecine traditionnelle en Algérie.....	11
5.	La médecine traditionnelle dans diverses régions du monde.....	12
5.1.	En Afrique.....	12
5.2.	En Amérique.....	13
5.3.	En Asie du Sud-Est.....	13
5.4.	En Europe.....	13
5.5.	La méditerranée orientale.....	14
5.6.	En pacifique occidentale.....	14
6.	Utilisation des plantes médicinales (Phytothérapie).....	15
6.1.	Définition.....	15
a)	Phytothérapie traditionnelle (classique).....	15
b)	Phytothérapie clinique (moderne).....	15
6.2.	Principe de la phytothérapie.....	16
6.3.	Avantages de phytothérapie.....	16
7.	Principaux modes d'utilisation des plantes médicinales.....	17
7.1.	Infusion.....	17
7.2.	Décoction.....	17
7.3.	Macération.....	17
7.4.	Poudre.....	18
7.5.	Cataplasme.....	18
8.	Mode d'emploi.....	18
8.1.	Tisane.....	18
8.2.	Les inhalations	18
8.3.	Gargarisme	18

8.4.Les gélules et comprimés	18
8.5.Les compresses	18
8.6.Teinture.....	19
8.7.Le bain	19
8.8.Les onguents ou pommades.....	19

Chapitre II : Les plantes halophytes médicinales

1. Introduction, Définition et caractéristiques générales des halophytes.....	20
2. Les différents groupes de principes actifs.....	21
2.1.Les polyphénols.....	21
a) Les acides phénoliques.....	22
b) Les flavonoïdes.....	22
c) Les lignines.....	22
d) Les tanins.....	23
e) Les coumarines.....	23
f) Les anthocyanes.....	23
2.2.Les alcaloïdes.....	23
2.3.Les terpènes et les stéroïdes.....	24
2.4.Les saponines.....	24
2.5.Les huiles essentielles.....	24
3. Facteurs influençant la composition chimique des plantes halophytes.....	25
3.1.Facteurs intrinsèques (génétiques et physiologiques).....	25
a) Espèce et génotype.....	25
b) Organe végétal étudié.....	25
c) Stade phénologique (âge et développement).....	26
d) Activité enzymatique et régulation métabolique.....	26
3.2.Facteurs extrinsèques (environnementaux et écophysiologiques).....	26
a) Salinité du sol.....	26
b) Conditions climatiques.....	26
c) Nature du sol et disponibilité en nutriments.....	26
d) Facteurs biotiques.....	27
3.3.Facteurs post-récolte et technologiques.....	27
4. Intérêt médicinal et bioactif des halophytes.....	27
4.1.Capacité antioxydante.....	28
4.2.Activités antimicrobiennes et antifongiques.....	28
4.3.Activité anti-inflammatoire et analgésique.....	28
4.4.Activité insecticide.....	29
4.5.Autres propriétés biologiques.....	29
5. Importance écologique et économique.....	29
5.1. Importance écologique.....	29

5.2.Importance économique.....	30
6. Potentiel biotechnologique et perspectives.....	30
Chapitre III : Aspect biologique du ravageur <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) et de son hôte : La tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>).	
1. Introduction de <i>Tuta absoluta</i> en Algérie.....	31
2. Systématique.....	31
3. Biologie	32
A. L'œuf	32
B. La larve	32
C. Les chrysalides	33
D. L'adulte	33
4. Plantes hôtes.....	34
a) Caractéristiques nutritionnelles favorables	34
b) Performance biologique du ravageur sur tomate	34
c) Disponibilité et densité	35
5. Dégâts causés par <i>Tuta absoluta</i>	35
5.1.Types de dégâts.....	35
a) Dégâts sur les feuilles.....	35
b) Dégâts sur les tiges et bourgeons.....	35
c) Dégâts sur les fleurs et fruits.....	36
6. Impact physiologique des dégâts sur la plante.....	36
6.1.Réduction de la photosynthèse.....	36
6.2.Perturbations des échanges gazeux.....	36
6.3.Arrêt de la croissance.....	37
7. Pertes de rendement et impacts économiques.....	37
7.1.Estimations des pertes.....	37
7.2.Impact économique et social.....	38
a) Pertes financières.....	38
b) Conséquences pour les producteurs.....	38
8. Facteurs aggravants la propagation de <i>Tuta absoluta</i> en Algérie.....	39
8.1.Conditions climatiques favorables.....	39
8.2.Culture intensive sous serre.....	39
8.3.Absence d'ennemis naturels.....	39
9. Stratégie de lutte.....	39
A. Mesures prophylactiques.....	39
B. Pratiques culturales et piégeage de masse.....	40
C. Lutte biologique.....	40
D. Lutte chimique	41

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et Méthodes

I.	Enquête ethnobotanique.....	42
1.	Présentation de la zone d'étude.....	42
2.	Collecte des données ethnobotanique.....	43
3.	Critères de choix des plantes étudiées	44
4.	Description des plantes étudiées.	45
A.	<i>Atriplex halimus</i> L.,.....	45
B.	<i>Tetraena cornuta</i>	46
C.	<i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin.....	46
D.	<i>Tamarix gallica</i> L.....	47
E.	<i>Citrullus colocynthis</i>	48
F.	<i>Peganum harmala</i> L.,.....	48
5.	L'analyse des données	49
5.1.	Facteur de consensus des informateurs (FCI).....	50
5.2.	Fréquence de citation (Fc).....	50
5.3.	Valeur d'usage (VU).....	50
5.4.	Importance relative (IR).....	51
5.5.	Fréquence Relative de Citation (FRC).....	51
5.6.	Valeur d'Importance Familiale (VIF).....	51
5.7.	Valeur des Parties de la Plante (VPP).....	52
II.	Tests bioessais.....	52
1.	Matériels entomologiques.....	52
2.	Matériels de laboratoire.....	52
3.	Récolte et séchage de la matière végétale.....	53
a)	Préparation des extraits.....	53
b)	Calcul des rendements en extraits secs.....	55
4.	Evaluation des activités biologiques.....	55
a.	Essais de traitement sur les larves de <i>Tuta absoluta</i>	55
b.	Essais de traitement sur les œufs de <i>Tuta absoluta</i>	56
c.	Essai sur le pouvoir répulsif	56
d.	Essai sur les chrysalides.....	57
5.	Traitement des données.....	58
a.	Calcul de la mortalité corrigée.....	58
b.	La détermination de la DL50.....	58
6.	Analyses statistiques.....	58

Résultats et Discussion

Chapitre II : Résultats ethnobotanique

1.1.	Données démographiques.....	59
------	-----------------------------	----

1.2.Diversité des plantes médicinales	60
1.3.Méthode de préparation	63
1.4.Valeur des Parties de la Plante (PPV).....	63
1.5.Analyses quantitatives des données ethnomédicinales.....	64
Discussion.....	68
Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur <i>Tuta absoluta</i>	
2. Calcul du rendement des extraits	71
3. Evaluation des activités biologiques.....	71
3.1.Essais de traitement sur les larves de <i>Tuta absoluta</i>	71
3.2.Essais de traitement sur les œufs de <i>Tuta absoluta</i>	83
3.3. Test de préférence d’oviposition (répulsivité).....	86
3.4.Essai sur les chrysalides.....	87
Discussion.....	90
Conclusion générale	97
Références bibliographiques	
Annexe	

Introduction générale

Depuis des millénaires, les plantes constituent une source inestimable de substances médicinales, nutritives et thérapeutiques. Les savoirs traditionnels liés à leur utilisation se transmettent de génération en génération, formant un patrimoine culturel et scientifique essentiel pour les communautés humaines (Cox & Balick, 1994; Vitalini et *al.*, 2013). L'Algérie, grâce à sa vaste superficie et à la diversité de ses écosystèmes, abrite une flore d'une richesse exceptionnelle. Cette biodiversité végétale, particulièrement marquée dans les zones arides et semi-arides, représente une ressource naturelle précieuse tant pour la pharmacopée traditionnelle que pour la recherche moderne en phytothérapie et biopesticides (Chériti et *al.*, 1995).

Les plantes sahariennes et halophytes, en particulier, se distinguent par leur capacité remarquable à s'adapter à des conditions extrêmes telles que la sécheresse, la salinité élevée des sols et les variations thermiques importantes (Ozenda, 1991 ; Bouaziz et *al.*, 2009). Ces espèces, capables de prospérer dans les sebkhas, chotts et marais salés, développent des mécanismes d'adaptation complexes fondés sur la synthèse d'osmolytes et de composés antioxydants leur conférant une résistance exceptionnelle au stress oxydatif (Ksouri et *al.*, 2008). Ces adaptations biochimiques se traduisent par une forte teneur en métabolites secondaires — alcaloïdes, flavonoïdes, saponines, tanins et terpènes — qui leur confèrent des propriétés médicinales, insecticides et antioxydantes reconnues (Balunas & Kinghorn, 2005; Isman, 2017).

Dans les pratiques traditionnelles, différentes parties de ces plantes (feuilles, racines, graines, fruits, écorces, latex) sont utilisées sous diverses formes — décoctions, infusions, macérations ou cataplasmes — pour traiter de nombreuses affections humaines et animales (Petropoulos et *al.*, 2018). Cependant, malgré la richesse de ce patrimoine ethnobotanique, la transmission essentiellement orale de ces savoirs les rend vulnérables à la disparition (Sundara Rajoo et *al.*, 2023). Les études ethnopharmacologiques et ethnobotaniques revêtent donc une importance particulière, car elles permettent non seulement de préserver ces connaissances, mais aussi de les valoriser scientifiquement en identifiant des plantes à fort potentiel pharmacologique et biologique (Gurib-Fakim, 2006; Heinrich et *al.*, 2020).

La tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) représente l'un des légumes les plus significatifs à l'échelle mondiale, compte tenu de sa valeur nutritionnelle et économique élevée. Sa composition se caractérise par une concentration élevée en vitamines A, C et E, en minéraux tels que le potassium, le magnésium et le fer, ainsi qu'en composés bioactifs comme

le lycopène et les flavonoïdes, lesquels sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes et leurs effets bénéfiques sur la santé (Dorais et *al.*, 2008 ; Waheed et *al.*, 2020). En Algérie, la tomate détient une position stratégique au sein de la production maraîchère, caractérisée par une production nationale excédant 975 000 tonnes en 2013 (FAO Stat, 2016). Néanmoins, cette culture est exposée à plusieurs contraintes biotiques, parmi lesquelles la mineuse de la tomate, **Tuta absoluta** (Meyrick, 1917), constitue l'un des bioagresseurs les plus nuisibles.

Originaire d'Amérique du Sud, *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) est rapidement devenue l'un des ravageurs les plus destructeurs de la culture de la tomate dans le monde. Elle a été observée pour la première fois en Algérie en 2008 dans la région de Mostaganem et s'est répandue dans toutes les régions de production maraîchère du pays (Allache et *al.*, 2012 ; Cherif et *al.*, 2013). Depuis son introduction, ce ravageur occasionne d'importantes pertes économiques : les infestations peuvent entraîner des pertes de rendement supérieures à 80 % et jusqu'à 100 % en l'absence de mesures de lutte efficaces (Biondi et *al.*, 2018 ; Fiaboe et *al.*, 2021). Ces pertes affectent aussi bien la culture sous abri que la culture en plein champ, mettant en péril la viabilité des exploitations et la stabilité du marché national de la tomate.

Confrontés à l'invasion de *Tuta absoluta*, les producteurs algériens ont eu largement recours à des traitements chimiques intensifs afin de protéger les cultures de tomate, notamment en production sous abri. Les pyréthrinoides (par exemple, lambda-cyhalothrine, deltaméthrine), les néonicotinoïdes (par exemple, imidaclopride) et divers organophosphorés (chlorpyrifos, profénofos) sont signalés comme étant parmi les familles de molécules les plus fréquemment utilisées à l'échelle locale, ce qui témoigne de pratiques similaires à celles observées dans d'autres régions méditerranéennes confrontées au même organisme nuisible (Guedes&Picanço, 2012 ; Nacer&Belarouci, 2025). Cette dépendance à l'égard des insecticides de synthèse engendre diverses répercussions tangibles à l'échelle nationale.

Des échecs de contrôle et des indications de diminution de l'efficacité ont été observés : des études et des évaluations menées dans les régions de Biskra, Mostaganem et Skikda font état de traitements répétitifs et, dans certains cas, d'une perte d'efficacité en fonction des molécules employées (Haroun & Ouahab, 2015 ; Chouakri, 2023). Ces résultats convergent avec les observations de résistance signalées dans d'autres régions du bassin méditerranéen, indiquant un risque avéré d'inefficacité progressive des programmes phytosanitaires (Desneux et *al.*, 2010 ; Roditakis et *al.*, 2015 ; Nacer&Belarouci, 2025).

Compte tenu de ces contraintes, la recherche se tourne vers des alternatives qui présentent un caractère durable et un respect de l'environnement. Les extraits végétaux, de par leur abondance en métabolites secondaires bioactifs, représentent une approche prometteuse pour l'élaboration de biopesticides d'origine naturelle (Isman, 2015 ; Pavela&Benelli, 2016). Ces composés manifestent divers effets, incluant la toxicité, la répulsion, l'activité anti-alimentaire ou ovicide, tout en offrant une biodégradabilité importante et une toxicité environnementale réduite (Regnault-Roger et *al.*, 2012).

Dans ce contexte, cette étude vise à inventorier les usages traditionnels de quelques plantes halophytes et à recueillir les connaissances médicinales associées dans la région de Biskra (communes de Biskra, Sidi Okba, El Haouch, Oumache, Loutaya et El Hadjeb). Ces sites comprennent des milieux sahariens et présahariens (oasiens, salins, steppiques à halophytes), une flore halophyte diversifiée et des pratiques traditionnelles encore en usage, permettant la transmission des savoirs locaux, situés dans des zones agricoles dynamiques (autour des palmeraies), ces communes abritent une population qui utilise souvent les plantes locales pour la médecine traditionnelle et la protection des cultures. Les résultats provenant de cette investigation fourniront une perspective représentative du potentiel insecticide de ces plantes, tel qu'il est perçu par les praticiens de la médecine traditionnelle, et participeront à la valorisation du patrimoine ethnobotanique saharien.

Pour valoriser le pouvoir insecticide des plantes, des bioessais ont été effectués sur différents stades de développement du ravageur, notamment les stades larvaire, oviposition, répulsif et chrysalide. Les tests réalisés permettront d'identifier les espèces présentant la plus forte activité biologique et de proposer des alternatives efficaces et écologiques aux insecticides chimiques. Cette recherche s'inscrit dans une approche durable de valorisation du patrimoine végétal algérien, en combinant la préservation des savoirs traditionnels et le progrès scientifique, dans le but de promouvoir une agriculture intégrée, pérenne et respectueuse de l'environnement.

Notre travail est structuré en deux grandes parties :

- **La première partie** : est consacrée à la partie bibliographique, dont le premier chapitre présente l'Ethnobotanique et Médecine traditionnelle, le deuxième chapitre illustre Les Plantes Halophytes Médicinales et le troisième chapitre concerne L'aspect Biologique du ravageur : *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) et deson hôte : La tomate (*Lycopersicumesculentum*).

- **La deuxième partie** : La deuxième partie de ce travail est dédiée à l'étude expérimentale. Le premier chapitre expose la méthodologie utilisée pour atteindre les objectifs de l'étude. Le deuxième chapitre présente les résultats ethnobotaniques et le troisième chapitre est consacré à l'interprétation des résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*. Enfin, le travail se termine par une conclusion générale et des perspectives de recherche.

Partie

bibliographique

CHAPITRE I

**ETHNOBOTANIQUE ET MEDECINE
TRADITIONNELLE**

I- Ethnobotanique

Il s'agit d'une discipline interprétative et associative qui étudie, utilise, établit des liens et interprète les interactions entre les communautés humaines et les plantes, dans le but de comprendre et d'expliquer l'émergence et le développement des ethnies, depuis leurs débuts basés sur les végétaux jusqu'à l'utilisation et la transformation des plantes au sein des sociétés primitives ou avancées. (Haouam & Traia., 2021).

1. Historique de l'ethnobotanique :

L'évolution de l'histoire de l'ethnobotanique au cours des dernières décennies s'est articulée autour de plusieurs étapes, marquées par la découverte de nouveaux concepts. Nous retiendrons les étapes suivantes telles que décrites par : (Brousse, 2011).

Le concept d'ethno-botany a été inventé par le botaniste et agro-botaniste américain J.W. Harshberger dans un article qu'il a publié dans le Philadelphia Evening Telegram le 5 décembre 1895. Selon le professeur, cette branche d'étude est la science qui examine l'utilisation des plantes par les communautés autochtones. Cette définition reflète le biais impérialiste de l'époque : elle vise à examiner l'utilisation des plantes telle qu'elle est définie par les autochtones, uniquement d'un point de vue économique. Effectivement, en se formant à l'usage des plantes bénéfiques à la manière des sociétés traditionnelles.

En 1916, l'Américain Wilfred a cherché à démontrer que l'ethnobotanique est une discipline scientifique qui dépasse la simple collecte de plantes. Elle vise à approfondir la compréhension de la vie végétale et des interactions entre les êtres humains et les plantes telles qu'observées par les peuples autochtones.

En 1930, Melvin a établi le laboratoire d'Ethnobotanique de l'Université du Michigan, dont l'objectif premier était de garantir les déterminations botaniques, ainsi que leur distribution et leurs applications économiques.

En 1941, Voleny suggère une nouvelle définition du concept de champ. L'ethnobotanique se concentre sur l'interaction entre l'être humain primitif et les plantes, dans le but d'approfondir cette relation. Jones suggère d'élargir cette perspective en utilisant le concept d'« interrelation », qui englobe la philosophie mythologique, le folklore et la religion, en plus de la simple utilité des plantes.

Finalement, en 1950, Murdock détermine l'ethnobotanique comme l'une des catégories de l'ethnoscience.

En 1978, Ford a défini l'ethnobotanique comme l'analyse des interactions directes entre les êtres humains et les végétaux. Richard Ford a été à l'origine de l'émergence d'un nouveau

courant appelé ethnobotanique de la "nouvelle synthèse". Ce terme renvoie à l'impact de diverses approches et doctrines, qui reposent fréquemment sur un éventail de disciplines telles que la linguistique, la pharmacologie, la musicologie, l'architecture, la biologie de la conservation, et d'autres encore, en fonction des problématiques soulevées par la recherche.

Actuellement, l'ethnobotanique nécessite un éventail de compétences diversifiées : Formation en botanique axée sur l'identification et la préservation des spécimens végétaux. Formation anthropologique pour saisir les notions culturelles liées à la perception des végétaux ; une formation linguistique, au minimum adéquate pour noter des expressions locales et appréhender la morphologie, la syntaxe et le sens natif. Il est fréquent que les guérisseurs traditionnels soient peu disposés à divulguer leurs savoirs de manière précise aux personnes qui ne sont pas de leur communauté.

2. L'intérêt de l'ethnobotanique :

L'ethnobotanique est une discipline bénéfique pour l'humanité. C'est une science multidisciplinaire qui est d'abord basée sur l'empirisme avant d'être analysée par des chercheurs. Pour l'humanité, la plante demeure un facteur crucial dans la construction des civilisations. L'ethnobotanique permet d'évaluer la connaissance des communautés locales et leurs interactions avec les végétaux, fournissant des indices pour mieux appréhender comment les sociétés anciennes ont intégré le savoir de la médecine à base de plantes dans leur environnement naturel. L'ethnobotanique vise à prévenir la disparition des connaissances traditionnelles. C'est dans le cadre du sommet de RIO et des recommandations, principalement de l'UICN et de l'OMS, que les nations d'Afrique du Nord travaillent à la mise en place de stratégies pour la conservation des plantes médicinales. Certaines initiatives ont déjà été lancées (Sadoudi & Latreche, 2017).

3. Les enquêtes :

L'enquête ethnobotanique sur les plantes médicinales implique un travail de terrain, consistant à interagir avec les citoyens et notamment les praticiens traditionnels. L'objectif étant de recueillir leurs connaissances théoriques et pratiques relatives à l'utilisation des plantes dans le soin des maladies. Le dispositif de travail est conçu à travers une série de questionnaires ou par le moyen d'entretiens oraux.

L'analyse ethnobotanique des végétaux médicinaux contribue à la compréhension d'un système de soins, ce qui permet d'identifier les plantes employées, le moment de leur cueillette,

leur forme, la partie exploitée, l'affection traitée et dans quel contexte (Fakchich & Elachouri, 2023).

4. Objectifs d'une enquête ethnobotanique :

*La conservation des végétaux, y compris les variétés cultivées, ainsi que d'autres formes de diversité biologique est essentielle. Cela implique la réalisation d'inventaires botaniques et d'évaluations de l'état de conservation des espèces.

*La durabilité de l'approvisionnement en ressources végétales sauvages, y compris les produits non ligneux, est un enjeu crucial à prendre en compte.

*Renforcement de la sécurité alimentaire, de la nutrition et des services de santé ;

*La préservation, la récupération et la diffusion des connaissances et de la sagesse botaniques locales.

*Renforcement de l'identité ethnique et nationale.

*Amélioration de la sécurité juridique du régime foncier et de la propriété des ressources.

*Renforcement des droits des populations locales et autochtones.

*Accords concernant les droits des communautés au sein des zones protégées.

*L'identification et la conception de nouveaux produits à valeur ajoutée à base de végétaux, tels que l'artisanat, les denrées alimentaires, les plantes médicinales et les plantes ornementales, sont des axes de développement économique prometteurs.

* Apports dans l'élaboration de médicaments innovants

5. Les études ethnobotaniques en Algérie :

En Algérie, le savoir relatif à la médecine traditionnelle a persisté à être transmis de manière orale d'une génération à l'autre. Hélas, face à la progression de la vie et du secteur pharmaceutique, ces savoirs tendent à se raréfier et risquent de s'effacer. D'où l'importance d'enregistrer et d'incorporer la médecine traditionnelle dans le système de santé contemporain grâce à l'emploi de l'ethnobotanique et de l'ethnopharmacologie. Dernièrement, plusieurs recherches en ethnobotanique et en ethnopharmacologie ont été menées dans diverses zones du pays, dans le but de sauvegarder les savoirs traditionnels et d'élaborer une démarche pour la conservation de la biodiversité et des espèces végétales.

Cependant, en raison de la superficie considérable et de la diversité inhérente à l'Algérie, la majorité de ses zones géographiques ainsi que de ses communautés ethniques n'ont pas encore été soumises à une étude ethnobotanique. Avec le déclin des anciens praticiens indigènes, il est devenu indispensable de transmettre les savoirs traditionnels à travers des recherches ethnobotaniques. Cela revêt une importance capitale tant pour la préservation de ces

connaissances que pour l'exploitation des ressources biologiques, tout en constituant un instrument fondamental dans la protection de la biodiversité. En conséquence, le répertoire des appellations locales et des usages traditionnels des plantes offre des avantages potentiels significatifs pour la société. Dans ce contexte, les entretiens ainsi que les inventaires constituent le moyen le plus efficace de sauvegarder ces connaissances.

Malgré les nombreuses études ethnobotaniques et ethnopharmacologiques menées ces dernières années dans diverses régions du pays, dans le but de sauvegarder les connaissances, de mettre en place une stratégie de préservation de la biodiversité et des espèces végétales, ainsi que d'explorer les activités biologiques des plantes médicinales algériennes, les enquêtes ethnobotaniques demeurent insuffisantes pour consigner les savoirs ancestraux.

Parmi les enquêtes ethnobotaniques réalisées en Algérie, nous mentionnons :

Une étude ethnobotanique a été menée à Oran, pendant une période de deux mois (janvier et février 2014), impliquant 46 herboristes et quatre tradithérapeutes. L'objectif de cette étude était de contribuer à la valorisation des plantes anti lithiasiques utilisées en médecine traditionnelle. L'analyse des résultats de cette enquête ethnobotanique a révélé l'identification de 35 plantes appartenant à 20 familles botaniques. La famille des Lamiacées est la plus représentée avec 17,14%, suivie par les Poacées avec 11,43% et les Apiacées avec 8,57%. La plante la plus citée par la population étudiée était *Herniaria hirsuta*. Les feuilles ont été identifiées comme les parties les plus utilisées, représentant 41,66%, suivies des parties aériennes avec 30,55%. L'infusion a été identifiée comme le mode de préparation le plus couramment utilisé, avec un taux de 85,7%, suivi de la décoction avec 24,29% (Khtiri et *al.*, 2016).

En 2012, une étude ethnobotanique a été menée à Hodna, une région localisée au sud des hauts plateaux, par Sari et ses collègues, dans le but d'identifier les diverses plantes médicinales employées dans la médecine traditionnelle locale pour soigner l'hypertension artérielle. Cette recherche a permis d'identifier 21 familles botaniques qui sont utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle à travers diverses méthodes, les plus courantes étant la décoction avec un taux de 48% et l'infusion avec un taux de 25%. La partie de la plante la plus fréquemment exploitée est la partie aérienne, représentant 49% de l'utilisation totale. (Sarri et *al.*, 2012).

D'autres recherches ethnobotaniques ont été menées dans la région de Batna, et ces investigations ont abouti à l'identification de plus de 200 plantes utilisées par les populations autochtones. De plus, plus de 101 espèces appartenant à 53 familles différentes ont été

répertoriées à travers la wilaya. Parmi celles-ci, les plantes les plus couramment utilisées et commercialisées par les herboristes sont le romarin, l'armoise blanche, le marrube blanc, la globulaire, le thym et l'armoise champêtre (Bitam, 2012).

En 2015, Hadjadj a réalisé une enquête ethnobotanique qui a sollicité 200 individus, dont 45% de femmes et 55% d'hommes. Les personnes interrogées ont entre 20 et 80 ans, et la tranche d'âge la plus représentée se situe entre 41 et 60 ans. Parmi elles, 43.41% affirment recourir aux plantes médicinales. Les plantes étudiées sont employées pour traiter une diversité de symptômes, classés en 15 catégories différentes d'affections. Cela témoigne de la valeur thérapeutique de ces plantes pour les individus interrogés, qui les utilisaient pour régler leurs problèmes de santé primaires et répondre aux exigences de la médecine à domicile.

II- Médecine traditionnelle

1. Définition de la médecine traditionnelle

La médecine traditionnelle est la forme la plus ancienne de soins de santé dans le monde, utilisée pour la prévention et le traitement des maladies physiques et mentales. À travers les époques, diverses civilisations ont mis au point une variété de remèdes visant à lutter contre des maladies graves et des troubles physiques variés. La Médecine Traditionnelle (MT), aussi appelée médecine complémentaire et alternative ou médecine ethnique, continue de jouer un rôle essentiel dans de nombreuses nations à ce jour.

D'après les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la Médecine Traditionnelle (MT) englobe un ensemble de pratiques, de méthodes, de connaissances et de croyances relatives à la santé. Ces pratiques impliquent l'utilisation à des fins médicales de substances d'origine végétale, animale et minérale, de thérapies spirituelles, de techniques manuelles et d'exercices, soit individuellement soit en combinaison, dans le but de traiter, diagnostiquer et prévenir les maladies, ou encore de promouvoir la santé (Laifaoui, 2019).

À ce jour, selon l'OMS, plus de 80 % de la population mondiale, notamment dans les pays en développement, a recours aux remèdes traditionnels pour répondre à ses besoins en matière de santé et de soins de base (Boumediou & Addoun, 2017).

2. Histoire de la médecine traditionnelle

L'exercice de la médecine traditionnelle remonte à la préhistoire et a commencé avec l'utilisation d'herbes pour soigner les maladies. Des documents provenant d'Asie, d'Europe, d'Amérique du Sud et d'Afrique traitent de l'utilisation ancestrale des plantes médicinales pour diverses affections. À titre d'exemple, dans

la Pharmacopée. Entre 2730 et 3000 avant JC, l'empereur chinois Shennong a acquis des connaissances sur l'utilisation de l'huile de chaulmoogra provenant de l'espèce *Hydnocarpus gaertn* dans le traitement de la lèpre.

L'usage des graines de pavot (*Papaver somniferum* L.), de l'huile de ricin (*Ricinus communis* L.) et du papyrus remonte à l'année 1500 av. J.-C. en Égypte. L'acupuncture est une pratique utilisée par les Chinois depuis l'Antiquité, avec une tradition historique de plus de 2000 ans. Au XVIIe siècle, l'herboriste Culpeper a initié l'usage de l'astrologie médicale. Dans le passé, l'histoire de la médecine a vu émerger plusieurs philosophes médicaux exceptionnels. En tant que profession, certains philosophes ont exploré le domaine de la phytothérapie.

Hippocrate est l'un de ces philosophes qui méritent d'être mentionnés. Pline l'Ancien, né en 23 après JC, et Théophraste d'Athènes, dont les travaux remontent à 370 avant JC, sont deux figures marquantes de l'histoire de la botanique, remontant à 460 avant JC. L'émergence de la médecine a débuté vers l'an 980 de notre ère, grâce à la contribution de certains praticiens qui ont posé les fondements de son développement. La médecine occidentale a connu une évolution significative depuis ses débuts ancrés dans les pratiques traditionnelles anciennes. La création de la première école de médecine structurée a constitué une étape significative dans le développement de ce domaine (Omorie et *al.*, 2015).

Pendant de nombreux siècles voire des millénaires, nos prédécesseurs ont eu recours aux plantes afin d'atténuer la douleur, traiter les maladies et soigner les blessures. Ces connaissances ont été transmises de génération en génération et ont été consignées par écrit. De nos jours, malgré les avancées de la pharmacologie, l'utilisation thérapeutique des plantes médicinales reste répandue dans divers pays, en particulier dans les pays en développement, là où les systèmes médicaux modernes font défaut (Tabuti, 2003). D'après les données de l'OMS, plus de 80 % de la population en Afrique recourt à la médecine traditionnelle et aux pharmacopées pour traiter ses problèmes de santé. Le continent africain est riche en une grande variété de plantes médicinales.

3. Avantages et inconvénients de la médecine traditionnelle

3.1. Les avantages de la médecine traditionnelle

- L'intérêt économique de la phytothérapie, en particulier dans le cadre familial, réside dans sa capacité à prévenir le recours à des traitements chers tels que les médicaments conventionnels, qui peuvent parfois être de qualité inférieure.

- La bioprospection consiste à explorer la médecine traditionnelle en tant que réservoir potentiel de nouveaux médicaments et en tant que source pour la synthèse de médicaments déjà connus.
- Une option alternative pour traiter certains cas de maladies. Il participe à la prise en charge et à la prévention de diverses maladies telles que le diabète, les cancers, les accidents vasculaires, etc. (Azouaou et *al.*, 2020).

3.2. Les inconvénients de la médecine traditionnelle

- En médecine traditionnelle, il n'existe pas de dosage standardisé, ce qui entraîne une imprécision dans l'administration des traitements et comporte des risques pour la santé en cas d'utilisation excessive.
- Le thérapeute ne possède pas l'équipement requis pour établir un diagnostic précis.
- Les intoxications et les décès dus aux médicaments à base de plantes sont souvent causés par un manque de connaissance sur l'utilisation des herbes, notamment en ce qui concerne les interactions entre les composants végétaux dus à leur combinaison, ainsi que sur la méconnaissance des composants végétaux et des méthodes de préparation et de consommation.
- La composition végétale peut présenter des variations d'un individu à un autre, en fonction de la topographie, des conditions de croissance, de l'humidité, de la température et de l'ensoleillement. Il est également déconseillé d'utiliser des plantes dont l'origine est inconnue en raison des risques de contamination, des pratiques de récolte, ainsi que des méthodes de conservation et de stockage qui pourraient altérer leurs caractéristiques.
- Finalement, l'absence de données scientifiques étayant l'efficacité de certaines plantes accroît les risques associés à la phytothérapie. La majorité des allégations concernant les effets thérapeutiques sont émises par les praticiens en phytothérapie eux-mêmes ; un grand nombre n'a pas été validé scientifiquement (Azouaou et *al.*, 2020).

4. La médecine traditionnelle en Algérie

Depuis de nombreux siècles, en Algérie, on recourt aux plantes médicinales pour soigner diverses pathologies. Malgré le fait que l'Algérie compte parmi les pays arabes les plus riches en biodiversité, avec un total de 3164 espèces végétales. En raison de son héritage et de sa localisation stratégique, l'Algérie a été marquée par l'influence de diverses cultures telles que la culture berbère, gréco-romaine et islamique. Une connaissance substantielle des substances

médicinales d'origine végétale et minérale, qui sont actuellement employées dans la médecine traditionnelle en Algérie, découle du savoir-faire médical de la civilisation musulmane, transmis de manière intergénérationnelle. La diversité florale en Algérie est étroitement liée à l'ampleur considérable du territoire et à la variété des conditions climatiques, allant du climat méditerranéen dans le nord, aux massifs montagneux de l'Atlas au centre, jusqu'au désert du Sahara au sud.

Les entreprises pharmaceutiques en Algérie, de même que les médecins et les chimistes, poursuivent de mieux connaître la trace des espèces spontanées en médecine traditionnelle. Leur utilisation et leurs indications dans différentes pathologies. La médecine traditionnelle a connu une utilisation répandue en Algérie. Cela se manifeste par la présence non seulement de boutiques d'herboristerie, mais aussi par la mise à disposition d'infrastructures biomédicales et de médicaments sur prescription dans les villes de l'État. (Miara et *al.*, 2013 ; Aissa et Baba, 1991).

Les données extraites du Registre national du commerce révèlent qu'à la clôture de l'année 2009, l'Algérie comptait 1926 commerçants spécialisés dans les herbes médicinales, parmi lesquels 1393 étaient des commerçants sédentaires et 533 étaient des commerçants ambulants. La capitale se distingue par sa densité de population, étant la plus peuplée du pays. Avec un total de 199 magasins, Sétif arrive en deuxième position avec 107 magasins, suivi de Bechar avec 100 magasins, et enfin El Oued avec 60 magasins (Boumediou et Addoun, 2017).

5. La médecine traditionnelle dans diverses régions du monde

5.1. En Afrique

D'après une analyse régionale menée dans la région africaine de l'OMS, seuls 50% des habitants ont la possibilité de bénéficier des services de santé fondamentaux, tandis que 80% ont encore recours aux médecines traditionnelles africaines (MTA), telles que la phytothérapie, les traitements spirituels et les thérapies manuelles. La transmission des connaissances de la médecine traditionnelle se fait principalement de manière orale, et environ 4000 espèces sont employées dans la Médecine Traditionnelle Africaine (MTA), dont la majorité (90%) provient du règne végétal. À l'heure actuelle, 56 % des pays de la région ont élaboré des politiques en matière de médecine traditionnelle, la plupart ayant établi des départements nationaux au sein de leur ministère de la Santé et mis en place des stratégies de promotion. (Payyappallimana, 2010)

5.2. En Amérique

Les habitants indigènes de l'Amérique latine ont largement recours à la médecine traditionnelle, en consultant des praticiens populaires tels que les herboristes, les masseurs et les guérisseurs spirituels. Par ailleurs, on observe une augmentation constante de l'utilisation de la médecine traditionnelle, complémentaire et alternative, notamment à travers des pratiques telles que la phytothérapie, l'acupuncture, ou les massages. De nombreux pays ont établi des départements dédiés à la médecine traditionnelle au sein de leurs ministères de la santé, ainsi que des instituts de recherche spécialisés, tout en mettant en place des réglementations pour encadrer les remèdes à base de plantes. Néanmoins, la couverture d'assurance pour les pratiques de médecine traditionnelle est absente dans la majorité des pays, et l'enseignement universitaire dans ce domaine est uniquement disponible à Cuba et aux États-Unis. (Payyappallimana, 2010)

5.3. En Asie du Sud-Est

En dehors des riches traditions médicales populaires, on retrouve dans la région de l'Asie du Sud-Est divers systèmes médicaux tels que l'Ayurveda, le Siddha, l'Unani, l'homéopathie, le yoga, la naturopathie, la médecine tibétaine, la médecine Jamu, la médecine thaïe et la médecine Koryo. Il est reconnu que 70 à 80% de la communauté se sert de la MTCA. À l'inverse d'autres régions, la majorité des pays de l'Asie du Sud-Est ont des programmes d'enseignement supérieur pour le MTCA qui ne relèvent pas de la politique nationale, des départements ou des instituts de recherche. Dans plusieurs nations, en raison de l'existence prédominante de systèmes de savoir codifiés, la médecine traditionnelle ne bénéficie pas d'un appui suffisant, malgré son usage répandu parmi la population. (Payyappallimana, 2010)

5.4. En Europe

En 1999, en continental européen, le Conseil législatif européen a initié quatre appels visant à promouvoir la reconnaissance officielle de diverses Médecines Traditionnelles et Complémentaires (MTCA) ainsi que la mise en place de commissions appropriées. Ces appels avaient pour objectifs d'établir un cadre réglementaire pour garantir la sécurité, l'efficacité et les domaines d'application des MTCA, de préciser et de grouper les différentes formes de MTCA, d'analyser les législations nationales relatives aux MTCA et de promouvoir la recherche scientifique et clinique fondamentale dans ce domaine. Actuellement, on observe une tendance à la légalisation des praticiens de la Médecine Traditionnelle Complémentaire et Alternative (MTCA) à travers la région européenne, accompagnée de la mise en place de systèmes de réglementation et de délivrance de licences.

De nombreux pays ont ainsi établi des unités ou des organisations nationales dédiés à cette fin. Des structures d'autorégulation sont présents dans plus de la moitié des pays. Ainsi, on observe d'importantes disparités en matière d'éducation et d'autres aspects de la MTCA dans la région européenne. (Payyappallimana, 2010)

5.5. La méditerranée orientale

Dans la région de la Méditerranée orientale, la médecine traditionnelle se caractérise par une diversité de pratiques, allant des connaissances populaires et des traditions orales aux systèmes codifiés et aux thérapies de médecine traditionnelle complémentaire et alternative (MTCA), présentes parmi les 22 États membres. Depuis 2003, la région de la Méditerranée orientale a élaboré des directives concernant l'enregistrement des produits à base de plantes, ainsi que des lignes directrices techniques visant à garantir la sécurité, l'efficacité et le contrôle de la qualité des plantes médicinales. L'Unani, l'Ayurveda, l'homéopathie, la médecine chinoise, la chiropratique, la naturopathie, la thérapie spirituelle et l'aromathérapie sont inclus dans cette catégorie. (Payyappallimana, 2010)

5.6. En pacifique occidental

Dans certains pays tels que la Chine et le Vietnam, la médecine traditionnelle bénéficie d'une couverture d'assurance, tandis que dans d'autres pays comme le Japon et la République de Corée, uniquement quelques pratiques de médecine traditionnelle sont prises en charge. Les praticiens de la médecine traditionnelle dans la zone pourraient être regroupés en quatre catégories distinctes. Le premier groupe est composé de ceux qui ont suivi une éducation en médecine allopathique et qui possèdent des connaissances en médecine traditionnelle. Ensuite, on retrouve ceux qui ont reçu une éducation officielle en médecine traditionnelle complémentaire et alternative (MTCA) tout en ayant une certaine connaissance profonde de la médecine allopathique. Le troisième groupe est constitué de personnes ayant uniquement suivi une éducation en MTCA. Enfin, le dernier groupe est composé de praticiens n'ayant reçu aucune éducation ou instruction formelle, tels que les sages femmes et les guérisseurs traditionnels. Au Japon, environ 72% des praticiens médicaux recourent aux médicaments à base de kampo, lesquels sont intégrés dans le cursus de formation de 88,8% des instituts de médecine. (Payyappallimana, 2010)

6. Utilisation des plantes médicinales (Phytothérapie)

6.1. Définition

C'est une méthode médicale qui utilise des plantes pour prévenir ou traiter certains problèmes de santé, que ce soit en les consommant ou en les appliquant sur la peau. (Wichtl et Anton, 2003).

Selon l'Organisation mondiale de la santé (2000), la phytothérapie comprend l'ensemble des connaissances, compétences et pratiques basées sur les théories, croyances et expériences spécifiques à une culture, et qui sont mises en œuvre pour préserver la santé des individus (Bennedjar, 2021).

Le mot phytothérapie provient de l'association des termes grecs "phyton" (plante) et "therapeia" (guérison ou soigner), ce qui lui confère la signification de traitement à base de plantes. La phytothérapie consiste en l'analyse des plantes médicinales, et représente une approche visant à exploiter les vertus thérapeutiques des végétaux pour la prévention et le traitement des maladies, à travers l'administration de préparations galéniques à base de plantes (Chemar, 2016).

La phytothérapie se définit comme une approche médicale fondée sur l'utilisation d'extraits de plantes et de principes actifs d'origine naturelle (Sebai & Boudali, 2012).

On distingue deux types de phytothérapies :

a) Phytothérapie traditionnelle (classique)

Il s'agit d'une thérapie de substitution visant à traiter les symptômes d'une maladie. Les origines de la phytothérapie peuvent remonter à une période très lointaine et reposent sur l'exploitation des propriétés des plantes, identifiées de manière théorique. Ces pathologies incluent divers troubles saisonniers allant des troubles psychosomatiques mineurs aux symptômes hépatobiliaires, en passant par les affections de la digestion ou cutanées (Prescrire, 2007).

b) Phytothérapie clinique (moderne)

Il s'agit d'une thérapie qui vient en complément ou en renforcement de la médecine allopathique traditionnelle, et son mécanisme d'action se base sur un soin à long terme du système neurovégétatif (Chabrier et *al.*, 2010).

Actuellement, la phytothérapie repose sur les progrès scientifiques et les études des composés actifs obtenus des plantes. Une fois que ces éléments ont été identifiés, ils sont

normalisés. Cette démarche aboutit à la production de phytomédicaments, lesquels doivent respecter la réglementation en vigueur dans le pays concerné, notamment en ce qui concerne leur approbation de diffusion sur le marché. Il est alors question de pharmacognosie ou de biologie pharmaceutique (Monnier, 2002).

Des recherches approfondies s'avèrent indispensables pour évoluer d'une phytothérapie traditionnelle non régulée vers une phytothérapie moderne fondée sur des études scientifiques validées et mise en œuvre par des professionnels dûment habilités.

6.2. Principe de la phytothérapie

La phytothérapie se base sur l'usage de plantes médicinales pour des objectifs thérapeutiques. Dans la médecine traditionnelle, les entreprises pharmaceutiques extraient les substances actives des plantes afin de les transformer en médicaments.

Il existe également une distinction dans l'approche thérapeutique entre la médecine traditionnelle et la phytothérapie. La médecine contemporaine est substitutive, ce qui signifie que les médicaments traditionnels gèrent les fonctions corporelles et soulagent l'organisme de la nécessité de procéder à sa propre guérison.

Dans le domaine de la phytothérapie, les plantes sont aussi employées comme des remèdes pour normaliser les fonctions de l'organisme. D'après les phytothérapeutes, l'apparition d'une maladie n'est pas le fruit du hasard. C'est le résultat d'un déséquilibre interne dans l'organisme qui doit constamment s'ajuster à son environnement. La phytothérapie se concentre sur l'étude des systèmes constitutifs du corps : le système neuroendocrinien, le système hormonal, le système immunitaire, le système de drainage... (Devoyer, 2012).

6.3. Avantages de phytothérapie

De manière générale, l'organisme humain est davantage conçu pour recevoir un traitement basé sur les plantes plutôt qu'une thérapie purement chimique.

Néanmoins, en dépit des avancées considérables de la médecine actuelle, la phytothérapie présente de nombreux privilèges. Considérons que, sauf pour ces derniers cent ans, les êtres humains ont toujours eu recours aux plantes pour leurs soins, que ce soit pour des affections bénignes comme le rhume ou la toux, ou des maladies plus graves telles que la tuberculose ou la malaria.

Aujourd'hui, l'usage de la phytothérapie regagne en popularité, face à la diminution de l'efficacité des médicaments comme les antibiotiques, jadis considérés comme le remède pour les infections sévères. Les bactéries et les virus ont progressivement développé une résistance à l'égard des médicaments.

La phytothérapie, qui offre des solutions naturelles bien tolérées par le corps, est fréquemment liée aux thérapies traditionnelles. Elle connaît actuellement une renaissance exceptionnelle en Occident, notamment dans le domaine de la prise en charge des maladies chroniques telles que l'asthme ou l'arthrite. Par ailleurs, les consommateurs sont préoccupés par les effets indésirables des médicaments et préfèrent opter pour des traitements moins agressifs pour le corps. On estime que 10 à 20% des admissions à l'hôpital sont attribuables aux effets indésirables des médicaments chimiques.

La majorité des plantes qui croissent à travers le monde ont des propriétés curatives, étant donné qu'elles renferment des composés actifs qui exercent une action directe sur le corps. Effectivement, elles offrent des bénéfices qui font souvent défaut aux médicaments (Iserin, 2001).

7. Principaux modes d'utilisation des plantes médicinales

7.1. Infusion : qui exploite l'eau, celle-ci permettant la dissolution des sels minéraux, des pectines, des mucilages et des alcaloïdes sous forme de sels. Les huiles essentielles se dissolvent partiellement dans l'eau chaude. Elle facilite l'obtention des principes actifs par le biais d'un contact avec de l'eau chaude portée à ébullition, en utilisant des plantes séchées ou fraîches, suivi d'un refroidissement naturel. Les plantes plus ligneuses requièrent un temps d'infusion plus long.

7.2. Décoction : Les plantes cuites par ébullition sont intégrées, que ce soit l'écorce, les racines, les tiges ou les fruits. La durée habituelle de l'ébullition varie entre 10 et 30 minutes selon Létard et *al.* (2015).

Il convient de mettre les plantes dans une casserole, puis de porter le mélange à ébullition. Par la suite, il est recommandé de laisser mijoter à feu doux pendant environ vingt minutes, jusqu'à ce que le liquide ait diminué d'un tiers. Retirez du feu, puis laissez infuser (et refroidir) durant une heure, avant de procéder au filtrage. Il est possible de conserver une décoction au réfrigérateur pendant une durée de trois jours. Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, (2003).

7.3. Macération : La macération est un procédé qui implique l'immersion d'une quantité de plantes sèches ou fraîches dans un liquide pendant 12 à 18 heures pour les parties les plus délicates telles que les fleurs et les feuilles, et de 18 à 24 heures pour les parties plus coriaces à température ambiante (Lazli et *al.*, 2019).

Les plantes peuvent aussi subir une macération dans des solutions alcooliques, de la glycérine ou tout autre solvant. Un solvant est une substance liquide qui permet d'extraire et de

conserver les composés actifs présents dans la plante. Il est essentiel de choisir soigneusement le solvant en fonction de l'espèce végétale utilisée. Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart a écrit en 2003.

7.4. Poudre : sont réalisées par séchage et broyage. L'ensemble de la plante, une fois desséchée, se conserve parfaitement bien car les cellules végétales sont conçues pour résister au manque d'eau. Cependant, le broyage peut potentiellement affecter la stabilité des composés actifs au fil du temps. L'importance de la qualité du broyage est primordiale pour obtenir une poudre de haute qualité, aussi fine que possible. (Bouziane, 2017).

7.5. Cataplasme : Les cataplasmes peuvent être confectionnés à partir de différentes parties des plantes telles que les bourgeons, les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines ou l'écorce. Elles sont appliquées cutanément. (Baba Aissa et *al.*, 1999).

8. Mode d'emploi

8.1. Tisane : Une boisson qui est préparée en faisant macérer, décocter ou infuser de la matière végétale (fleurs fraîches ou séchées, feuilles, tiges, racines) dans de l'eau chaude ou froide. Il est administré par voie orale.

8.2. Les inhalations : Vapeur d'infusions provenant de plantes médicinales contenant des huiles étherées (Kunkele et Lobmeyer, 2007). Il s'agit de l'application de vapeur contenant des principes actifs botaniques précis par ébullition : méthode où le sommet est recouvert d'une serviette ; le visage se positionne au-dessus d'un récipient d'eau bouillante qui contient des végétaux.

8.3. Gargarisme : L'herbe est préparée soit par infusion, soit par décoction. Le liquide refroidi est ingéré par petites gorgées sans être avalé. Ensuite, il est rejeté pour éliminer les toxines et les germes. Selon Delille (2007).

8.4. Les gélules et comprimés : L'emploi de gélules et de comprimés à base de poudre végétale représente une méthode d'utilisation pratique. C'est une approche moderne de l'administration d'un traitement à base de plantes avec des capsules entièrement végétales, permettant une concentration élevée de principes actifs grâce à l'utilisation de poudres micronisées. Létard et *al.* (2015).

8.5. Les compresses : Pour préparer une compresse, on emploie une infusion ou une décoction de plantes dans laquelle on immerge un tissu propre qui sera par la suite disposé sur la zone sensible. Il est possible de le fixer en utilisant une serviette ou un bandage. (Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003).

8.6. Teinture : La technique de la teinture implique l'extraction des composés actifs d'une plante par macération, habituellement dans de l'alcool. Il est possible d'utiliser de l'alcool éthylique disponible en pharmacie. Les plantes sont immergées dans de l'alcool à 60 degrés ou dans une solution d'alcool et d'eau, pour une durée allant de deux à cinq semaines. On appelle ce produit obtenu la teinture-mère. Il est préférable de faire macérer des plantes sèches, car certaines plantes fraîches peuvent présenter un risque de toxicité. (Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003).

8.7. Le bain : Les bains à base de plantes sont préparés en utilisant des huiles essentielles diluées ou des infusions. (Iserin et *al.*, 2001). Il peut posséder des propriétés aromatiques, stimulantes, fortifiantes, relaxantes, voire même sédatives. Les bains sont bénéfiques pour soulager les symptômes des rhumatismes en stimulant et en rafraîchissant le corps (Ali-Delille, 2013).

8.8. Les onguents ou pommades : La préparation des onguents est relativement simple, nécessitant des ingrédients tels que de l'huile végétale (comme l'huile d'amande douce), de la cire d'abeille et des huiles essentielles. Les lipides forment une fine couche protectrice qui recouvre la peau. Selon Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart (2003).

CHAPITRE II

LES PLANTES HALOPHYTES MEDICINALES

1. Introduction, Définition et caractéristiques générales des halophytes :

L'Algérie se caractérise par une flore diversifiée qui comprend un grand nombre d'halophytes, dont beaucoup sont utilisées en médecine traditionnelle. Plusieurs études ont mis en évidence les propriétés pharmaceutiques et bioactives de certaines plantes halophytes (Ziani et *al.*, 2015). Les composants présentant un intérêt pharmaceutique comprennent les flavonoïdes, les polyphénols, les alcaloïdes, les terpènes, les glucosides, les dérivés de la coumarine, etc. Il existe des rapports sur les halophytes naturelles en Algérie, notamment des espèces appartenant aux genres *Haloxylon*, *Limoniastrum* et *Salicornia*. Cependant, cette richesse florale n'a pas encore été étudiée ni documentée. Les plantes d'une région donnée sont fortement influencées par son climat, sa géographie et ses facteurs édaphiques, ainsi que par les adaptations particulières de la flore à l'environnement. Les halophytes contiennent une grande variété de composés phytochimiques qui ont des propriétés phytothérapeutiques et bioactives. Les plantes médicinales sont utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement des allergies, des inflammations, des maladies respiratoires, de certaines tumeurs et des troubles rénaux et hépatiques, entre autres.

Les plantes médicinales sont utilisées dans le folklore et les médecines traditionnelles du monde entier pour traiter divers maux et maladies. L'utilisation de ces plantes est répandue tant dans les pays en développement que dans les pays développés, en complément de la médecine moderne. La médecine traditionnelle est encore courante dans les pays en développement, et de nombreuses recettes anciennes ont été codifiées. L'intérêt pour les produits dérivés des plantes en raison de leurs propriétés préventives et thérapeutiques est actuellement très élevé. L'efficacité et la sécurité de nombreux produits végétaux ne sont pas établies, malgré leur longue histoire d'utilisation qui remonte à plusieurs décennies, voire plusieurs siècles. Cependant, comme les médicaments dérivés de ressources naturelles sont moins susceptibles de produire des effets secondaires, ils sont de plus en plus attractifs pour les chercheurs et les industries pharmaceutiques.

Le terme « halophyte », dérivant du grec « halos » (sel) et « phyton » (plante), a été introduit en 1803 par Pierre Simon Pallias (Binet, 1978), est attribué aux plantes qui poussent sur des terrains salins, c'est-à-dire des sols qui contiennent une concentration en sel trop élevée pour être appropriée à la culture. On désigne actuellement par halophyte toute plante qui, par une partie de son organisme, est en contact avec des niveaux de salinité exceptionnellement

élevés : végétation côtière, plantes des rives maritimes, désert ou des lacs salés (Flowers et *al.*, 1986).

Les halophytes sont des plantes adaptées aux sols salins que l'on trouve dans une diversité d'environnements aux conditions climatiques variées et à haute salinité. Ces végétaux développent différentes stratégies pour compléter leur cycle de vie, leurs adaptations écologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques permettant une résistance aux stress abiotiques subis. Cette résistance s'accompagne de la formation de composés bioactifs qui confèrent à ces plantes des propriétés anti-inflammatoires, antiparasitaires, antimicrobiennes, antivirales et antioxydantes potentielles. (Edeib, 2016).

Ces plantes présentent souvent des adaptations morphologiques spécifiques, telles que :

- Des feuilles succulentes permettant le stockage d'eau,
- Des glandes ou poils excréteurs de sels,
- Une réduction de la surface foliaire pour limiter la transpiration,
- Et des métabolismes secondaires riches en composés bioactifs (polyphénols, flavonoïdes, tanins, saponines, alcaloïdes, etc.), jouant un rôle dans la défense contre le stress environnemental.

2. Les différents groupes de principes actifs

Les métabolites secondaires issus des plantes halophytes médicinales constituent un ensemble diversifié de composés bioactifs, élaborés en réponse à l'adaptation aux conditions environnementales rigoureuses. Ces composés, quoique non indispensables à la croissance primaire, exercent une fonction déterminante dans la protection contre les contraintes abiotiques (salinité, sécheresse, rayonnement ultraviolet) et biotiques (agents pathogènes, herbivores).

Du point de vue de la chimie, ces métabolites sont classifiés en trois grandes familles principales : les polyphénols, les alcaloïdes et les terpénoïdes, auxquelles s'ajoutent des groupes spécifiques, comprenant notamment les saponines et les huiles essentielles.

2.1. Les polyphénols

Les polyphénols représentent l'un des groupes les plus importants de métabolites secondaires végétaux. Il s'agit de composés organiques polyhydroxylés caractérisés par la présence d'un ou de plusieurs cycles aromatiques (C_6H_6) portant des substituants hydroxyle (–

OH). Les halophytes sont reconnus comme sources valides de polyphénols et autres métabolites secondaires avec une forte activité antioxydante. Les conditions de stress salin induisent la production de ROS, ce qui stimule la biosynthèse de composés phénoliques pour neutraliser ces espèces réactives et protéger les cellules végétales. (Pungin et *al.*, 2022 ; Stanković et *al.*, 2023).

Les polyphénols englobent diverses sous-classes, parmi lesquelles figurent les acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignines, les tanins, les coumarines et les anthocyanes.

a) Les acides phénoliques

Il s'agit des structures polyphénoliques les plus élémentaires. Deux sous-ensembles principaux peuvent être distingués : Les acides hydroxybenzoïques, tels que l'acide gallique et l'acide vanillique, Les acides hydroxycinnamiques (notamment l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide p-coumarique). Ils se présentent fréquemment sous une forme non complexée ou combinés à des oses et des alcools. Ces composés participent à la protection antioxydante et à la régulation du stress oxydatif (Valanciene et *al.*, 2020 ; Kruk et *al.*, 2022).

b) Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent une classe de composés polyphénoliques omniprésents et représentent la fraction quantitativement majoritaire des métabolites phénoliques. Ils interviennent dans la pigmentation des fleurs et des fruits, la protection contre le rayonnement ultraviolet, la régulation hormonale et la résistance aux agents pathogènes (Albert et *al.*, 2022 ; Carletti et *al.*, 2014). Les sous-classes prédominantes comprennent : les flavones, les flavonols, les flavanones, les catéchines et les isoflavones. Chez les halophytes, ces composés exercent également une fonction antioxydante significative en réponse au stress salin.

c) Les lignines

Les lignines sont des polymères phénoliques hydrophobes qui se déposent dans les parois cellulaires secondaires, ce qui confère rigidité et imperméabilité aux tissus végétaux. Elles découlent de la polymérisation de trois monolignols, à savoir l'alcool p-coumarylique, l'alcool coniférylique et l'alcool sinapylique (Amthor, 2003 ; Emonet et *al.*, 2022).

Au-delà de leur fonction structurale, ces molécules participent à la protection contre les agressions microbiennes et à la résistance au stress salin.

d) Les tanins

Les tanins se définissent comme des polyphénols de masse moléculaire élevée, caractérisés par leurs propriétés astringentes. Il existe deux grandes catégories : Les tanins hydrolysables sont constitués de dérivés du glucose estérifiés par l'acide gallique ou l'acide ellagique. Tanins condensés (proanthocyanidines) : polymères constitués d'unités flavaniques, qui ne peuvent pas être hydrolysés. Ils contribuent à la protection contre les herbivores et les pathogènes, et présentent une activité antioxydante significative (Smeriglio et *al.*, 2017 ; Liu et *al.*, 2023).

e) Les coumarines

Les coumarines exercent plusieurs propriétés pharmacologiques : anticoagulantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, neuroprotectrices, antidiabétiques, anticonvulsivantes et anti-prolifératives. Les furanocoumarines linéaires manifestent une photosensibilisation aux rayonnements UV, formant des triplets excités qui réagissent avec les bases pyrimidiques ou l'oxygène pour générer des espèces réactives de l'oxygène (ROS). Elles se caractérisent par une distribution étendue au sein du règne végétal et manifestent diverses activités biologiques, notamment anticoagulantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et photosensibilisantes. Certaines espèces, telles que *Melilotus officinalis* ou *Apium graveolens*, présentent une forte concentration de ces composés (Annunziata et *al.*, 2020 ; Bruni et *al.*, 2019).

f) Les anthocyanes

Les anthocyanes présentent des propriétés antioxydantes et vasculoprotectrices amplement démontrées. Elles protègent contre les dommages photodommageux induits par l'exposition solaire, réduisent la production de ROS et régulent l'expression de gènes pro-inflammatoires. Leurs glycosides (déphinidin-3-O-glucoside, cyanidine-3-O-glucoside, malvidine) démontrent des activités photoprotectrices supérieures chez les keratinocytes et les fibroblastes dermiques. (Oliveira et *al.*, 2020 ; Alappat & Alappat 2020).

2.2. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes se définissent comme des composés organiques azotés à caractère basique, provenant usuellement d'une origine amino-acidique. Ils manifestent une diversité structurale et biologique considérable. Leur fonction première réside dans la défense contre

les herbivores et les micro-organismes, mais il est à noter que nombre d'entre elles présentent également des activités pharmacologiques significatives, incluant des propriétés analgésiques, antipaludiques, anticancéreuses ou stimulantes (Divekar et *al.*, 2022 ; Mohammed et *al.*, 2023). Chez les halophytes, la biosynthèse des alcaloïdes est fréquemment induite par le stress salin, ce qui suggère un rôle adaptatif de ces composés.

2.3. Les terpènes et les stéroïdes

Les terpènes, également désignés sous le terme de terpénoïdes, constituent la famille la plus étendue de métabolites naturels, résultant de la condensation d'unités isopréniques de formule $(C_5H_8)_n$. Il convient d'établir une distinction entre :

- Les monoterpènes (C_{10}) se rencontrent fréquemment dans les huiles essentielles.
- Sesquiterpènes (C_{15}).
- Diterpènes (C_{20}), lesquels sont des composés organiques de formule brute $C_{20}H_{32}$.
- Triterpènes (C_{30}).
- Stéroïls et caroténoïdes (C_{40}).

Ces molécules exercent diverses fonctions, incluant la défense contre les herbivores, l'attraction des pollinisateurs, la régulation de la croissance (par le biais d'hormones telles que l'acide abscissique) et l'activité antimicrobienne (Mahizan et *al.*, 2019 ; Hosseini et *al.*, 2023).

2.4. Les saponines

Les saponines sont définies comme des glycosides naturels constitués d'une aglycone, désignée sous le terme de sapogénine, et d'une chaîne osidique hydrophile. Leur désignation est issue de leur aptitude à produire de la mousse en milieu aqueux. Il est établi qu'elles manifestent des activités hémolytiques, antifongiques, antivirales et anti-inflammatoires, et qu'elles sont susceptibles d'accroître la biodisponibilité d'autres composés pharmacologiquement actifs (Tatli & Somuncuoglu, 2021 ; Sharma et *al.*, 2021).

2.5. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles (HE) se définissent comme des mélanges complexes de composés volatils aromatiques, constitués principalement de monoterpènes et de sesquiterpènes. Elles sont synthétisées au sein de structures sécrétrices (glandes, trichomes) et confèrent aux plantes

leur odeur distinctive. Au-delà de leur fonction écologique, incluant l'attraction des pollinisateurs et la répulsion des ravageurs, ces plantes manifestent un éventail d'applications pharmacologiques, notamment des propriétés antibactériennes, antifongiques, anti-inflammatoires et antioxydantes (Sharifi-Rad et *al.*, 2017 ; Mohammed et *al.*, 2025).

3. Facteurs influençant la composition chimique des plantes halophytes

L'ensemble des études précédentes soulignent la richesse métabolique et pharmacologique des plantes halophytes. Ces espèces oubliées sont de véritables mines de molécules bioactives d'intérêt thérapeutique, cosmétique et agronomique. Mais la nature chimique de ces métabolites secondaires est très variable en fonction de plusieurs facteurs biologiques et environnementaux. Par conséquent, afin de mieux appréhender et exploiter les potentialités bioactives de ces plantes, il est important d'étudier les facteurs qui affectent la composition chimique de leurs extraits, ces facteurs (génétiques, écologiques et technologiques) qui déterminent la qualité, la concentration et la stabilité des principes actifs chez les halophytes.

3.1.Facteurs intrinsèques (génétiques et physiologiques)

a) Espèce et génotype

Chaque espèce végétale se caractérise par un patrimoine génétique propre, lequel influence la nature et la quantité des métabolites élaborés. La diversité chimique considérable observée chez les halophytes résulte de leur adaptation évolutive aux environnements extrêmes. À titre d'illustration, des disparités significatives dans les profils terpéniques et flavonoïdiques ont été observées entre *Artemisia herba-alba* et *Atriplex halimus* (Abdelkarim et *al.*, 2021).

b) Organe végétal étudié

La composition chimique diffère en fonction de l'organe considéré, qu'il s'agisse de la feuille, de la tige, de la racine, de la fleur, du fruit ou de la graine. Il a été constaté que les feuilles, fréquemment soumises à des contraintes lumineuses et salines, présentent une accumulation accrue de polyphénols et de flavonoïdes antioxydants, tandis que les racines peuvent concentrer une quantité supérieure d'alcaloïdes et de tanins (Falleh et *al.*, 2008).

c) Stade phénologique (âge et développement)

La production de métabolites présente des variations au cours du cycle de vie de la plante. De manière générale, il est observé que les concentrations en composés phénoliques et en flavonoïdes culminent durant la floraison, phase caractérisée par une activité métabolique intense (Behnamfar & Zandi Esfahan, 2024).

d) Activité enzymatique et régulation métabolique

L'expression différentielle des enzymes essentielles impliquées dans les voies de biosynthèse (shikimate, mévalonate, MEP, etc.) Module d'Extension Pédagogique) exerce une influence sur la production des composés actifs. Cette régulation est tributaire du génotype et des signaux de stress détectés par la plante. (Härtl et al., 2010)

3.2.Facteurs extrinsèques (environnementaux et écophysologiques)

a) Salinité du sol

La salinité représente le facteur déterminant pour les halophytes. Une concentration excessive d'ions Na^+ et Cl^- induit un stress osmotique et oxydatif, stimulant par conséquent la biosynthèse de métabolites secondaires, notamment les phénols, les flavonoïdes et les terpènes, lesquels exercent une fonction de défense antioxydante (Ksouri et al., 2008 ; Pungin et al., 2023).

b) Conditions climatiques

- **Température** : Les températures extrêmes stimulent la production de métabolites protecteurs, notamment les caroténoïdes et les composés phénoliques.
- **Lumière et rayonnement UV** : L'exposition intense à la lumière induit la biosynthèse de flavonoïdes, pigments exerçant une fonction de protection contre le rayonnement ultraviolet.
- **Les précipitations et l'humidité** influencent le métabolisme secondaire, de sorte qu'un déficit hydrique peut induire une augmentation de l'accumulation de polyphénols (Boestfleisch et al., 2014).

c) Nature du sol et disponibilité en nutriments

La production de métabolites est influencée par la texture, le pH, la salinité ainsi que par la concentration en éléments minéraux. À titre d'illustration, un substrat pédologique

déficient en azote tend à favoriser l'accumulation de composés phénoliques, alors qu'un substrat pédologique riche en azote stimule la croissance végétale, mais réduit concomitamment la concentration en métabolites secondaires (Martins-Noguerol et *al.*, 2023 ; Farzana et *al.*, 2023).

d) Facteurs biotiques

Les interactions avec les micro-organismes, les herbivores et les pathogènes sont susceptibles d'induire la synthèse de composés de défense, tels que les phytoalexines, les alcaloïdes et les tanins condensés. Les symbioses mycorhiziennes, observées fréquemment chez certaines halophytes, induisent également une modification du profil métabolique (Slama et *al.*, 2015).

3.3.Facteurs post-récolte et technologiques

Les phases de collecte, de dessiccation et d'extraction exercent également une influence sur le profil chimique. L'étape de la récolte, incluant le moment de la journée et la saison, influence la concentration en huiles essentielles. La composition finale des extraits est déterminée par les méthodes d'extraction employées, telles que la macération, l'extraction de Soxhlet, l'hydrodistillation et l'extraction supercritique. Les méthodes opératoires douces, réalisées à basse température, favorisent une meilleure conservation des composés thermosensibles (El Bouzidi et *al.*, 2021).

4. Intérêt médicinal et bioactif des plantes halophytes

Les halophytes, végétaux aptes à se développer dans des milieux salins ou arides, manifestent une plasticité physiologique et biochimique notable. Cette adaptation est corrélée à une accumulation de métabolites secondaires, comprenant notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les terpènes et les saponines, dont les divers effets biologiques leur attribuent une valeur thérapeutique substantielle. Depuis quelques décennies, ces espèces suscitent un intérêt grandissant dans les domaines de la pharmacognosie, de la biotechnologie végétale et de la médecine naturelle, en raison de leurs propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, insecticides et anticancéreuses (Ksouri et *al.*, 2012 ; Stanković et *al.*, 2023).

4.1.Capacité antioxydante

L'activité antioxydante des halophytes représente l'un des domaines les plus investigués de leur bioactivité. Soumises à des contraintes salines, hydriques et lumineuses, ces plantes manifestent une aptitude marquée à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ERO) par le biais de la synthèse de composés phénoliques et flavonoïdiques (Mohammed et *al.*, 2013). Il a été démontré, par le biais d'études, que *Limoniastrum guyonianum*, *Atriplex halimus* et *Arthrocnemum indicum* manifestent des activités antioxydantes similaires, voire supérieures, à celles observées chez des plantes médicinales conventionnelles (Gheraissa et *al.*, 2023 ; Agudelo et *al.*, 2021). Cette aptitude octroie à ces espèces un rôle potentiel dans la prévention des pathologies dégénératives associées au stress oxydatif, telles que le diabète, le cancer ou les affections cardiovasculaires.

4.2.Activités antimicrobiennes et antifongiques

Les halophytes synthétisent un ensemble de métabolites secondaires aptes à inhiber la croissance de micro-organismes pathogènes. Les extraits méthanoliques et éthanoliques d'*Artemisia herba-alba*, de *Salsola vermiculata* et de *Hammada scoparia* ont révélé une activité notable contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* et *Aspergillus niger* (El Ouardi et *al.*, 2024 ; Amor et *al.*, 2019). Ces propriétés sont imputées à la présence de flavonoïdes, d'acides phénoliques et d'huiles essentielles, dont le mécanisme d'action repose sur la perturbation de la membrane cellulaire microbienne et l'inhibition de la synthèse enzymatique. L'intérêt pharmacologique de ces espèces se manifeste par conséquent dans le développement de nouveaux agents antimicrobiens naturels, représentant une alternative prometteuse face à l'augmentation de la résistance aux antibiotiques.

4.3. Activité anti-inflammatoire et analgésique

Plusieurs halophytes présentent une activité anti-inflammatoire. Les extraits d'*Atriplex halimus* et de *Limoniastrum monopetalum* ont inhibé les médiateurs pro-inflammatoires TNF- α et COX-2 (Ahmed et *al.*, 2023). Les flavonoïdes, les acides phénoliques et certaines coumarines contribuent à ces effets en inhibant la synthèse des prostaglandines et des espèces oxydantes. Ces résultats valident l'utilisation traditionnelle de ces plantes dans le traitement des douleurs articulaires, des irritations cutanées et des infections locales.

4.4. Activité insecticide

Outre leurs propriétés thérapeutiques chez l'humain, certaines halophytes manifestent des caractéristiques insecticides naturelles qui s'avèrent pertinentes pour la lutte biologique. Il a été démontré que les huiles essentielles issues d'*Artemisia campestris* et d'*A. herba-alba* présentent une efficacité contre divers insectes nuisibles, notamment *Tuta absoluta* et *Sitophilus oryzae*, en altérant leurs comportements alimentaire et reproducteur (Mojarab-Mahboubkar et al., 2023 ; Mohammad et al., 2024). Ces résultats mettent en évidence le potentiel écologique et économique de ces plantes pour le développement de bio-insecticides respectueux de l'environnement.

4.5. Autres propriétés biologiques

En plus des activités majeures mentionnées, certaines halophytes présentent des activités antidiabétiques, hépatoprotectrices, antihypertensives et antivirales. Par exemple, *Atriplex halimus* est utilisée traditionnellement pour le traitement du diabète en raison de son effet hypoglycémiant et améliorant la sensibilité à l'insuline (Mohammed et al., 2024). De même, *Suaeda fruticosa* possède une activité hépatoprotectrice due à sa richesse en antioxydants naturels (Ghanem et al., 2023).

5. Importance écologique et économique

5.1. Importance écologique

Les halophytes sont des acteurs importants des écosystèmes salés et arides. Elles fixent les sols salés ou saumâtres, freinent l'érosion (éolienne ou hydrique), fixent les dunes ou les berges, maintiennent la biodiversité et fournissent des habitats à de nombreuses espèces animales (Abdellaoui et al., 2023). Elles servent également à la phytoremédiation : certaines espèces absorbent les ions Na^+/Cl^- ou les métaux lourds et aident à la réhabilitation des sols salinisés ou pollués. (Mujeeb et al., 2023)

Par ailleurs, dans un contexte de changement climatique et de désertification croissante, les halophytes représentent des plantes pionnières capables de coloniser des niches dégradées, ce qui souligne leur rôle en tant que composantes de résilience écologique. (Di Pietro, 2015).

5.2. Importance économique

Sur le plan économique, les halophytes offrent de multiples usages :

- **En agriculture et fourrage** : dans les régions où les sols sont salins ou l'eau d'irrigation est saumâtre, les halophytes peuvent être cultivées comme plantes fourragères ou pour la mise en valeur des terres marginales. (Bazihizina et *al.*, 2024)
- **En alimentation et nutraceutique** : plusieurs halophytes comestibles sont riches en minéraux, fibres, antioxydants, et peuvent être considérées comme légumes ou « super-aliments » pour environnements salins. (Mohammed et *al.*, 2024)
- **En industrie pharmaceutique et cosmétique** : la richesse en composés bioactifs (polyphénols, terpénoïdes, alcaloïdes) rend ces plantes intéressantes pour la production de principes actifs, d'extraits thérapeutiques ou cosmétiques. (Ksouri et *al.*, 2012)
- **En technologies vertes** : elles sont envisagées pour la production de biomasse, de biocarburants, ou pour la valorisation de sites salins en cultures non-alimentaires. (Abideen et *al.*, 2020)

6. Potentiel biotechnologique et perspectives

Le potentiel médicinal et biotechnologique des halophytes ouvre de nouvelles perspectives dans :

- Le développement de produits pharmaceutiques naturels, (Giordano et *al.*, 2021)
- La valorisation des ressources locales dans les zones arides, (El-Amier et *al.*, 2021)
- Et la promotion d'une agriculture durable basée sur des espèces tolérantes à la salinité. (Bazihizina et *al.*, 2024)

Les recherches actuelles visent à isoler et caractériser les composés actifs responsables de leurs effets biologiques, notamment dans la lutte intégrée contre les insectes ravageurs comme *Tuta absoluta*, en vue de remplacer les insecticides chimiques par des alternatives plus sûres et écologiques. (Ravi et *al.*, 2025 ; Bamisile et *al.*, 2021)

CHAPITRE III

**ASPECT BIOLOGIQUE DU RAVAGEUR :
Tuta absoluta (Meyrick, 1917) ET DE
SON HOTE**

1. Introduction de *Tuta absoluta* en Algérie

En Algérie, la culture de la tomate, qu'elle soit conduite sous serre ou en plein champ, a connu au cours des dernières années des pertes considérables en raison de l'introduction d'un ravageur particulièrement destructeur : *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), communément appelée la mineuse de la tomate (Mouhouche&Ziri, 2011). Ce microlépidoptère, appartenant à la famille des Gelechiidae, est originaire d'Amérique du Sud et s'est rapidement propagé à travers le bassin méditerranéen, causant d'importants dégâts sur les cultures de Solanacées, notamment la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Doumandji-Mitiche et al., 2010 ; Desneux et al., 2010).

L'espèce est hautement polyphage, mais la tomate constitue son principal hôte. Depuis sa première détection en Algérie, *Tuta absoluta* s'est imposée comme l'un des ravageurs les plus préoccupants pour la production maraîchère, en raison de sa capacité d'adaptation, de son taux de reproduction élevé et de la difficulté de sa lutte par les moyens chimiques classiques (Biondi et al., 2018 ; Guenaoui et al., 2020). Les larves minent les feuilles, les tiges et les fruits, provoquant une baisse significative du rendement et une dégradation de la qualité marchande des productions (Cherif et al., 2019). Cette activité larvaire compromet la photosynthèse et la qualité commerciale des fruits, rendant la lutte contre ce ravageur particulièrement difficile (Guedes&Picanço, 2012 ; Ferracini et al., 2019).

La maîtrise de ce ravageur représente aujourd'hui un enjeu majeur pour la filière tomate en Algérie. Les recherches actuelles se concentrent sur des stratégies de lutte intégrée, combinant des méthodes biologiques, biotechnologiques et écologiques, afin de réduire l'usage des insecticides et de limiter l'apparition de résistances (Desneux et al., 2021 ; Harbi et al., 2023).

2. Systématique

- Embranchement : Arthropoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Lepidoptera
- Famille : Gelechiidae
- Espèce : *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917).

La classification taxonomique de l'espèce n'a pas subi de modifications majeures récentes ; *T. absoluta* demeure classée dans les Gelechiidae. (Tarusikirwa et al., 2020).

3. Biologie

Tuta absoluta est un microlépidoptère néotropical devenu invasif à l'échelle mondiale. Sa biologie est marquée par un fort potentiel de reproduction et des générations multiples par an, variables selon le climat local : en condition chaude et contrôlée (serre), le cycle peut s'accélérer et aboutir à un nombre élevé de générations annuelles. Des études récentes montrent que la durée du cycle (oeuf → adulte) diminue nettement quand la température moyenne se situe autour de 25–30 °C, tandis qu'elle s'allonge à des températures plus basses ; la fécondité et la survie varient fortement selon ces paramètres (Mohamed et *al.*, 2022 ; Pandey et *al.*, 2023).

La plupart des études de terrain et de laboratoire confirment que, en conditions favorables (serres chauffées/arides avec irrigation), *T. absoluta* peut atteindre un grand nombre de générations annuelles et causer des infestations continues (Tarusikirwa et *al.*, 2020 ; Mohamed et *al.*, 2022).

A. L'œuf

L'œuf de *Tuta absoluta* est de forme ovale-cylindrique, généralement déposé sur la face inférieure des feuilles, mais aussi sur les bourgeons et les fruits verts. Il est de couleur crème à jaune et mesure environ 0,4 mm de long pour 0,2 mm de diamètre.

Selon Margarida (2008) in Berkani (2008), les œufs sont pondus isolément ou en petits amas, et la durée d'incubation varie de 4 à 10 jours, en fonction de la température ambiante. Ce stade est fortement influencé par les conditions thermiques, accélérant à haute température et ralentissant en dessous de 20 °C.

B. La larve

La larve nouvellement éclos est de couleur beige clair à crème au premier stade. Elle devient verte ou rosâtre du deuxième au quatrième stade, avec une tête brun foncé à noire.

La durée du développement larvaire varie de 12 à 15 jours, selon la température (Marcano, 2008).

Dès son éclosion, la jeune larve pénètre rapidement dans le limbe foliaire, où elle se nourrit du parenchyme situé entre les deux épidermes, créant ainsi des galeries

CHAPITRE III : ASPECT BIOLOGIQUE DU RAVAGEUR : *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) ET DE SON HOTE

caractéristiques (mines translucides). Ce comportement cause des dégâts importants sur les feuilles, les tiges et parfois les fruits.

C. La chrysalide (nymphe)

La nymphose se déroule dans un cocon soyeux aux fils peu serrés, que la larve installe à divers endroits : sous les débris végétaux au sol, dans les feuilles ou, plus rarement, dans les fruits.

La pupe est en forme de fuseau, de couleur brun verdâtre au début puis brun foncé à maturité.

La métamorphose dure environ 9 à 11 jours selon Margarida (2008) in Berkani (2008), mais peut s'étendre de 8 à 20 jours selon la température.

La nymphe peut, en conditions défavorables, entrer en diapause, ce qui permet à l'espèce de survivre pendant les périodes froides ou sèches.

D. L'adulte

L'adulte est un petit papillon gris argenté d'environ 10 mm d'envergure, avec des taches noires distinctes sur les ailes antérieures. Les ailes postérieures, plus claires et frangées, facilitent son vol discret.

Selon Fraval (2009), l'adulte est actif principalement au crépuscule, période durant laquelle ont lieu les accouplements. Durant la journée, il reste caché entre les feuilles.

La longévité moyenne des adultes varie selon les conditions : les femelles vivent généralement 10 à 15 jours, contre 6 à 7 jours pour les mâles. Chaque femelle peut pondre jusqu'à 250 à 300 œufs au cours de sa vie.

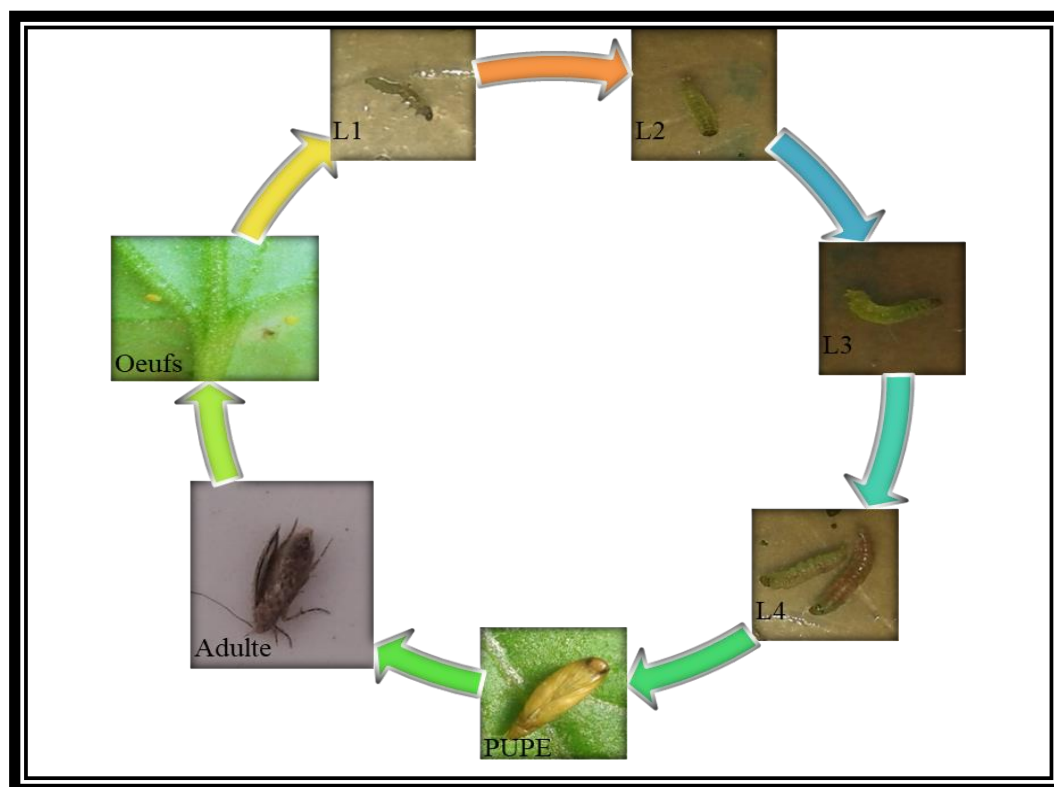


Fig.01 : Cycle de vie de la mineuse de la tomate (photos originales, G X 8)

4. Plantes hôtes

La tomate (*Solanum lycopersicum*) reste l'hôte principal et le plus affecté. Toutefois, *T. absoluta* peut attaquer d'autres Solanacées cultivées (pomme de terre *S. tuberosum*, aubergine *S. melongena*, poivron *Capsicum spp.*, tabac *Nicotiana tabacum*) et de nombreuses solanacées sauvages servant de réservoirs (*Datura spp.*, *Solanum nigrum*, *Solanum carolinense*, etc.). Des inventaires régionaux confirment la large amplitude d'hôtes et l'importance des adventices comme réservoirs en bordure des cultures. (Tarusikirwa et *al.*, 2020).

La tomate présente plusieurs caractéristiques qui en font l'hôte optimal pour *T. absoluta*:

a) Caractéristiques nutritionnelles favorables :

- Feuilles tendres et riches en nutriments
- Équilibre optimal azote/carbone pour le développement larvaire
- Présence de composés stimulants l'oviposition

b) Performance biologique du ravageur sur tomate :

- Durée de développement la plus courte : 22,2 jours (vs 24-26 jours sur autres hôtes). (Aslan et *al.*, 2024)

- Taux de survie le plus élevé : 84% (vs 24-52% sur autres solanacées) (Abdelhadyet *al.*, 2021)
- Fécondité maximale : 262 œufs/femelle (vs 198 sur pomme de terre) (Abdelhady et *al.*, 2023)
- Reproduction nette et taux intrinsèque d'augmentation maximaux (Aslan et *al.*, 2024)

c) Disponibilité et densité :

- Culture intensive et continue (particulièrement sous serre en Algérie)
- Grande superficie cultivée
- Présence quasi-permanente dans certaines régions (El-Oued, Biskra)

Cette combinaison de facteurs explique pourquoi *T. absoluta* cause les dégâts les plus sévères sur tomate et pourquoi cette culture nécessite une vigilance et des mesures de protection particulières en Algérie.

5. Dégâts causés par *Tuta absoluta*

La mineuse de tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) est un ravageur redoutable qui inflige des dommages importants aux cultures de tomate dans le monde entier. Cette espèce invasive, originaire d'Amérique du Sud, s'attaque à tous les stades de la plante et peut provoquer des pertes de production dévastatrices.

5.1.Types de dégâts

a) Dégâts sur les feuilles

Les larves de *T. absoluta* minent le mésophylle des feuilles, formant des mines typiques qui donnent aux feuilles un aspect papyracé. Ces galeries sinueuses sont dues à l'alimentation des larves qui dévorent le parenchyme foliaire en épargnant l'épiderme. Les feuilles atteintes montrent des taches, jaunissent puis brunissent et peuvent tomber complètement. En cas d'infestation massive, plus de 50% de la végétation peut être anéantie. (Pandey et *al.*, 2023)

b) Dégâts sur les tiges et bourgeons

Les larves s'attaquent aussi aux jeunes tiges et aux bourgeons terminaux, y creusant des galeries qui entravent fortement le développement de la plante. Ces attaques sur les tiges peuvent freiner la croissance principale de la plante et affecter son développement structurel. (Aynalem et *al.*, 2022)

c) Dégâts sur les fleurs et fruits

T. absoluta attaque les fleurs, diminuant le potentiel de production. Les fruits sont aussi attaqués à tous les stades de leur développement, les larves y creusant des galeries superficielles ou profondes. Ces dégâts rendent les fruits non commercialisables à cause de symptômes visuels et de déformations même si l'intérieur n'est pas touché. (Vivekanandhan et al., 2024)



Fig.02 : Dégâts de la mineuse dans une serre (photos originales)

6. Impact physiologique des dégâts sur la plante

1.1. Réduction de la photosynthèse

Les dommages de *T. absoluta* provoquent une réduction sévère de la capacité photosynthétique des plantes. L'analyse physiologique révèle que les plantes infestées ont une teneur en chlorophylle très faible (3,9 mg/m² pour les plantes infestées contre 10,36 mg/m² pour les plantes saines). Cette destruction du tissu chlorophyllien (chloroplastes, couche palissadique) affecte la production d'énergie de la plante. (Chennouf et al., 2021 ; Mahlango et al., 2022)

1.2. Perturbations des échanges gazeux

Les plantes attaquées présentent des troubles physiologiques importants. La concentration de CO₂ intercellulaire est fortement diminuée (1825,52 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ pour les plantes infestées contre 3215,28 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ pour les plantes saines), indiquant que les dommages foliaires affectent l'absorption du CO₂. Le taux de transpiration est aussi affecté et la conductance stomatique diminue, ce qui empêche le passage de l'eau et des nutriments. (Mahlangu et *al.*, 2022)

1.3. Arrêt de la croissance

Les plantes affectées manifestent un arrêt de croissance, se traduisant par une réduction significative de la hauteur (12,6 cm pour les plantes infestées contre 25,8 cm pour les plantes saines sur une période de quinze jours) et une diminution considérable du nombre de feuilles (cinq feuilles contre treize pour les plantes saines). La biomasse végétale globale est également affectée de manière significative, se traduisant par une diminution notable des poids frais et secs. (Mahlangu et *al.*, 2022)

2. Pertes de rendement et impacts économiques

2.1. Estimations des pertes

Les pertes de rendement dues à *T. absoluta* sont catastrophiques et dépendent des régions et des conditions de culture. En l'absence de contrôle, le ravageur peut engendrer 80-100% de perte de production.

Biskra, importante région de production maraîchère du sud-est algérien, a fait l'objet de plusieurs études approfondies sur *T. absoluta*.

Les pertes dues au développement des larves sur les fruits ont été estimées à (Allache et *al.*, 2012) :

- 43,3% sur la variété 'Sahara'
- 17% sur la variété 'Toufan'
- 3% sur la variété 'Dawson'

Ces variations importantes entre variétés reflètent des différences de susceptibilité et démontrent que le choix variétal peut influencer significativement le niveau de pertes. Le pourcentage de pertes sur fruits était positivement corrélé avec l'augmentation du nombre de larves, et les attaques étaient plus sévères durant la période printanière avec l'augmentation des températures. (Allache et *al.*, 2012 ; Allache et *al.*, 2015)

Une étude menée dans la wilaya de Chlef a rapporté les pertes de rendement et les dégâts occasionnés par *T. absoluta* sur la culture de tomate. Bien que les chiffres exacts ne

soient pas disponibles dans les résumés, cette étude confirme l'importance du ravageur dans cette région du nord de l'Algérie. (Mohamed et *al.*, 2015)

Dans la région d'Ouargla (désert du Sahara algérien), *Tuta absoluta* a provoqué des pertes allant jusqu'à 100% des feuilles et des fruits de tomate en février. L'essai sous serre a révélé que ce ravageur a causé une défoliation et une destruction totale de la production en cas de forte infestation. Le cycle biologique de *T. absoluta* dans cette zone est de 23,85 jours à 34°C et 50-60% HR. Un maximum de 1922 individus a été piégé dans les trois serres observées au cours d'un cycle de culture de 6 mois. (Chennouf et *al.*, 2021)

Dans l'oasis d'El-Oued (sud du Sahara algérien), une étude réalisée au cours de la campagne 2021-2022 sur deux variétés de tomate sous serre ('Dawson' et 'Tavira') a montré la présence continue de *T. absoluta* durant le cycle végétatif. Les résultats ont révélé une augmentation progressive et importante du nombre d'adultes de 19,5 individus/piège à 146,2 individus/piège avec un pic le 18 mars 2022 sur la variété Tavira à la station de Hassi Khalifa. Quatre générations successives ont été observées au cours du cycle phénologique de la culture de tomate. La variété Tavira a montré des effectifs plus importants que la variété Dawson, confirmant des différences de susceptibilité variétale. L'étude ne mesure pas directement les pertes de rendement en pourcentage, mais elle indique que *Tuta absoluta* est un ravageur clé de la tomate dans cette zone saharienne, avec des infestations pouvant entraîner des pertes de 80 à 100% en l'absence de contrôle. (Haddad et *al.*, 2024)

2.2.Impact économique et social

a) Pertes financières

Les pertes économiques causées par *T. absoluta* en Algérie sont substantielles, les études montrent que les producteurs doivent faire face à une augmentation significative des coûts de production liée aux traitements phytosanitaires répétés. (Abdallah et *al.*, 2020)

A Biskra, l'emploi massif de pesticides pour lutter contre les différents ravageurs de la tomate a entraîné l'absence d'antagonistes naturels dans les serres. Cela entraîne un cercle vicieux où le manque d'ennemis naturels permet au ravageur de se multiplier, nécessitant encore plus d'applications d'insecticides.

b) Conséquences pour les producteurs

Les ravages de ce lépidoptère ravageur de tomates ont été rapportés dès son apparition en 2008. *T. absoluta* est dévastateur car il peut infester et endommager la tomate et d'autres solanacées. (Benkhelifa et *al.*, 2021)

Les producteurs algériens font face à plusieurs défis majeurs (Belkacem et *al.*, 2019):

- Destruction partielle ou totale des cultures, particulièrement en l'absence de mesures de contrôle appropriées
- Augmentation des coûts de production due aux traitements phytosanitaires répétés
- Réduction de la qualité commerciale des fruits même lorsqu'ils ne sont pas complètement détruits
- Développement de résistances aux insecticides nécessitant l'utilisation de produits plus coûteux

3. Facteurs aggravants la propagation de *Tuta absoluta* en Algérie

3.1. Conditions climatiques favorables

Les conditions climatiques des régions de production algériennes, notamment les régions sahariennes (Biskra, El-Oued, Ouargla) sont favorables au développement rapide de *T. absoluta*. Les températures élevées (25-34°C) et le recours aux serres permettent au ravageur d'accomplir plusieurs générations par cycle de culture (4 à 6 générations selon les régions). (Allache et *al.*, 2015 ; Chennouf et *al.*, 2021 ; Haddad et *al.*, 2024)

3.2. Culture intensive sous serre

La région d'El-Oued est réputée pour être un pôle économique important, caractérisé par une production de cultures maraîchères, notamment de tomates cultivées sous serre, qui s'étend sur de vastes superficies. De même pour la région de Biskra, cette concentration de cultures hôtes contribue à la prolifération et au maintien des populations de *Tuta absoluta*. (Allache et *al.*, 2020 ; Haddad et *al.*, 2024)

3.3. Absence d'ennemis naturels

L'application intensive de pesticides a induit l'absence d'antagonistes naturels dans les environnements de culture sous serre en Algérie. Bien que certains ennemis naturels, tels que *Chrysoperla carnea*, *Coccinella algerica* et le parasitoïde *Trichogramma* sp., aient été identifiés à Ouargla, leur présence demeure limitée et ne permet pas de maîtriser efficacement les populations du ravageur. (Allache et *al.*, 2012 ; Allache et *al.*, 2020 ; Chennouf et *al.*, 2021)

4. Stratégie de lutte

A. Mesures prophylactiques

Les mesures prophylactiques constituent la première ligne de défense contre *Tuta absoluta* et visent à limiter les sources d'infestation avant et pendant la culture. Selon Michel

(2010), elles englobent l'ensemble des pratiques culturales permettant de réduire le taux initial d'infestation et la prolifération du ravageur au cours du cycle cultural. Ces mesures incluent :

- **Le labour profond précoce**, afin de détruire les chrysalides présentes dans le sol et d'instaurer un vide sanitaire avant la nouvelle plantation.
- **La gestion des résidus de culture**, notamment par incinération ou enfouissement des débris végétaux infestés.
- **La surveillance préventive des parcelles**, grâce à l'installation de pièges à phéromones sexuels (4 pièges par hectare en pré-plantation) pour détecter précocement la présence d'adultes (Bouharroud et *al.*, 2016 ; Cherif et *al.*, 2018).

Des études récentes menées en Algérie (Khalifa et *al.*, 2022 ; Djerbi et *al.*, 2024) ont confirmé que l'application rigoureuse de ces mesures permet de réduire significativement les populations initiales de *T. absoluta*, surtout lorsqu'elles sont combinées à une rotation culturale avec des espèces non hôtes.

B. Pratiques culturales et piégeage de masse

En phase de production, la combinaison des bonnes pratiques culturales et du piégeage de masse constitue une méthode efficace pour réguler les populations du ravageur. Le désherbage régulier des parcelles et de leurs abords, accompagné de l'incinération ou de l'enfouissement profond des mauvaises herbes appartenant à la famille des Solanacées, permet de supprimer les hôtes alternatifs du ravageur (Amazouz, 2010).

Le piégeage de masse repose sur l'utilisation de pièges à phéromone (type Delta ou piège à eau). Leur densité dépend du mode de culture :

- 4 à 5 pièges/ha pour le suivi des populations (piège Delta),
- 20 à 25 pièges/ha pour les cultures sous serre,
- 40 à 50 pièges/ha pour les cultures en plein champ (Amazouz, 2010).

De récentes études ont démontré que cette méthode peut réduire de 50 à 70 % les populations adultes de *T. absoluta* lorsqu'elle est utilisée de manière continue et intégrée à d'autres stratégies de lutte (Biondi et *al.*, 2018 ; Harbi et *al.*, 2022).

C. Lutte biologique

La lutte biologique constitue une approche durable, visant à utiliser des organismes vivants pour réguler les populations du ravageur tout en préservant l'équilibre écologique (Meyer, 2003 ; Desneux et *al.*, 2010).

De nombreux travaux, réalisés tant dans les régions d'origine de *T. absoluta* qu'en Méditerranée, ont permis d'identifier plusieurs ennemis naturels efficaces :

- Les prédateurs généralistes comme *Nesidiocoris tenuis* et *Macrolophus pygmaeus*,
- Les parasitoïdes d'œufs tels que *Trichogramma achaeae*,
- Les parasitoïdes larvaires comme *Bracon hebetor* et *Necremnus artynes* (Bernardo, 2009 ; Urbaneja et *al.*, 2012 ; Ferracini et *al.*, 2019).

En Algérie, des essais menés sous serre par Benaziza et *al.* (2020) ont montré que *N. tenuis* et *Trichogramma sp.* peuvent réduire significativement le taux d'infestation des feuilles et des fruits de tomate. Toutefois, le succès de la lutte biologique dépend fortement des conditions climatiques, de la densité du ravageur et de la compatibilité avec les traitements phytosanitaires utilisés.

D. Lutte chimique

La lutte chimique reste une composante importante du contrôle de *Tuta absoluta*, bien que son utilisation doive être raisonnée pour éviter l'apparition de résistances et les effets néfastes sur les auxiliaires.

Plusieurs insecticides sont utilisés : Trigard, Vertimec, Match, Tracer et Proclaim. Cependant, des études récentes ont révélé que *T. absoluta* a développé des résistances multiples à plusieurs familles d'insecticides, notamment les pyréthrinoides, néonicotinoïdes et chlorantraniliprole (Guedes & Picanço, 2012 ; Zaid et *al.*, 2019).

Les nouvelles approches préconisent une lutte chimique intégrée, associant des biopesticides (à base de spinosad, *Bacillus thuringiensis* ou azadirachtine) et des produits à faible rémanence, en alternance avec des périodes de lâchers biologiques (Biondi et *al.*, 2018 ; Harbi et *al.*, 2022).

Partie

Expérimentale

Matériels et Méthodes

I- Enquête ethnobotanique

1. Présentation de la zone d'étude

La région des Ziban s'étend au pied Sud de la chaîne de montagnes de l'Atlas saharien. Ce site lui vaut la connotation "La porte du désert" et a permis à la région de jouer à travers les différentes périodes de son existence un rôle de rencontre, d'échange et de transition entre un Nord bien équipé et un Sud déshérité (Allouai & Alkama, 2013). La ville de Biskra, capitale des Ziban, se situe au Sud-Est de l'Algérie à environ 425 km d'Alger (34°48'33" N, 06°44'05" E). La superficie de la wilaya de Biskra est de 21509,8 km² ; elle est limitée par : Batna au Nord, M'sila au Nord-Ouest, Khanchela au Nord-Est, Djelfa au Sud-Ouest, El Oued au Sud-Est et Ouargla au Sud (Fig. 03) (DPSB-Biskra, 2019).

Six sites de la wilaya de Biskra (Biskra, Loutaya, Elhadjeb, Sidi Okba, Oumach, et Elhaouch) ont été sélectionnés pour l'échantillonnage, qui ont été choisis pour leur diversité floristique, écologique et climatique, qui offrent à la population locale un savoir assez riche en phytothérapie traditionnelle, du fait de l'expertise reconnue des tradipraticiens dans l'utilisation des plantes thérapeutiques.

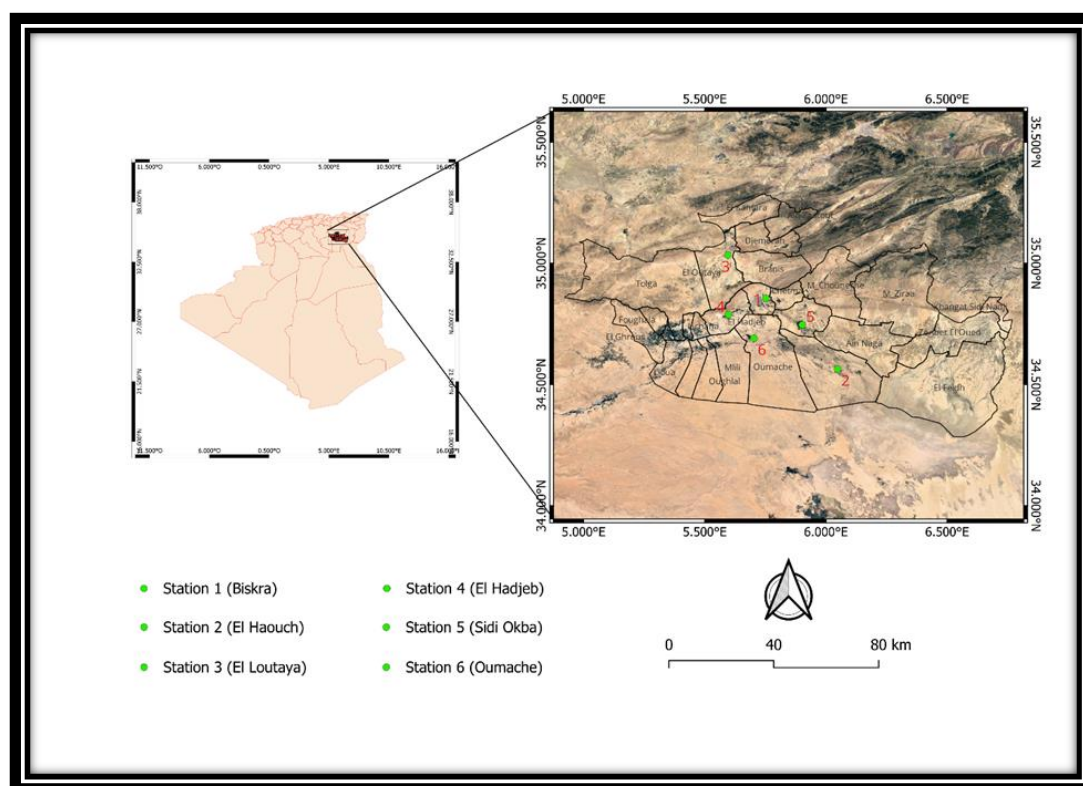


Fig. 03 : Situation géographique de la région de Biskra

La région de Biskra se caractérise par un climat saharien à tendance aride, manifesté par une luminosité intense, une évaporation significative et des amplitudes thermiques importantes (Ozenda, 1991). L'analyse des données météorologiques couvrant la période de 2009 à 2018 révèle une pluviométrie annuelle moyenne de 123,67 mm, principalement observée durant les saisons automnale et printanière, la saison estivale étant caractérisée par une quasi-absence de précipitations (Tutiempo, 2019).

Les températures moyennes fluctuent de 12,4 °C en janvier à 35,3 °C en juillet, les températures maximales excédant fréquemment 40 °C pendant la période estivale. La vitesse moyenne annuelle du vent s'établit à environ 13,1 km/h, avec une prédominance observée au printemps, tandis que l'humidité relative fluctue entre 25 % en été et 54 % en hiver.

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen met en évidence une saison sèche d'une durée d'environ neuf mois, ce qui corrobore le caractère aride de la région considérée. L'établissement du quotient pluviométrique d'Emberger ($Q_2 = 12,38$) permet de situer Biskra dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud.

2. Collecte des données ethnobotanique

Les données ont été collectées à l'aide d'une enquête ethnobotanique lancée de 2017 à 2019. Cette enquête est basée sur des questionnaires semi-structurés ou une interview ciblée (Demnati, 2020), basée sur l'utilisation des plantes halophytes citées dans la pharmacologie traditionnelle. L'entretien a été mené à l'aide d'un questionnaire préétabli auprès de guérisseurs traditionnels, d'herboristes et de participants de la population locale sur une base aléatoire dans les différents sites échantillonnés. Un total de 120 informateurs dont l'âge, le sexe et le niveau d'éducation, avec des questions relatives aux plantes, aux noms scientifiques et communs, aux parties des plantes utilisées, aux méthodes et formes de préparation, aux connaissances pharmacologiques et aux indications thérapeutiques ont été enregistrés. Nous avons mené l'entretien dans le dialecte arabe local parlé par les informateurs.

Les données collectées auprès des guérisseurs traditionnels, d'herboristes et de participants de la population locale reflètent une approche culturelle de la maladie. Le traitement varie en fonction du comportement du malade, de ses affirmations, de son statut social et de son histoire familiale.

Ainsi, l'objectif de l'ethnopharmacologie et de l'ethnobotanique est de comprendre les pratiques et les représentations liées à la santé et à la maladie. Les objectifs de ces sciences sont

également la description et l'évaluation thérapeutique des plantes utilisées dans les pharmacopées traditionnelles.

L'usage empirique des différentes préparations traditionnelles à base de plantes est donc extrêmement important pour une sélection efficace des espèces, puisque la plupart des métabolites secondaires de plantes employées en médecine moderne ont été découverts par l'intermédiaire d'investigations ethnobotaniques (GURIB-FAKIM, 2006).

3. Critères de choix des plantes étudiées

Le choix des espèces végétales étudiées se fonde sur une démarche intégrant des critères géographiques, écologiques, ethnopharmacologiques et scientifiques. L'Algérie, de par sa diversité climatique s'étendant du littoral méditerranéen aux zones sahariennes, présente une flore d'une richesse et d'une variété particulièrement notables. Les environnements arides du Sahara, se distinguant par des conditions rigoureuses de température, de sécheresse et de salinité, représentent une source importante d'espèces halophytes possédant des mécanismes d'adaptation physiologique et biochimique remarquables (Ksouri et *al.*, 2008). Ces adaptations sont fréquemment corrélées à une production élevée de métabolites secondaires, tels que des composés phénoliques, des flavonoïdes ou des terpènes, présentant une activité antioxydante, antimicrobienne ou insecticide potentielle.

L'approche ethnobotanique a constitué un élément essentiel de la sélection des espèces, en se fondant sur les connaissances traditionnelles des populations sahariennes ainsi que sur les études de référence de Ould El Hadj et *al.* (2003), Guehiliz et *al.* (2015) et Hadjadj et *al.* (2015). Ces travaux de recherche ont abouti à l'identification de plantes employées localement dans le traitement de diverses affections cutanées, digestives ou infectieuses, ce qui laisse supposer la présence de métabolites bioactifs présentant un intérêt pharmacologique.

La sélection de ces espèces se justifie par leur adaptation écologique aux environnements extrêmes, leur valeur ethnopharmacologique avérée et l'abondance chimique de leurs métabolites secondaires. L'examen de ces végétaux a pour objectif l'identification de nouvelles entités moléculaires naturelles bioactives et la contribution à la valorisation de la biodiversité du Sahara algérien.

4. Description des plantes étudiées.

Dans le cadre de cette étude, un inventaire de douze espèces végétales, relevant de huit familles botaniques, a été constitué sur la base des investigations ethnobotaniques réalisées dans la région de Biskra. Ces espèces, typiques des environnements arides et salins du Sahara algérien, relèvent principalement des familles des Amaranthaceae, des Asteraceae, des Cucurbitaceae, des Fabaceae, des Tamaricaceae, des Plumbaginaceae, des Nitrariaceae et des Zygophyllaceae. Ces plantes se distinguent par leur forte concentration en métabolites secondaires ainsi que par leurs applications empiriques dans le traitement de diverses pathologies affectant l'être humain et l'animal.

Parmi les douze espèces inventoriées, six plantes ont suscité un intérêt particulier en raison de leur fréquence de citation élevée dans les études ethnobotaniques, de leur adaptation écologique remarquable, et de leur potentiel biologique insuffisamment exploré. Par conséquent, ces espèces ont été retenues pour tester leurs activités insecticides contre *Tuta absoluta*, un ravageur important de la tomate.

A. *Atriplex halimus* L., désignée sous les appellations Arroche de mer ou Guetaf.



Fig.04 : *Atriplex halimus*

Famille : Amaranthaceae.

Atriplex halimus est un arbuste halophyte présentant une large distribution géographique dans les zones arides et salines du bassin méditerranéen. Cette espèce se caractérise par une tolérance élevée à la salinité et par une capacité d'adaptation aux environnements arides (Le Houérou, 2000). Son feuillage recèle divers métabolites secondaires, notamment des saponines, des flavonoïdes et des polyphénols, substances reconnues pour leurs propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et insecticides (Benabderrahmane et al., 2018).

Des études récentes ont mis en évidence que les extraits d'*Atriplex halimus* manifestent une activité larvicide notable contre *Tuta absoluta*, se traduisant par une diminution du taux d'éclosion et une augmentation de la mortalité larvaire (Bouharroud et al., 2018).

B. *Tetraena cornuta* (Syn. *Zygophyllum cornutum*)



Fig.05 : *Tetraena cornuta*

Famille : Zygophyllaceae

Tetraena cornuta se présente comme une plante succulente caractéristique des zones arides du Maghreb, reconnaissable à ses tiges crassulentes et à ses feuilles opposées. Sa composition se caractérise par une diversité de composés bioactifs, notamment des saponines triterpéniques, des flavonoïdes et des tanins condensés (Bendjedid et al., 2021).

Les extraits méthanoliques de *T. cornuta* ont révélé une activité biocide significative à l'encontre de plusieurs insectes ravageurs, en particulier *Tuta absoluta*, en raison d'effets anti-appétents et neurotoxiques (Ait-Sidi-Moh et al., 2020). Cette espèce contribue de manière significative à la stabilisation des sols désertiques et à la régulation des populations d'insectes, jouant ainsi un rôle écologique important.

C. *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin



Fig.06 : *Hammada scoparia*

Famille : Amaranthaceae (anciennement Chenopodiaceae).

Hammada scoparia se révèle être une espèce végétale xérophyte et halophyte caractéristique des steppes nord-africaines, présentant une adaptation notable aux conditions environnementales rigoureuses de sécheresse et de salinité. Sa richesse en alcaloïdes, en flavonoïdes et en composés phénoliques explique ses propriétés antimicrobiennes, antioxydantes et insecticides (Benchab et *al.*, 2019).

Des analyses biologiques ont mis en évidence que les extraits étudiés induisent une mortalité larvaire significative chez *Tuta absoluta*, vraisemblablement par le biais d'une perturbation du système nerveux de l'insecte (Rahmoun et *al.*, 2022). Les présents résultats corroborent le potentiel de *H. scoparia* en tant qu'agent de biocontrôle naturel dans le cadre de la lutte intégrée.

D. ***Tamarix gallica*** L. (*Tamaris commun*)



Fig.07 : *Tamarix gallica*

Famille : Tamaricaceae.

Tamarix gallica, une espèce halophyte arbustive, se développe fréquemment dans les zones salines, les lits d'oueds et les zones littorales d'Afrique du Nord. La présence de tanins, de flavonoïdes, d'acides phénoliques et d'huiles essentielles dans ses feuilles et son écorce lui attribue une activité antioxydante, antimicrobienne et insecticide (Baba Aïssa, 2011 ; Al-Snafi, 2019).

Il a été démontré que les extraits aqueux et éthanoliques de *T. gallica* exercent une toxicité larvicide significative à l'égard de *T. absoluta*, induisant une diminution de la viabilité des œufs et des larves, ce qui suggère une action sur le développement embryonnaire de l'insecte (Benhalima et *al.*, 2021 ; Chentouf et *al.*, 2023).

E. ***Citrullus colocynthis*** (L.) Schrad., désignée sous le nom vernaculaire de Coloquinte.



Fig.08 : *Citrullus colocynthis*

Famille : Cucurbitaceae.

Citrullus colocynthis, plante vivace rampante originaire des régions sahariennes, se caractérise par ses fruits amers, dont la composition comprend des cucurbitacines, triterpénoïdes auxquels sont imputées sa toxicité et son amertume (Marzouk et *al.*, 2019). Ces composés manifestent une activité insecticide et antiappétente significative.

L'extrait de coloquinte, classiquement employé comme insecticide naturel et purgatif, a démontré une efficacité avérée contre divers organismes nuisibles, incluant *Helicoverpa armigera* et *Tuta absoluta*, par le biais de mécanismes antiappétants et de dérégulation hormonale (Kadhim et *al.*, 2021).

F. ***Peganum harmala*** L., désignée sous les appellations de Rue syrienne ou Harmel.



Fig.09 : *Peganum harmala*

Famille : Nitrariaceae.

Peganum harmala se caractérise comme une plante herbacée vivace qui prospère dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord et d'Asie. Sa composition se distingue notamment par une forte concentration en alcaloïdes β -carboliniques, incluant l'harmine, l'harmaline et le harmol, lesquels sont reconnus pour leurs actions neurotoxiques et insecticides significatives (El Hilaly et *al.*, 2018).

Des études récentes ont démontré que ses extraits induisent une mortalité rapide chez les larves de *Tuta absoluta* et d'autres Lépidoptères, en exerçant une action sur les récepteurs neuromusculaires des insectes (Bouharroud et *al.*, 2018 ; Benhalima et *al.*, 2021). En raison de son activité biocide significative, *Peganum harmala* est considérée comme une espèce végétale prometteuse pour l'élaboration de biopesticides naturels adaptés aux spécificités environnementales locales.

En résumé, la sélection de ces six espèces est justifiée par leur importance ethnobotanique, leur adaptation écologique aux environnements arides et leur abondance en métabolites secondaires bioactifs. L'étude entreprise a pour objectif d'identifier de nouvelles substances présentant un intérêt biologique et de participer à la valorisation de la flore médicinale saharienne, dans le but d'assurer un biocontrôle durable des organismes nuisibles aux cultures.

5. L'analyse des données

Les données obtenues sont saisies et traitées dans le logiciel Excel Version 2013, qui nous a aidés à utiliser les méthodes quantitatives ethnobotaniques comme le facteur de consensus des informateurs (ICF), la fréquence des citations (CF), la valeur d'usage (UV),

l'importance relative (RI), Fréquence Relative de Citation (RFC), Valeur d'Importance Familiale (VIF) et Valeur des Parties de la Plante (PPV).

5.1. Facteur de consensus des informateurs (FCI)

Le facteur de consensus des informateurs reflète le consensus des informateurs sur l'utilisation des espèces végétales dans le traitement de différentes catégories de maladies (Heinrich et *al.*, 1998). La formule suivante permet de le calculer :

$$FIC = \frac{Nur - Nt}{Nur - 1}$$

Nur : nombre d'utilisations signalées (nombre de conditions dans une catégorie de maladies) pour une catégorie de maladies traitée par une espèce végétale.

Nt : nombre de taxons végétaux utilisés pour traiter cette catégorie de maladie.

5.2. Fréquence de citation (Fc)

La fréquence d'utilisation (Fc), c'est-à-dire le pourcentage d'informateurs déclarant utiliser des espèces dans le traitement de maladies, a été calculée selon la formule suivante (Schrauf & Sanchez 2008) :

$$FC (\%) = n/N \times 100$$

Où n est le nombre d'informateurs qui affirment utiliser une espèce végétale pour traiter une maladie particulière, et N est le nombre d'informateurs qui utilisent les plantes comme médicament pour traiter une maladie donnée.

5.3. Valeur d'usage (VU)

La valeur d'usage est un indice ethnobotanique qui montre l'importance relative des espèces végétales connues localement en fonction du nombre d'usages enregistrés pour chaque espèce. Logan, 1986 a donné la formule et nous l'avons calculée comme suit :

$$UV = U/n$$

UV : valeur d'utilisation

U : représente le nombre total d'utilisations par espèce tandis que "n" est le nombre d'informateurs qui ont signalé l'espèce végétale.

5.4.Importance relative (IR)

L'importance relative (IR) détermine l'importance d'une espèce végétale sur la base du nombre d'utilisations de chaque espèce végétale et des systèmes d'organes corporels traités par celle-ci. Elle est calculée comme suit par Bennett & Prance (2000).

$$RI=(R. Ph+R. BS)\times 100/2$$

Où "R. Ph" représente les propriétés pharmacologiques relatives (rapports d'utilisation relatifs) tandis que "R.BS" représente les systèmes corporels relatifs traités. Les propriétés pharmacologiques relatives (R.Ph) expriment les utilisations d'une espèce végétale. La "R.Ph" est calculée en divisant le nombre d'utilisations (U dans ce cas) par le maximum du nombre de rapports d'utilisation dans l'ensemble de l'étude. Le "R.BS" est calculé en divisant le nombre de systèmes corporels traités par une espèce végétale par le nombre maximum de systèmes corporels traités par espèce dans l'ensemble de l'étude.

5.5.Fréquence Relative de Citation (FRC)

Le RFC a été calculé pour apprécier l'importance locale de chaque espèce. Le RFC était le résultat de la Fréquence de Citation (Fc), c'est-à-dire le nombre d'informateurs qui ont mentionné l'utilisation de l'espèce, divisé par le nombre total (N) de répondant (Tardío & Pardo-de-Santayana, 2008), avec ($0 < RFC < 1$).

$$RFC = Fc/N$$

5.6.Valeur d'Importance Familiale (VIF)

La valeur d'importance familiale (VIF) sert d'indicateur de signification culturelle que les ethnobotanistes peuvent utiliser pour déterminer la valeur taxonomique biologique des plantes. Il est calculé par la formule Cadena-González et *al.* (2013).

$$VIF = FC_{famille}/Ns$$

FC_{famille} : RFC est le nombre d'informateurs mentionnant la famille.

Ns : nombre total d'espèces dans chaque famille.

5.7.Valeur des Parties de la Plante (VPP)

La PPV a été calculée pour évaluer l'importance de chaque partie de la plante utilisée par les répondants, elle a été obtenue par la formule suivante (GOMEZ-BELOZ, 2002).

$$VPP = RU_{\text{partie plante}} / RU$$

$RU_{\text{partie plante}}$: est la somme des utilisations rapportées par partie de la plante.

RU : est le nombre d'utilisations rapportées de toutes les parties de la plante.

II- Tests bioessais

1. Matériels entomologiques

L'élevage de *T.absoluta* a été constitué en Janvier 2021 à partir de larves âgées récoltées en serre de tomate. Celles-ci ont été placées dans des boîtes pour l'obtention des adultes. Ces derniers ont été lâchés dans une cage en verre comportant des ouvertures munies d'un tulle fin pour assurer l'aération contenant des feuilles fraîches de tomate pour assurer la ponte et obtenir des stades de développement pour l'expérimentation.

L'élevage a été assuré dans des conditions contrôlées : température (27°C), humidité (60±10%) et une photopériode de 12h de lumière/24h.

Le travail expérimental a été réalisé dans un laboratoire contrôlé au niveau de l'ITDAS de Ain Bennaoui Biskra.

2. Matériels de laboratoire

Le matériel utilisé au laboratoire est constitué essentiellement de :

- ✓ Pincettes entomologiques
- ✓ Boîtes de pétri
- ✓ Microscope
- ✓ Loupe binoculaire
- ✓ Pipette
- ✓ Fioles en verre
- ✓ Bécher
- ✓ Papier filtre
- ✓ Eprovette

3. Récolte et séchage de la matière végétale

Les plantes sont récoltées à l'état vert (feuilles) dans la région de Biskra. Les feuilles sont étalées sur papier journal pendant un mois à l'abri de la chaleur et de la lumière, jamais au soleil. Après séchage des espèces, ces derniers ont été broyés à l'aide du mortier et pilon jusqu'à obtention d'une poudre fine.

Tableau 01 : Régions de récolte et parties utilisées

Espèce	Région de récolte	Parties utilisées
<i>Atriplex halimus</i>	Elhadjeb	Feuilles
<i>Hammada scoparia</i>	Loutaya	Feuilles et tiges
<i>Citrullus colocynthis</i>	Oumach	Fruits
<i>Tamarix gallica</i>	Biskra	Feuilles
<i>Peganum harmala</i>	Sidi Okba	Graines
<i>Tetraena cornuta</i>	Elhaouch	feuilles

a. Préparation des extraits

Environ 40g de poudre de chaque plante ont été retenus pour 400ml d'éthanol, et à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 2h. La poudre est macérée pendant 72 h dans l'éthanol absolu à l'ombre. La solution extraite a été concentrée par évaporation (Rotavapor à 40°C). Les extraits ainsi obtenus sont conservés dans des flacons en verre, soigneusement fermés à l'abri de la lumière et conservés dans un réfrigérateur à 4°C.

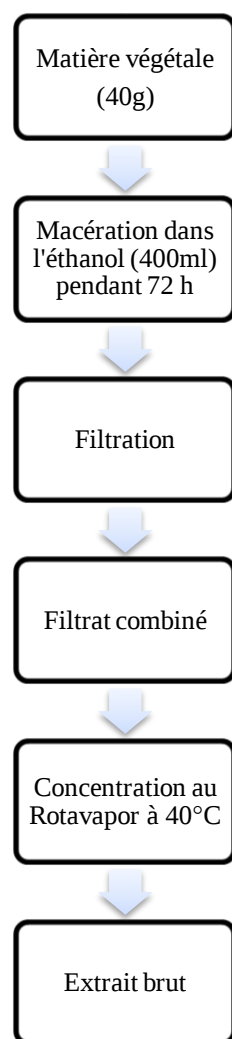


Fig. 10. Différentes étapes d'extraction



Fig. 11 : Evaporer le solvant par rotavapeur

b. Calcul des rendements en extraits secs

Le rendement d'extraction correspond au pourcentage du principe actif dissout dans le solvant organique utilisé pour l'extraction. Déterminé à partir du poids de l'extrait sec par rapport au poids de la matière végétale sèche rendue en poudre utilisée pour l'extraction (Abe *et al.*, 2010).

Le rendement est exprimé en pourcentage massique par rapport à la quantité de matière sèche selon la formule :

$$R (\%) = [M1 / M0] \times 100$$

R % : Rendement en extraits exprimée en g /100g de matière sèche,

M1 : quantité d'extrait récupérée exprimée en g,

M0 : quantité de la poudre végétale utilisée pour l'extraction exprimée en g.

4. Evaluation des activités biologiques

a. Essais de traitement sur les larves de *Tuta absoluta*

A partir de l'extrait initial de l'extrait des concentrations diluées ont été obtenus (0.1 mg.Γ, 0.25 mg.Γ, 0.5mg.Γ, 1 mg.Γ et 2.5 mg.Γ). Le témoin est constitué uniquement de l'eau distillée.

On trempe les folioles de tomate dans chaque concentration préparée pendant 10 secondes, puis on les laisse sécher à l'air libre durant 10 min. On introduit, ensuite, chaque foliole dans une boîte de Pétri entomologique. Dix larves de *T. absoluta* sont déposées délicatement en utilisant une pince entomologique fine. Cinq répétitions ont été réalisées pour chaque dilution ainsi que pour le témoin. Après un temps de contact de 24 h, 48h et 72h on dénombre les larves mortes et vivantes et on calcule la mortalité corrigée d'après la formule de **Schneider-Orelli (1947)**.

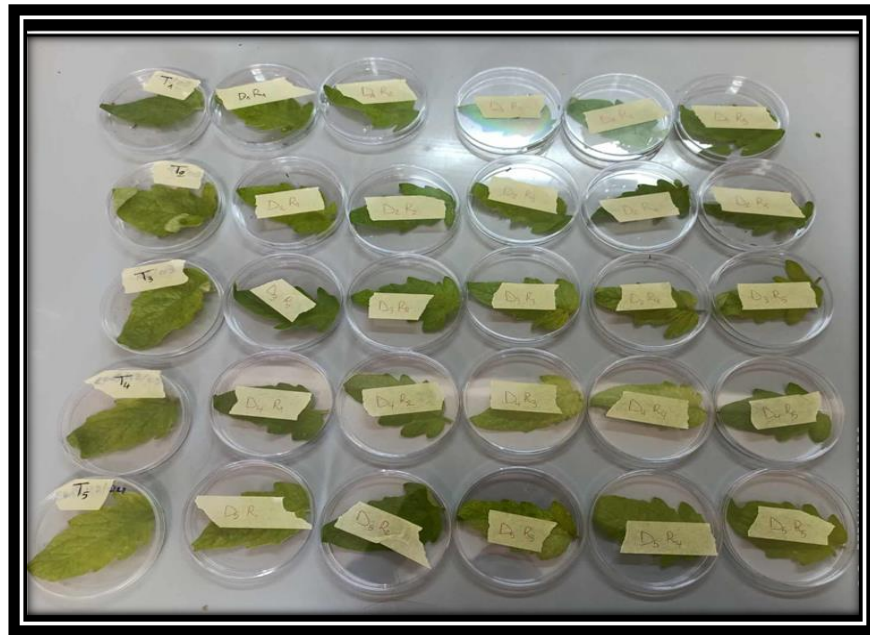


Fig. 12 : Test de sensibilité réalisé sur les larves de *Tuta absoluta*

b. Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta*

Ce test a été réalisé en trempant des feuilles de tomate contenant les œufs de *Tuta absoluta* dans les dilutions préparées avec les cinq doses pendant 10 s. le contrôle est constitué par des œufs traités avec de l'eau distillé. Cinq répétitions ont été réalisées même pour le contrôle. Notant que les œufs utilisés dans ce test ont été obtenus en plaçant des feuilles fraîches dans une boîte contenant des femelles pendant 24h. Cet essai vise à évaluer l'efficacité ovicide des extraits.

$$\% \text{ d'éclosion} = \frac{\text{Nombre des œufs éclos}}{\text{Nombre total des œufs pondus}} \times 100$$



Fig.13 : Test de sensibilité réalisé sur les œufs de *Tuta absoluta*

a. Essai sur le pouvoir répulsif

Ce test consiste de tremper des feuilles de tomates dans les cinq concentrations pendant 10 s puis on les laisse sécher à l'air libre. Les folioles ont été découpées sous formes de cercle

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

de 5cm de diamètre. On dépose du papier filtre mouillé dans la boîte de pétri puis on dépose les folioles sur ce dernier. Les feuilles de témoin est trempées dans l'eau distillé. Cinq répétitions ont été réalisées. Des couples de *T. absoluta* ont été placés dans des cages avec les feuilles traitées et les feuilles de contrôle pendant 48 h. Le nombre d'œufs pondus sur les feuilles traitées et non traitées a été compté.

Le pouvoir répulsif effectif pour chaque concentration a été calculé à l'aide de la formule suivante, selon la méthode de Rajkumar & Jebanesan (2009).

$$ER\% = \frac{NC-NT}{NC} \times 100$$

Où ER = répulsion effectif, NC = nombre d'œufs dans le contrôle, et NT = nombre d'œufs dans le traitement.

b. Essai sur les chrysalides

Pour réaliser cette expérience, des larves de même âge sont nécessaire. Pour obtenir les chrysalides, les feuilles contenant le dernier stade larvaire du ravageur ont été collectées et placées dans des boîtes en plastiques avec des couvercles en filet pour former les chrysalides. Ces derniers ont été trempés dans les différentes concentrations des extraits et de l'eau distillée pour le contrôle pendant 20s. Pour chaque concentration, on a considéré 20 chrysalides, 3 répétitions ont été réalisées. Après séchage, les chrysalides sont transférées dans des boîtes de pétri et conservées jusqu'à émergence. Ensuite, en fonction du nombre de chrysalides perdues, le pourcentage de mortalité pour chaque concentration a été obtenu. (Park et al. 2002).



Fig.14 : Test de sensibilité réalisé sur les chrysalides de *Tuta absoluta*

5. Traitement des données

a. Calcul de la mortalité corrigée

Pour l'analyse des données, nous avons établi une correction de mortalités par la formule de **Schneider-Orelli (1947)** qui se résume comme suit :

$$MC (\%) = (M - M_t) / (100 - M_t) \cdot 100$$

MC% : pourcentage de la mortalité corrigée.

M : pourcentage de mortalité observée dans la population traitée.

M_t : pourcentage de mortalité observée dans la population témoin.

b. La détermination de la DL50

L'efficacité des extraits de plantes est déterminée par le tracé de la droite de régression. Les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probit ; Elles sont représentées graphiquement en fonction de logarithme népérien des doses afin de déterminer la dose létale (DL50), pour chaque plante.

6. Analyses statistiques

L'analyse statistique (analyse de la variance) (ANOVA) a été réalisée à l'aide de XLSTAT (Version 2016.02.28451) pour tous les tests.

Chapitre II

Résultats ethnobotanique

Chapitre II : Résultats ethnobotaniques

1.1.Données démographiques

Dans la présente étude (Tableau 02), nous avons interrogé 72 hommes et 48 femmes. Seulement 2 % des informateurs ont moins de 20 ans, 43 % ont entre 20 et 39 ans, 36 % ont entre 40 et 59 ans, et 19 % ont plus de 60 ans. Selon l'âge, il y avait une différence significative dans la connaissance de l'utilisation des plantes halophytes en médecine traditionnelle ($p < 0,0001$). Les plus âgés ont rapporté plusieurs maladies par rapport aux plus jeunes.

Il n'y avait pas de différence significative dans les connaissances sur les plantes halophytes entre les sexes ; les répondants avaient une sensibilisation similaire aux plantes halophytes utilisées en médecine traditionnelle.

En ce qui concerne le niveau d'éducation des informateurs, les résultats montrent que 19 % (illettrés) n'ont pas fréquenté l'école, tandis que 29 % ont atteint un niveau moyen (peuvent lire et écrire en arabe). D'autre part, les niveaux primaire, secondaire et universitaire sont respectivement de 18 % et 19 % (Tableau 04). Il y avait une différence significative ($p < 0,0001$) dans les connaissances locales sur les plantes halophytes en médecine traditionnelle selon le niveau d'éducation. Les participants ayant des niveaux d'éducation plus élevés (enseignement secondaire et universitaire) avaient plus de connaissances sur l'utilisation des plantes que ceux ayant moins d'éducation formelle.

Tableau 02 : La description socio-démographique des informateurs.

Répartition par genre	Nombre	Pourcentage
		(%)
Femme	72	60
Homme	48	40
P value	<0.025	
Age		
<20	3	2
20-40	51	43
40-50	43	36
> 60	23	19
P value	<0.005	
Niveau d'éducation		
Analphabète	18	15
Primaire	21	18
Secondaire	35	29
Lycée	23	19
Universitaire	23	19
P value	<0.0001	

1.2.Diversité des plantes médicinales

L'enquête a facilité l'identification de douze espèces halophytes ayant des utilisations médicinales en phytothérapie. Ces espèces appartiennent à huit familles botaniques. D'après le nombre d'espèces et l'indice VIF, les *Amaranthaceae* étaient la famille dominante, représentée par quatre espèces (VIF 0,7), les *Asteraceae* représentées par deux espèces (VIF0,98), et il y avait six autres familles, chacune représentée par une seule espèce. (Fig.15). Le tableau 1 résume les espèces de plantes médicinales halophytes, leurs noms vernaculaires (langue locale Fon), les parties des plantes utilisées, les méthodes de préparation et leur utilisation thérapeutique.

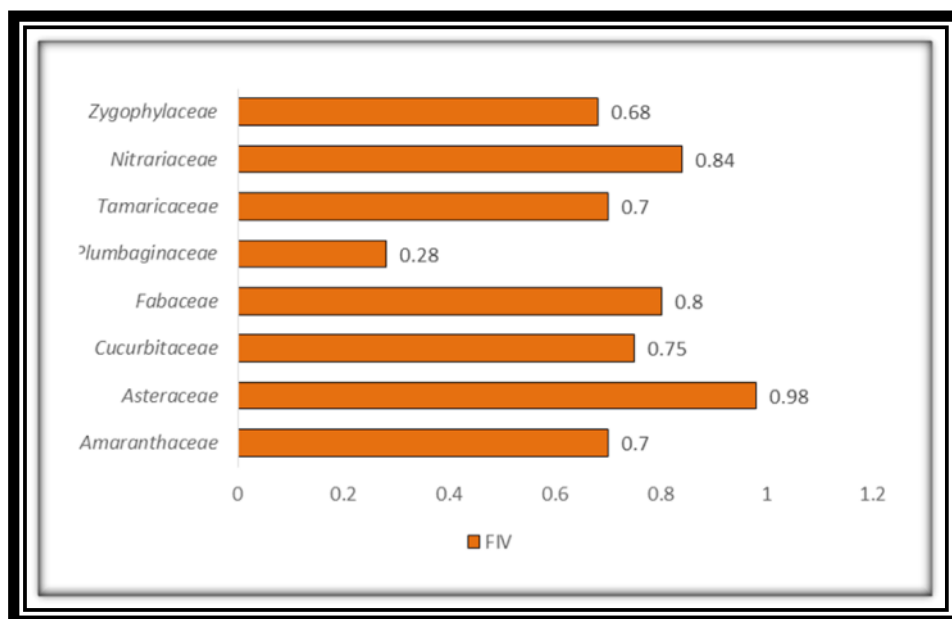


Fig. 15 : Distribution des plantes enregistrées selon la valeur d'importance familiale.

Chapitre II : Résultats ethnobotaniques

Tableau 03 : Utilisation des plantes étudiées dans la médecine traditionnelle dans la région de Biskra.

Famille/Noms Espèce	Nom vernaculaire	FC	FRC	FIV	VU	IR%	Partie utilisée	Méthode d'utilisation	Utilisation traditionnelle
Amaranthaceae				0.70					
<i>Atriplex halimus</i> L.	القطف, Gtaf	98	0.81		1.24	73.5	Feuilles, parties aériennes, tiges, plantes entières	Infusion, décoction, cataplasme, poudre	Diabète, perte de poids, kystes ovariens, douleurs articulaires et musculaires, fatigue, inflammation, cicatrisation des plaies, infertilité, thyroïde, fibromes, grippe, faiblesse générale, indigestion, appétit, rhumatismes, hypertension
<i>Hammada scoparia</i> Pomel.	Remth , رمث	91	0.75		1.25	57.5	Feuilles, tiges, parties aériennes, plante entière	Infusion, decoction	Diabète, ulcère d'estomac, stérilité, rhumatismes, indigestion, piqûres de scorpion, morsures de serpent, blessures et brûlures, pour la perte de cheveux, la fièvre, l'eczéma, contre les champignons, la faiblesse, l'infertilité, la hernie discale, la gale.
<i>Suaeda vera</i> Forssk. ex J.F.Gmel.	Soauida, سويدية	35	0.29		0.85	13	Feuille, partie aérienne	Infusion, décoction, pâte	Diabète, blessures.
<i>Nitrosalsola vermiculata</i> (L.) Theodorova	Moulleyh, م وليح	30	0.25		0.89	51	Feuille, partie aérienne	Infusion, décoction, pâte	maux d'estomac, intoxication, blessures, traitement des boutons,
Asteraceae				0.98					
<i>Artemisia herba- alba</i> Asso	Chih, الشيح	120	1		1.6	71	Feuilles, tiges, parties aériennes	décoction, cataplasme, poudre, huile essentielle.	Diabète, problèmes des voies urinaires, douleurs gastriques, vermifugation, perte de poids, rhumatismes, refroidissement du corps, intoxication, maux d'estomac, grippe, indigestion, coliques, règles douloureuses, nausées et vomissements.
<i>Artemisia campestris</i> L.	Tgouft, تنقفت	117	0.97		1.53	57.5	Feuilles, tiges, parties aériennes	décoction, cataplasme, poudre, huile essentielle.	Diabète, troubles digestifs, maux d'estomac, convulsions, problèmes urinaires, perte de poids, intoxication, règles douloureuses, accouchement, diarrhée, douleurs dentaires
Cucurbitaceae				0.75					

Chapitre II : Résultats ethnobotaniques

<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	الحج, Hdaj	91	0.75		1.14	100	Fruits; racines	Cataplasme, poudre, huile essentielle,	Diabète, rhumatismes, fièvre, hémorroïdes, infection génitale, indigestion, gonarthrose, douleurs articulaires, dermatite, piqûres de scorpion, inflammation.
Fabaceae				0.80					
<i>Retama reatam</i> (Forssk.) Webb	رتم, Rtam	96	0.80		0.025	60.5	Feuilles, partie aérienne, plante entière, racine.	Infusion, decoction	Diabète, guérison, rhumatismes, blessures, piqûres de scorpion, morsures de serpent, brûlures, affections respiratoires, ulcère d'estomac.
Plumbaginaceae				0.28					
<i>Limoniastrum guyonianum</i> Durieu exBoiss.	زيتة, Zeyta	34	0.28		0.96	92.5	Feuille, partie aérienne, plante entière, écorce. Infusion,	nfusion, décoction, cataplasme, poudre, huile essentielle	Infusion, décoction, cataplasme, poudre, huile essentielle inflammation des intestins, dépuratif, vermifuge, douleur intestinale, blessures, diarrhée aiguë, indigestion.
Tamaricaceae				0.70					
<i>Tamarix gallica</i> L.	طرفة, Tarfa	85	0.70		0.3	34.5	Feuilles, écorce, partie aérienne, racine.	infusion, décoction, cataplasme, poudre, huile essentielle	Diabète, guérison des marques d'acné, maux d'estomac, stress et insomnie, hypotension, contre les poux, brûlures, douleurs dentaires, cancer du côlon, fièvre, maux d'estomac, hémorroïdes, douleurs articulaires, grippe, indigestion, migraine, lésions cutanées, hémorragie.
Nitrariaceae				0.84					
<i>Peganum harmala</i> L	Harmel, الحرمل	101	0.84		0.3	80	Feuilles, graines, fleur, racine	Infusion, décoction, cataplasme, poudre, huile essentielle	Diabète, stérilité et infertilité, douleurs articulaires, rhumatismes, fièvre, convulsions infantiles, insomnie, douleur, vermifugation, maladies respiratoires.
Zygophyllaceae				0.68					
<i>Zygophyllum cornutum</i> Coss.	Aggaya, Bougriba العفاية بوقريبة	82	0.68		0.29	31	Feuilles, partie aérienne, plante entière, racine.	Infusion, decoction, cataplasme	Diabète, cicatrisation, maux d'estomac, douleurs dentaires, brûlures et blessures, hypotenseur, piqûres de scorpion, dermatite, indigestion, problèmes urinaires, migraine, ulcère d'estomac, trachome, otite, angine, diarrhée, indigestion.

1.3.Méthode de préparation

Selon la Fig. 16, six techniques de préparation des plantes médicinales, la décoction (33,39%) est la forme la plus utilisée par la population locale, suivie de l'infusion (29%), tandis que les applications locales les moins utilisées sont le cataplasme (12%), la pâte et la poudre (10%) et les huiles essentielles (5%).

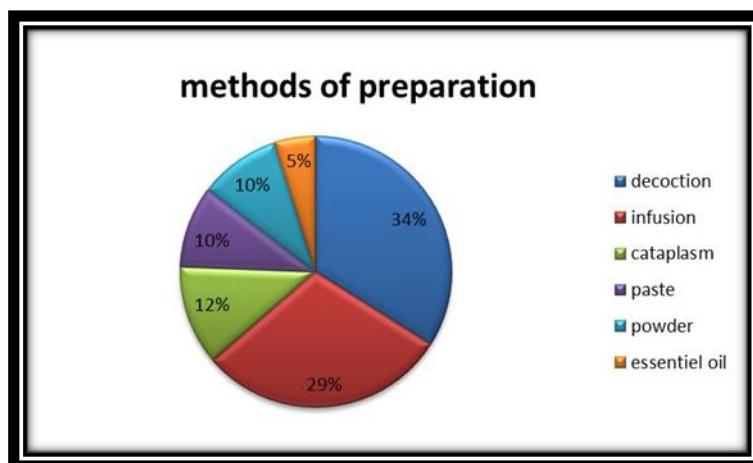


Fig.16 : Méthode de préparation des plantes

1.4.Valeur des Parties de la Plante (VPP)

Différents remèdes médicaux utilisent diverses parties de la plante. (Fig. 17). Selon l'indice de valeur des parties de la plante VPP, les feuilles (VPP 0,4) restent la partie la plus utilisée pour les remèdes, suivies par la partie aérienne (VPP 0,29). Les autres parties de la plante, par ordre décroissant, continuent à être moins utilisées. La tige (VPP 0,25), entière Nous utilisons la tige (VPP 0,25), la plante entière (VPP 0,12), la racine (VPP 0,04), les graines (VPP 0,046), les fruits (VPP 0,03), l'écorce (VPP 0,01) et les fleurs (PPV 0,05).

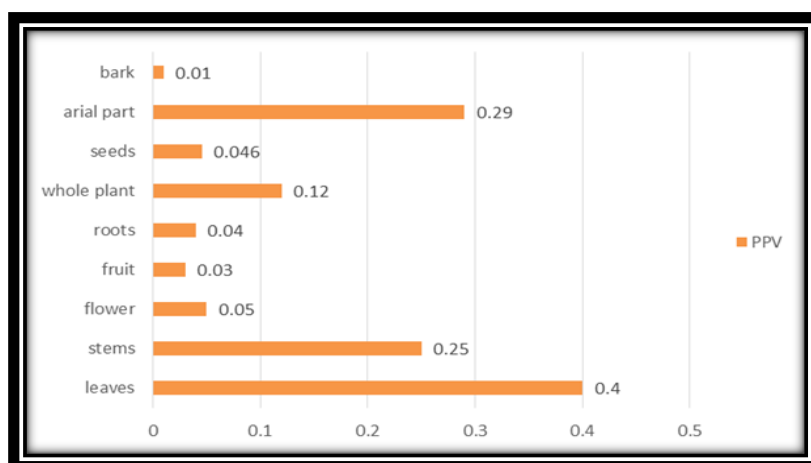


Fig.17 : Parties de plantes utilisées en phytothérapie selon l'indice VPP

1.5. Analyses quantitatives des données ethnomédicinales

Nous avons utilisé le Facteur de Consensus des Informateurs (FCI) et la Fréquence de Citation (Fc). Nous avons utilisé le consensus des informateurs pour renforcer les données ethnobotaniques et déterminer l'étendue de la citation de chaque plante. (Tableau 04). Nous avons effectué une analyse quantitative sur le consensus des informateurs concernant les plantes médicinales citées pour le traitement de diverses maladies. Nous avons catégorisé toutes les maladies traitées en 15 groupes pour atteindre ce consensus. Dans cette étude, l'ICF pour les maladies génitales, endocriniennes et cardiovasculaires était élevé (FCI=0,97). Les maladies dermatologiques et les maladies toxicologiques sont arrivées en troisième position (FCI = 0,95).

Les maladies auditives et les maladies ophtalmologiques ont présenté les niveaux les plus bas (FCI = 0,5) (FCI = 0,00). La citation d'utilisation des plantes la plus élevée (378) était pour les maladies endocriniennes, suivie des problèmes digestifs (231), des troubles toxiques (173), des maladies dermatologiques (164), des maladies génitales (155) et des maladies rhumatismales (100). Selon le Tableau 06, pour les maladies endocriniennes, nous avons rapporté *S. fruticosa* (FC = 91,66%), *C. colocynthis* (FC = 63,1%) et *A. halimus* (FC = 53,69%) comme les plantes les plus fréquemment utilisées. Cependant, pour les troubles digestifs, *L. guyonianum* (FC = 59,45 %) et *A. campestris* (FC = 44,56 %) étaient les plus fréquemment cités. L'espèce médicinale la plus couramment utilisée pour l'empoisonnement était *A. herba alba* (FC = 49%). Dans le traitement dermatologique, les espèces *R. retam* (FC = 56,07 %) et *T. gallica* (FC = 36,49 %) sont les plus couramment utilisées. Cependant, la population demande le plus souvent *H. scoparia* (Fc = 50,98 %) et *P. harmala* (Fc = 31,54 %) pour les maladies génitales, et *P. harmala* (Fc = 24,16 %) pour les rhumatismes. L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement des maladies a montré une différence hautement significative ($p < 0,00001$), sauf pour les maladies ophtalmologiques et otolaryngologiques ($p < 0,024$) (Tableau 05).

Tableau 04 : Facteur de Consensus des Informateurs (FCI) pour différentes catégories de maladies.

Maladie	Nombre de taxons (Nt)	Nombre de rapports d'utilisation (Nut)	FCI
Maladie nerveuse	4	26	0.88
Maladie dermatologique	9	164	0.95
Maladie urinaire	3	15	0.85
Maladie génitale	5	155	0.97
Maladie digestive	11	231	0.95
Maladie respiratoire	5	15	0.72
Maladie visuelle	2	3	0.5
Maladie endocrinienne	10	378	0.97
Maladie cancéreuse	1	4	1
Intoxication	8	173	0.95
Maladie Rhumatologique	8	100	0.93
Maladie dentaire	3	17	0.87
Maladie parasitaire	7	36	0.83
Maladie cardiologique	3	31	0.97
Maladie auditive	1	1	0

Valeur d'usage (VU)

Les résultats ont montré que la valeur d'usage (VU) variait de 0,025 à 1,6, selon les valeurs calculées. *Artemisia campestris* a la valeur la plus élevée (1,6), suivie par *Artemisia herba-alba* (1,53), *Hammada scoparia* (1,25), *Atriplex halimus* (1,24) et *Limoniastrum guyonianum* (0,96), et la valeur la plus basse était pour *Retama reatam* (0,02). *Tetraena cornuta* (0,3), *Tamarix gallica* (0,3).

Importance Relative (IR)

Dans la présente étude, nous avons basé l'importance relative (IR) sur le nombre de maladies traitées et le nombre de systèmes corporels traités par une espèce végétale. La gamme de IR allait de 13 à 100. *Citrullus colocynthis* avait le IR le plus élevé, tandis que *Suaeda vera* avait le plus bas. *Atriplex halimus*, *Hammada scoparia* et *Peganum harmala* étaient les espèces végétales importantes montrant une polyvalence dans le traitement de nombreuses maladies du corps humain.

Fréquence Relative de Citation (FRC)

L'enquête ethnobotanique quantitative met en évidence l'importance des connaissances traditionnelles, comme en témoignent les valeurs de fréquence relative de citation (FRC). Les espèces qui possèdent une fréquence de citation relative substantielle indiquent leur utilité étendue. Elle variait de 0,25 à 1. Les résultats de cette étude ont montré qu'*Artemisia herba-alba* présentait le RFC le plus élevé (FRC = 1), suivi par *Artemisia campestris* (FRC = 0,97), *Peganum harmala* (FRC = 0,84) et *Atriplex halimus* (FRC = 0,81). *Nirosalsola vermaculata* a montré le plus faible FRC (0,25), suivi par *Limoniastrum guyonianum* et *Suaeda vera* (FRC = 0,29).

Chapitre II : Résultats ethnobotaniques

Tableau 05 : Fréquence de citation (FC %) des plantes étudiées selon les maladies traitées.

Maladie	<i>A. halimus</i>	<i>P. harmala</i>	<i>A. herba alba</i>	<i>A. campestris</i>	<i>H. scoparium</i>	<i>R. retam</i>	<i>T. gallica</i>	<i>C. colocynthis</i>	<i>T. cornuta</i>	<i>L.guyoniana m</i>	<i>S.vera</i>	<i>N. vermiculata</i>	P value
Maladie nerveuse	-	1.34	-	5.97	-	-	7.29	-	2.58	-	-	-	< 0.0001
Maladie dermatologique	2.01	-	-	-	7.84	56.07	36.49	1.94	25.86	8.1	8.33	20	< 0.0001
Maladie urinaire	-	-	4.95	2.17	-	-	-	-	0.86	-	-	-	< 0.0001
Maladie génitale	29.53	31.54	0.99	5.43	50.98	-	-	-	-	-	-	-	< 0.0001
Maladie digestive	4.02	2.68	27.22	44.56	8.82	2.8	9.48	3.88	15.51	59.45	-	-	< 0.0001
Maladie respiratoire	0.57	1.34	1.48	-	-	1.86	5.1	-	-	-	-	-	<0.004
Maladie visuelle	-	-	-	-	-	-	0.72	-	1.72	-	-	-	<0.024
Maladie endocrinologique	53.69	30.87	11.38	20.65	20.58	12.14	18.97	63.1	28.44	-	91.66	-	< 0.0001
Maladie cancéreuse	-	-	-	-	-	-	2.91	-	-	-	-	-	< 0.0001
Intoxication	-	-	49	20.1	5.88	10.28	-	0.97	0.86	16.21	-	34.28	< 0.0001
Maladie rhumatologique	5.36	24.16	4.95	-	1.96	16.82	0.72	23.3	0.86	-	-	-	< 0.0001
Maladie dentaire	-	-	-	1.08	-	-	1.45	-	11.2	-	-	-	< 0.0001
Maladie parasitaire	4.69	8.05	-	-	3.92	-	2.18	2.91	-	16.21	-	2.85	< 0.0001
Maladie cardiologique	-	-	-	-	-	-	10.21	3.88	11.2	-	-	-	< 0.0001
Maladie auditive	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	<0.024

Discussion

L'enquête ethnobotanique sur le terrain a interrogé 120 personnes, dont 20 guérisseurs et 20 herboristes. Le groupe d'âge de 20 à 39 ans avait le taux d'utilisation le plus élevé (43%), suivi par le groupe d'âge de 40 à 59 ans (36%). Ce résultat confirme celui obtenu par plusieurs auteurs, tels que Elhilah et *al.* (2015) et Kadri et *al.* (2018). 60 % des informateurs étaient des hommes ; ces résultats sont similaires à ceux obtenus (Telli et *al.*, 2016; Mushtaq et *al.*, 2018). Contrairement à de nombreuses études ethnobotaniques, qui indiquent que les connaissances traditionnelles sont toujours courantes chez les femmes (Negrelle et *al.*, 2007; Lahsissene & Kahouadji, 2010), les sexes étaient égaux (Lozada et *al.*, 2006). Les communautés ayant une éducation limitée possèdent souvent des connaissances traditionnelles (Kayani et *al.*, 2015; Mushtaq et *al.*, 2018).

La dominance des Amaranthaceae et des Asteraceae dans cette étude s'aligne avec les résultats rapportés sur les plantes halophytes dans la région pakistanaise (Demnati et *al.*, 2020; Bahdur et *al.*, 2020). De plus, Mechaala et *al.* (2021) ont déduit que les Asteraceae et les Lamiaceae ont une présence proéminente dans la région nord de Biskra. La dominance des Amaranthaceae dans les environnements arides est liée à certains facteurs environnementaux (Ghulam et *al.*, 2015; Belhadj et *al.*, 2023). L'interaction entre les circonstances environnementales et la disponibilité des ressources influence de manière significative l'abondance et les qualités fonctionnelles distinctives des espèces dans une certaine zone (Noman et *al.*, 2012).

Nous avons constaté que les feuilles étaient la partie la plus souvent utilisée, confirmant la commodité et l'efficacité de la collecte des feuilles (Hadjaj et *al.*, 2015; Kord et *al.*, 2019; Ghulam et *al.*, 2021). Le processus de collecte des feuilles et de leur utilisation à des fins médicinales est comparativement plus simple par rapport à la collecte et à l'utilisation des racines, des fleurs et des fruits (Giday et *al.*, 2009). Les gens préfèrent souvent les racines aux feuilles dans diverses applications, probablement parce qu'elles contiennent plus de produits chimiques bioactifs que les autres parties de la plante (Basualdo et *al.*, 1995 ; Srithi et *al.*, 2009).

L'utilisation extensive des feuilles est due à leur double rôle de site principal pour les réactions photochimiques ainsi que de réservoirs de matériaux organiques résultant de ces processus. Ces parties spécifiques des plantes produisent et stockent de nombreux types d'alcaloïdes, d'hétérosides et d'huiles essentielles (Ould el Hadj et *al.*, 2003).

La méthode de préparation des plantes médicinales dépend du mode d'administration prévu, qui peut inclure la décoction, l'infusion, la poudre, le cataplasme, l'huile ou la pâte.

Chapitre II : Résultats ethnobotaniques

Néanmoins, la décoction était la méthode de préparation prédominante, l'infusion et la poudre étant les techniques les plus couramment utilisées ensuite. Ces résultats sont en accord avec ceux de Telli et *al.*, 2016. Cela pourrait peut-être expliquer la préférence pour la poudre douce parmi plusieurs herboristes. Selon les résultats, une proportion significative de participants a déclaré que la préparation de poudre est un processus simple avec un risque de contamination plus faible que la préparation de jus ou de décoction (Mushtaq et *al.*, 2018). Les espèces ayant la plus grande valeur d'usage sont *Atremisia campestris*, *Artemisia herba-alba*, *Hammada scoparia*, *Atriplex halimus* et *Limoniastrum guyonianum*. D'autres régions d'Algérie utilisent fréquemment ces plantes à haute valeur d'usage (VU) (Telli et *al.*, 2016).

L'IR des plantes médicinales reflète leur pleine valeur d'application (Albuquerque et *al.*, 2006). Les espèces *A. halimus*, *C. colocynthis* et *S. fruticosa* étaient les plus efficaces pour traiter la maladie endocrinienne. Nous avons utilisé *L. guyonianum* et *A. campestris* pour traiter les pathologies digestives. L'espèce la plus couramment utilisée pour traiter les empoisonnements était *A. herba alba*. Cependant, des études de Mushtaq et *al.* (2018) ont montré que l'IR varie de 18 à 100, et des plantes comme *Berberis lyceum*, *Zingiber officinale*, *Fagonia cretica*, *Foeniculum vulgare* et *Chlorophytum borivilianum* sont également très importantes dans le traitement des maladies.

Dans leur étude, Wei G et *al.* (2020) ont conclu que 15 plantes médicinales ont un IR élevé, ce qui indique que ces plantes ont plusieurs utilisations médicinales.

Dans cette étude, nous avons identifié 15 catégories de traitement basées sur le FCI. Les maladies endocriniennes ont reçu le plus grand nombre de citations pour l'utilisation de plantes médicinales, suivies par les problèmes digestifs, les troubles toxiques, les maladies dermatologiques, les maladies génitales et les maladies rhumatismales. Ces résultats sont similaires à ceux de Hadjaj et *al.* (2015), qui ont trouvé un total de 15 catégories de maladies où le nombre de citations pour les maladies digestives est le plus élevé, suivi des maladies dermatologiques et des maladies neurologiques.

Les communautés locales utilisaient et reconnaissaient largement les espèces de plantes ethnomédicinales avec des valeurs FRC élevées. La fréquence relative la plus élevée a été mesurée pour le membre de la famille des Astéracées *Artemisia herba-alba* (FRC = 1), et la plus basse a été mesurée pour *Nirosalsola vermaculata* (FRC = 0,25). Des résultats de recherche similaires ont été rapportés dans des études précédentes, où *Artemisia herba-alba*, *Atriplex halimus* et *Peganum harmala* ont été signalés comme des plantes médicinales potentielles pour la guérison de diverses maladies, dont les plus citées étaient les troubles digestifs et la grippe. (Tolbi R., 2020 ; Humaira et *al.*, 2022) Il est important de réaliser des analyses phytochimiques

Chapitre II : Résultats ethnobotaniques

et phytopharmaceutiques pour les plantes ayant une valeur de citation élevée afin de déterminer les composés actifs de chaque plante (Vitalini et *al.*, 2013).

Chapitre III

**Résultats des tests biologiques
sur *Tuta absoluta***

1. Calcul du rendement des extraits

Le rendement exprime la proportion d'extrait obtenu par rapport au poids initial de la plante.

- Le rendement le plus élevé est obtenu avec *Peganum harmala* (37,5 %), suivie de *Hammada scoparia* (30 %), indiquant une richesse en composés extractibles.
- Le rendement le plus faible est celui de *Tetraena cornuta* (14,25 %), suggérant une moindre solubilité de ses principes actifs dans le solvant utilisé.

Cela signifie que *P. harmala* et *H. scoparia* sont les plantes les plus productives en termes d'extraction.

Tableau 06 : Pourcentage de rendement des extraits des plantes

Plante	Rendement (%)
<i>Atriplex halimus</i>	17,5
<i>Tetraena cornuta</i>	14,25
<i>Hammada scoparia</i>	30
<i>Tamarix gallica</i>	21,5
<i>Citrillus colocynthis</i>	15,75
<i>Peganum harmala</i>	37,5

2. Evaluation des activités biologiques

2.1. Essais de traitement sur les larves de *Tuta absoluta*

➤ Test par l'extrait d'*A. halimus*

Le tableau 07 illustre le taux de mortalité par l'extrait d'*A. halimus* sur les larves de la mineuse en fonction du temps et de doses.

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Tableau 07 : Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait d'*A. halimus* .

Dose	Log dose	24h MC%	24h Probit	48h MC%	48h Probit	72h MC%	72h Probit
D1	-1	22.91	4.23	52.27	5.05	92.5	6.41
D2	-0.6	27.08	4.39	61.36	5.28	95	6.64
D3	-0.3	33.33	4.53	70.45	5.52	97.5	6.88
D4	0	39.58	4.72	86.36	6.08	100	8.09
D5	0.39	47.91	4.92	97.72	6.88	100	8.09

Nous constatons une augmentation de la mortalité en fonction de dose et de temps (**tableau 07**). Le pourcentage de mortalité observé varie de 22,91 % à 47,91% pendant 24H et de 52.27 à 97,72% 48H alors qu'après 72H la mortalité elle varie de 92,5% jusqu'au 100%.

L'activité larvicide augmente fortement avec le temps et la dose. L'extrait est très efficace au bout de 72h.

➤ Test par l'extrait de *T. cornuta*

Le tableau 08 illustre le taux de mortalité par l'extrait *T. cornuta* sur les larves de la mineuse en fonction du temps et de doses.

Tableau 08 : Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de *T. cornuta*

Dose	Log dose	24h MC%	24h Probit	48h MC%	48h Probit	72h MC%	72h Probit
D1	-1	31.25	4.50	68.18	5.47	97.56	6.88
D2	-0.6	37.5	4.67	79.54	5.81	90.24	6.28
D3	-0.3	45.83	4.87	88.63	6.18	100	8.09
D4	0	47.91	4.92	84.09	5.99	100	8.09
D5	0.39	47.91	4.92	93.18	6.48	100	8.09

Les mortalités corrigées obtenus par le test de l'extrait de *Tétranea* augmentent en fonction du temps. Le pourcentage de mortalité observé varie de 31,25% à 47,91% et 68,18% à 93,18% respectivement après 24H et 48H. Alors qu'après 72H le taux de mortalité est de

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

l'ordre de 97.56% à 100%. Très bonne efficacité, comparable à l'Atriplex, mais légèrement supérieure à 24h. Montre une action rapide et soutenue.

➤ Test par l'extrait de Hammada

Le tableau 09 illustre le taux de mortalité par l'extrait Hammada sur les larves de la mineuse en fonction du temps et de doses.

Tableau 09 : Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de Hammada.

Dose	Log dose	24h MC%	24h Probit	48h MC%	48h Probit	72h MC%	72h Probit
D1	-1	20.83	4.16	45.45	4.87	70.73	5.52
D2	-0.6	29.16	4.45	59.09	5.23	95.12	6.64
D3	-0.3	37.5	4.67	72.72	5.58	97.56	6.88
D4	0	41.66	4.77	95.45	6.64	100	8.09
D5	0.39	52.08	5.05	95.45	6.64	100	8.09

D'après le tableau 09, nous remarquons que le taux de mortalité progresse avec la dose et le temps. Le pourcentage de mortalité observé varie de 20,83% à 52,08% pendant 24H et de 45,45% à 95,45% 48H alors qu'après 72H la mortalité elle varie de 70,73% jusqu'au 100%.

Efficacité progressive avec une mortalité totale au bout de 72h pour les fortes doses. Activité larvicide élevée.

➤ Test par l'extrait de *T. gallica*

Le tableau 10 illustre le taux de mortalité par l'extrait de Tamaris sur les larves de la mineuse en fonction du temps et de doses.

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Tableau 10 : Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de Tamaris.

Dose	Log dose	24h MC%	24h Probit	48h MC%	48h Probit	72h MC%	72h Probit
D1	-1	16.66	4.01	36.95	4.64	77.77	5.74
D2	-0.6	20.83	4.16	54.34	5.10	93.33	6.48
D3	-0.3	22.91	4.23	47.82	4.92	88.88	6.18
D4	0	33.33	4.56	71.73	5.55	97.77	6.88
D5	0.39	35.41	4.61	78.26	5.77	100	8.09

Nous remarquons une augmentation de la mortalité en fonction de dose et de temps (**tableau 10**). Le pourcentage de mortalité observé varie de 16,66 % à 35,41% pendant 24H et de 36,95% à 78,26% 48H alors qu'après 72H la mortalité elle varie de 77,77% jusqu'au 100%.

Effet plus modéré que les extraits précédents, mais la mortalité atteint tout de même 100 % après 72h aux doses élevées.

➤ Test par l'extrait de *C. colocynthus*

Le tableau 11 illustre le taux de mortalité par l'extrait de Coloquinte sur les larves de la mineuse en fonction du temps et de doses.

Tableau 11 : Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de Coloquinte

Dose	Log dose	24h MC%	24h Probit	48h MC%	48h Probit	72h MC%	72h Probit
D1	-1.04	8.33	3.25	6.25	3.45	21.27	4.19
D2	-0.6	12.24	3.82	16.66	4.01	31.19	4.50
D3	-0.3	10.20	3.72	10.41	3.72	21.27	4.19
D4	0	8.16	3.59	27.08	4.39	40.42	4.75
D5	0.39	16.32	4.01	14.58	3.92	42.55	4.80

Nous constatons une augmentation de la mortalité en fonction de dose et de temps (**tableau 11**). Le pourcentage de mortalité observé varie de 04,08 % à 16,32% pendant 24H et de 06,25% à 14,58% 48H alors qu'après 72H la mortalité elle varie de 21,27 jusqu'au 42,55%.

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Effet larvicide très faible. L'extrait de coloquinte est nettement moins actif que les autres.

➤ Test par l'extrait de *P.harmala*

Le tableau 12 illustre le taux de mortalité par l'extrait de *P.harmala* sur les larves de la mineuse en fonction du temps et de doses.

Tableau 12 : Mortalité des larves de la mineuse traitées par l'extrait de *P.harmala*.

Dose	Log dose	24h MC%	24h Probit	48h MC%	48h Probit	72h MC%	72h Probit
D1	-1	36.73	4.64	80.85	5.84	93.47	6.48
D2	-0.6	36.73	4.64	89.36	6.23	100	8.09
D3	-0.3	42.85	4.80	100	8.09	100	8.09
D4	0	42.85	4.80	100	8.09	100	8.09
D5	0.39	57.14	5.18	100	8.09	100	8.09

Nous constatons une augmentation de la mortalité en fonction de dose et de temps (**tableau 12**). Le pourcentage de mortalité observé varie de 22,91 % à 47,91% pendant 24H et de 52.27 à 97,72% 48H alors qu'après 72H la mortalité elle varie de 92,5% jusqu'au 100%.

C'est le plus puissant des extraits : action très rapide (100 % dès 48h à partir de D2). L'extrait est hautement toxique pour les larves.

La valeur de F très élevée (**153,118**) et la **p-value < 0,0001** indiquent une différence hautement significative entre les effets des différents extraits, doses et temps sur la mortalité. Autrement dit, les plantes testées n'ont pas le même effet larvicide.

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Tableau 13 : Analyse de la variance de mortalité des larves de *T. absoluta*

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Codes de signification des p-valeurs
Modèle	57,000	687049,347	12053,497	153,118	<0,0001	***
Erreur	482,000	37943,182	78,720			
Total corrigé	539,000	724992,529				

Les trois comparaisons entre les durées d'exposition montrent des différences hautement significatives ($p < 0,0001$), indiquant que la mortalité varie de manière significative entre chacune des périodes considérées.

- **Entre 72 h et 24 h** : la différence est la plus importante ($\Delta = 43,761$), traduisant une forte augmentation de la mortalité avec la prolongation du temps d'exposition.
- **Entre 48 h et 24 h** : la différence significative ($\Delta = 26,232$) confirme une progression notable de la mortalité dès 48 heures.
- **Entre 72 h et 48 h** : la mortalité continue d'augmenter significativement ($\Delta = 17,529$), bien que l'ampleur de la différence soit moindre que celle observée entre 72 h et 24 h.

Ces résultats montrent une relation temporelle positive entre la durée d'exposition et la mortalité, suggérant que l'efficacité de l'extrait testé augmente avec le temps. Plus la période d'exposition est longue, plus la mortalité des individus (probablement de *Tuta absoluta* dans ce contexte) est élevée.

Tableau 14 : Test de Newman et Keuls analyse de différences de mortalité en fonction du temps

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
72H vs 24H	43,761	46,791	2,351	<0,0001	Oui
72H vs 48H	17,529	18,743	1,965	<0,0001	Oui
48H vs 24H	26,232	28,048	1,965	<0,0001	Oui

Les résultats du test montrent que :

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

- Les trois modalités (24 h, 48 h et 72 h) appartiennent à des groupes distincts (A, B et C).
- Cela signifie que les mortalités enregistrées à chaque temps d'exposition diffèrent significativement entre elles ($p < 0,05$).

Tableau 15 : Test de Newman et Keuls de mortalité en fonction du temps

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes		
72H	72,150	0,661	70,851	73,449	A		
48H	54,621	0,661	53,321	55,920		B	
24H	28,389	0,661	27,089	29,688			C

Les lettres (A, B, C, D, E) représentent les **groupes homogènes** :

- Deux extraits appartenant à des groupes différents présentent des différences hautement significatives ($p < 0,05$).
- Les extraits appartenant au même groupe (par exemple *Tetraena cornuta* et *Hammada scoparia*, tous deux en groupe B) ne diffèrent pas significativement entre eux.

Ainsi :

- ***Peganum harmala* (A)** a provoqué la mortalité la plus élevée, significativement supérieure à tous les autres extraits.
- ***Tetraena cornuta* et *Hammada scoparia* (B)** forment un groupe statistiquement homogène, avec des mortalités élevées mais légèrement inférieures à *Peganum*.
- ***Atriplex halimus* (C)** présente une efficacité intermédiaire, significativement inférieure aux trois premiers extraits.
- ***Tamarix gallica* (D)** montre une mortalité plus faible encore, tout en demeurant significativement différente d'*Atriplex*.
- Enfin, ***Citrullus colocynthis* (E)** se distingue nettement par la plus faible mortalité, très inférieure à tous les autres traitements.

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Ces résultats traduisent une variation significative de l'efficacité insecticide selon l'espèce végétale utilisée.

L'ordre décroissant d'efficacité des extraits est le suivant :

Peganum harmala > *Tetraena cornuta* $\approx$ *Hammada scoparia* > *Atriplex halimus* > *Tamarix gallica* > *Citrullus colocynthis*

Tableau 16 : Test de Newman et Keuls de mortalité en fonction d'extrait de plante

Modalité	Moyennes estimées (MORTALITY)	Groupes				
PEGANUM	65,889	A				
TETRAENA	60,488		B			
HAMMADA	58,678		B			
ATRIPLEX	55,376			C		
TAMARIX	51,111				D	
COLOQUINTE	18,778					E

Les lettres (A, B, C, D, E) représentent les groupes homogènes identifiés par le test de Newman–Keuls :

- Les modalités appartenant à des groupes différents diffèrent significativement (**p < 0,05**).
- Les modalités dans le même groupe ne diffèrent pas significativement entre elles.

Ainsi :

- **D5 (A)** présente la mortalité la plus élevée, significativement supérieure à toutes les autres doses.
- **D4 (B)** se distingue statistiquement de D5 et des doses inférieures, mais reste proche de l'efficacité maximale.
- **D2 et D3 (C)** appartiennent au même groupe, indiquant qu'il n'existe pas de différence significative entre ces deux doses intermédiaires.
- **D1 (D)** affiche une mortalité plus faible, mais significativement différente des doses supérieures.
- Le **témoin (E)** montre une mortalité quasi nulle, significativement inférieure à toutes les doses.

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Ces résultats traduisent une relation dose–effet positive :

Plus la dose appliquée augmente, plus la mortalité des insectes s’élève.

- La dose D5 est la plus efficace, entraînant une mortalité supérieure à 70 %.
- Les doses D4 à D2 maintiennent une efficacité élevée, mais légèrement inférieure, indiquant un effet dose-dépendant marqué.
- Les doses faibles (D1) induisent une mortalité limitée.

Tableau 17 : Test de Newman et Keuls de mortalité en fonction de dose

Modalité	Moyennes estimées (MORTALITY)	Groupes				
D5	71,852	A				
D4	67,590		B			
D2	59,948			C		
D3	59,841			C		
D1	49,933				D	

Détermination de la DL50

L’étude de l’effet insecticide de six extraits végétaux — *Tetraena cornuta*, *Hammada scoparia*, *Tamarix gallica*, *Citrullus colocynthis*, *Peganum harmala* et *Atriplex halimus* — sur les larves de *Tuta absoluta* a permis de mettre en évidence des différences notables en termes d’efficacité, de rapidité d’action et d’évolution de la toxicité au cours du temps (24, 48 et 72 heures).

Dans l’ensemble, la mortalité augmente avec la dose et le temps d’exposition, ce qui traduit une action progressive et cumulative des composés bioactifs présents dans les extraits. Les coefficients de détermination (R^2) relativement élevés pour la majorité des régressions indiquent une bonne corrélation entre la concentration des extraits et la mortalité larvaire, confirmant la fiabilité du modèle linéaire utilisé pour estimer les DL_{50} .

Le tracé de la droite de régression (Fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21), nous a permis de déterminer les doses létales 50 (DL_{50}) de chaque extrait d’après le tableau suivant :

Tableau 18 : Détermination de la DL50 pour chaque temps

Plante	DL ₅₀ 24 h	DL ₅₀ 48 h	DL ₅₀ 72 h	DL ₅₀ moyenne (mg/L)
<i>Atriplex halimus</i>	3,75	0,13	0,013	1,30
<i>Tetraena cornuta</i>	2,49	0,016	0,004	0,84
<i>Hammada scoparia</i>	2,03	0,14	0,044	0,74
<i>Tamarix gallica</i>	14,52	0,28	0,040	4,95
<i>Citrullus colocynthis</i>	1061,83	369,89	7,96	479,89
<i>Peganum harmala</i>	1,62	0,030	0,00075	0,55

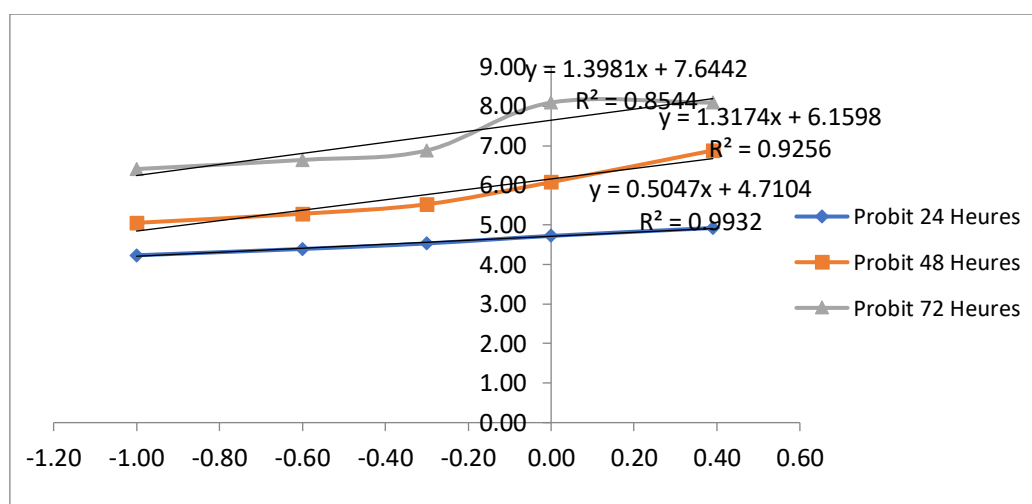


Fig.18 : Détermination de la DL50 de l'extrait de *Atriplex halimus* sur les larves de *T. absoluta*

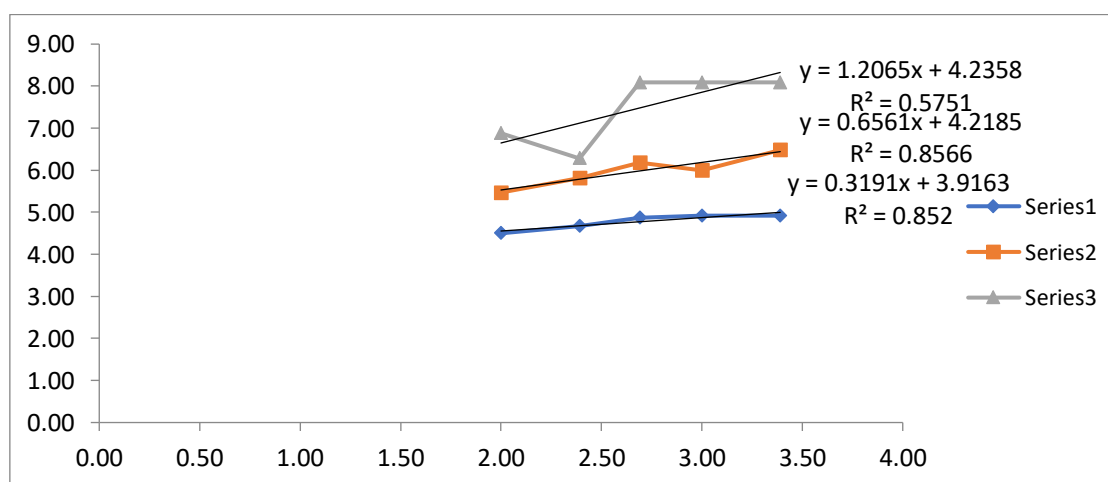


Fig.19 : Détermination de la DL50 de l'extrait de *Tetraena cornuta* sur les larves de *T. absoluta*

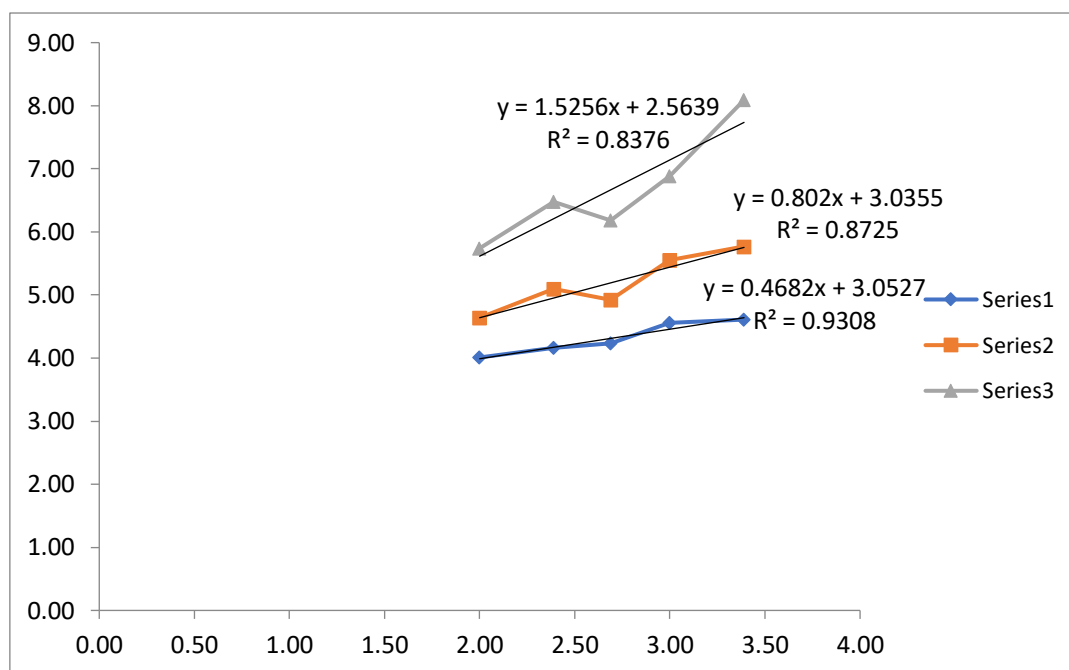


Fig.20 : Détermination de la DL50 de l'extrait de *Hammada scoparia* sur les larves de *T. absoluta*

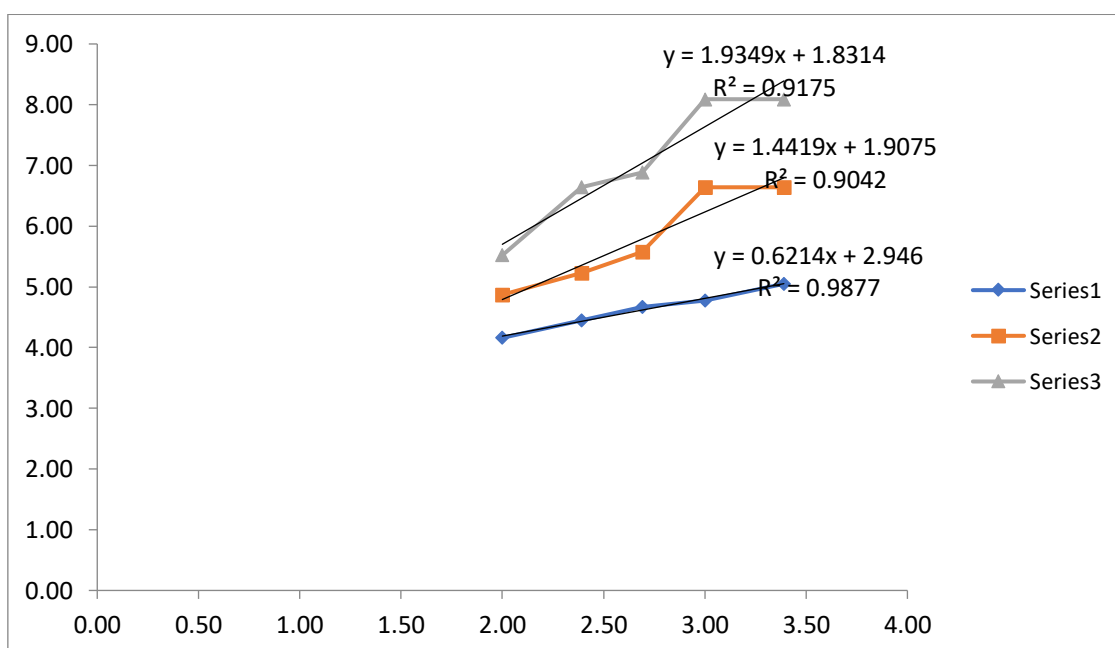


Fig.21 : Détermination de la DL50 de l'extrait de *Tamarix gallica* sur les larves de *T. absoluta*

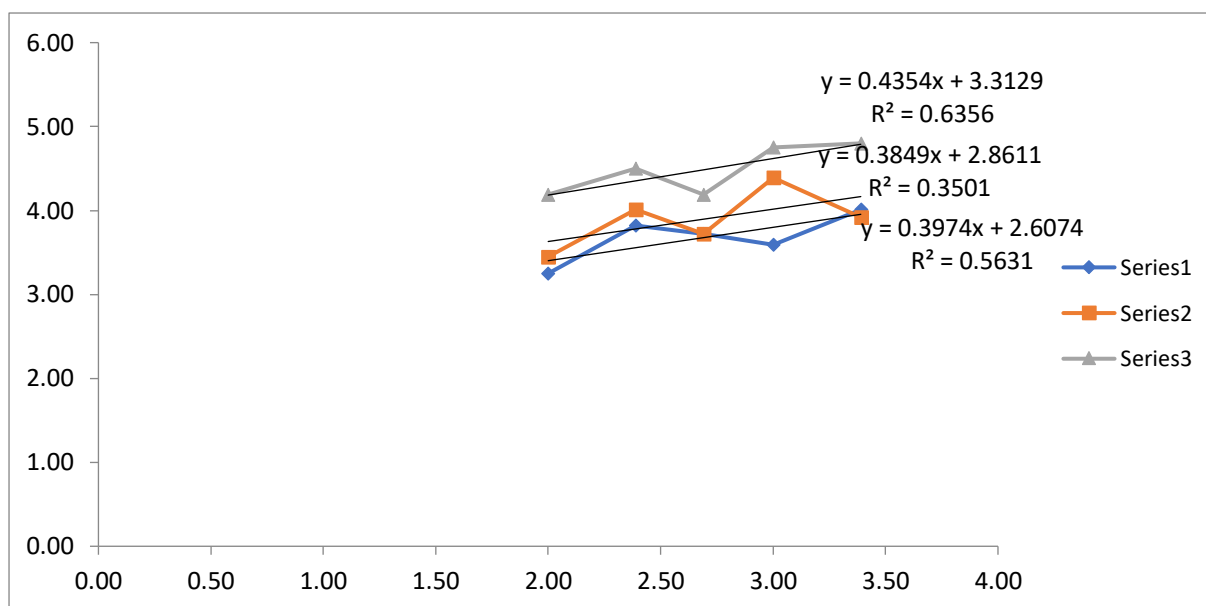


Fig.22– Détermination de la DL50 de l'extrait de *Citrullus colocynthis* sur les larves de *T. absoluta*

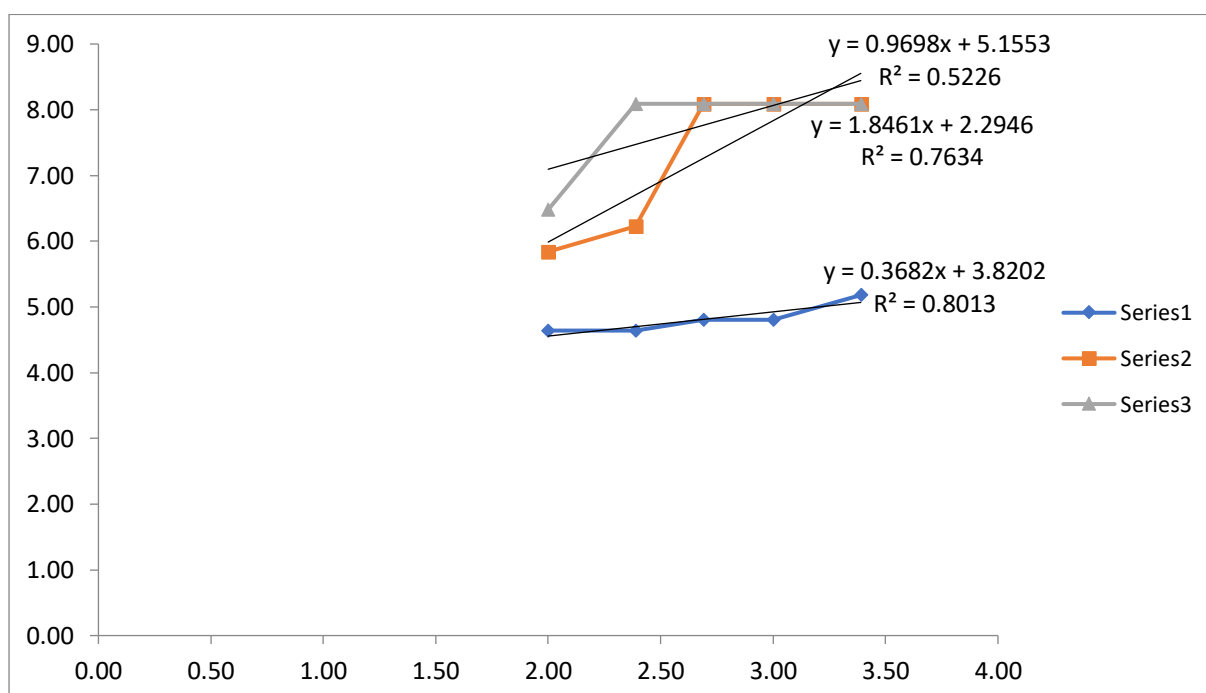


Fig.23 : Détermination de la DL50 de l'extrait de *Peganum harmala* sur les larves de *T. absoluta*

2.2. Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta*

Le tableau présente la moyenne du pourcentage d'éclosion des œufs de *Tuta absoluta* après traitement avec des extraits de six plantes : *Atriplex halimus*, *Tetraena cornuta*, *Hammada scoparia*, *Tamarix gallica*, *Citrullus colocynthis* et *Peganum harmala*, à différentes doses (D1 à D5), comparées au témoin non traité (T).

Chez le témoin, le taux d'éclosion est élevé, variant de **30,52 % à 37,03 %**, indiquant une viabilité normale des œufs en absence d'extrait. En revanche, tous les extraits végétaux testés entraînent une diminution progressive du taux d'éclosion en fonction de la concentration appliquée. Cette réduction traduit un effet inhibiteur sur le développement embryonnaire des œufs.

Les extraits de *Tamarix gallica* et *Hammada scoparia* montrent également une diminution nette du taux d'éclosion, bien que leur effet soit légèrement inférieur à celui de la coloquinte et du *Peganum*. À la dose maximale (D5), le taux d'éclosion atteint seulement 0,19 %, traduisant une activité ovicide notable mais moins radicale.

En revanche, *Atriplex halimus* et *Tetraena cornuta* conservent une certaine activité résiduelle, avec un taux d'éclosion de 0,57 % et 0 % respectivement à la dose D5. Leur efficacité reste néanmoins élevée par rapport au témoin, confirmant un effet dose-dépendant et un impact inhibiteur significatif sur la viabilité des œufs.

Dans l'ensemble, les résultats montrent que tous les extraits végétaux testés exercent un effet ovicide sur *Tuta absoluta*, mais avec des intensités variables. L'ordre d'efficacité décroissante observé est le suivant :

***Citrullus colocynthis* $\approx$ *Peganum harmala* > *Tamarix gallica* $\approx$ *Hammada scoparia* > *Atriplex halimus* > *Tetraena cornuta*.**

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Tableau 19 : Pourcentage d'éclosion des œufs de *Tuta absoluta*

Moyenne d'éclosion%	Atriplex	Tetraena	Hammada	Tamarix	Coloquinte	Peganum
T	30,87	31,09	30,52	34,76	37,03	32,15
D1	3,22	1,74	2,99	2,14	0,38	1,55
D2	2,42	1,15	1,74	1,15	0,19	1,15
D3	1,36	0,38	0,76	0,57	0	0,38
D4	0,57	0,19	0,38	0,38	0	0,19
D5	0,57	0	0,19	0,19	0	0

L'histogramme met en évidence la variation du pourcentage d'éclosion des œufs de *Tuta absoluta* en fonction des différents extraits de plantes (*Atriplex halimus*, *Tetraena cornuta*, *Hammada scoparia*, *Tamarix gallica*, *Citrullus colocynthis* et *Peganum harmala*) et des doses croissantes (D1 à D5).

On observe que, pour toutes les plantes, le taux d'éclosion est maximal chez le témoin (barres les plus hautes, autour de 30–37 %), ce qui traduit une éclosion normale en absence de traitement. Dès la première dose (D1), une chute marquée du taux d'éclosion est visible, traduisant l'apparition d'un effet inhibiteur dose-dépendant.

À mesure que la concentration augmente (D2 à D5), les barres deviennent quasi nulles, montrant une réduction drastique de l'éclosion, voire une inhibition complète pour certaines plantes. Les extraits de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) et de *Peganum harmala* se distinguent nettement par des valeurs nulles dès D3–D4, confirmant leur forte activité ovicide. Ces deux plantes provoquent donc une mortalité embryonnaire presque totale des œufs.

Les extraits de *Tamarix gallica* et *Hammada scoparia* présentent également une tendance similaire, bien que légèrement moins intense, avec une réduction progressive de l'éclosion jusqu'à des valeurs inférieures à 1 % aux doses élevées (D4 et D5). Quant à *Atriplex halimus* et *Tetraena cornuta*, l'effet inhibiteur reste visible mais plus modéré, ce qui suggère

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

une concentration plus faible en composés bioactifs ou une moindre pénétration à travers la membrane chorionique des œufs.

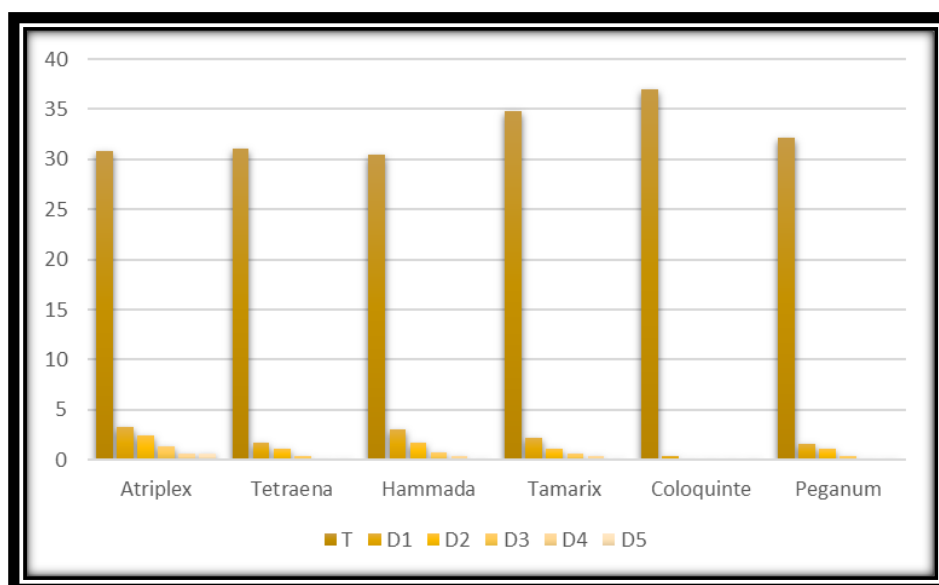


Fig.24 : Variation de pourcentage de la moyenne d'éclosion des œufs de *T. absoluta* en fonction de dose des extraits des six plantes

Ces résultats démontrent que les extraits des six plantes ont des effets significativement différents sur l'éclosion des œufs de *Tuta absoluta*. Certains extraits réduisent probablement fortement le taux d'éclosion (effet ovicide ou inhibiteur du développement embryonnaire), tandis que d'autres présentent une activité plus faible.

La valeur hautement significative du test F indique donc que le facteur "plante" joue un rôle déterminant dans la variation des taux d'éclosion.

Tableau 20 : Analyse de la variance des effets des extraits des plantes sur l'éclosion des œufs de *T. absoluta*

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Codes de signification des p-valeurs
Modèle	41,000	448998,511	10951,183	607,779	<0,0001	***
Erreur	1218,000	21946,364	18,018			
Total corrigé	1259,000	470944,875				

2.3. Essai sur le pouvoir répulsif

Les résultats obtenus montrent que l'effet répulsif des extraits végétaux sur la ponte des femelles de *Tuta absoluta* s'intensifie de manière progressive selon la concentration appliquée. À la dose la plus faible (D1), l'activité répulsive reste modérée, traduisant une inhibition partielle du comportement de ponte. Lorsque la concentration augmente (D2 et D3), une réduction plus marquée du nombre d'œufs pondus est observée, indiquant une sensibilité croissante des femelles aux composés actifs des extraits. Aux doses supérieures (D4 et surtout D5), l'effet devient nettement significatif : la ponte est fortement inhibée, voire presque totalement bloquée pour certaines espèces végétales. Cette évolution traduit une relation dose-dépendante positive claire, où l'efficacité répulsive augmente proportionnellement à la concentration de l'extrait appliqué.

Tableau 21 : Effet répulsif des extraits des plantes sur les femelles de *Tuta absoluta*

	<i>Atriplex halimus</i>	<i>Tetraena cornuta</i>	<i>Hammada scoparia</i>	<i>Tamarix gallica</i>	<i>Citrillus colocynthis</i>	<i>Peganum harmala</i>
D1	49.48	54.22	44.32	35.25	36.49	64.94
D2	55.67	64.53	57.93	41.85	43.29	69.89
D3	60	65.77	73.60	44.74	51.75	77.73
D4	80.20	81.44	82.68	72.78	57.93	92.57
D5	90.92	91.75	93.81	81.85	66.59	95.05

- *Peganum harmala* présente les effets répulsifs les plus élevés à toutes les doses (≈ 65 % à D1 et jusqu'à 95 % à D5).
→ Elle se distingue comme l'espèce la plus active contre la ponte de *Tuta absoluta*.
- *Atriplex halimus*, *Tetraena cornuta* et *Hammada scoparia* montrent également des répulsions importantes, surtout à partir de D3 (≥ 70 %), indiquant une forte efficacité.
- En revanche, *Tamarix gallica* et *Citrullus colocynthis* manifestent des effets plus faibles aux faibles doses (35–45 % à D1–D2), mais leur efficacité augmente significativement à D4–D5 (jusqu'à 80 % environ).
→ Cela suggère qu'elles nécessitent des doses plus élevées pour atteindre un effet optimal.

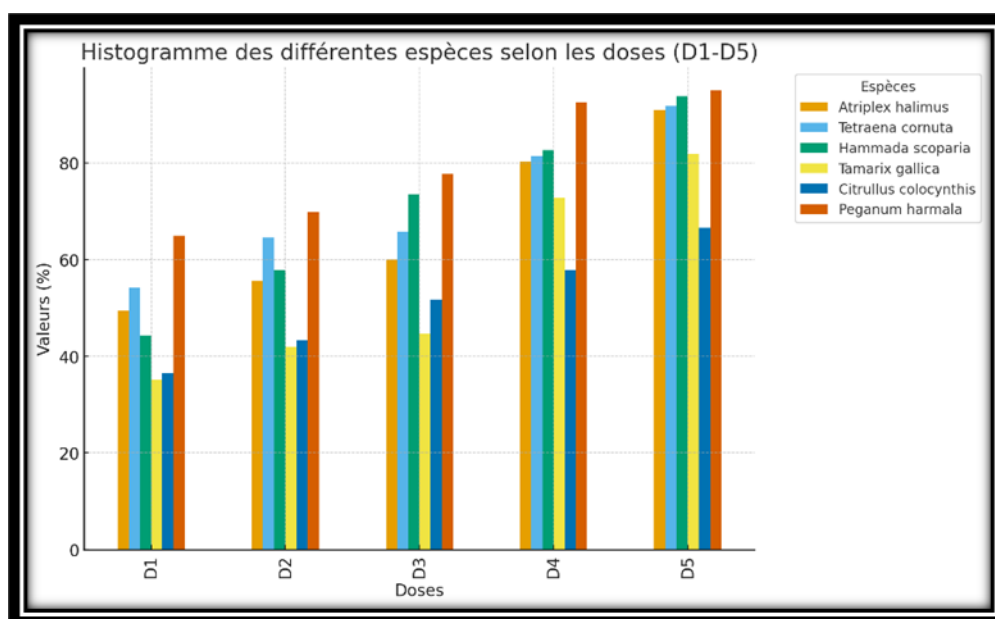


Fig. 25 : Le pourcentage d'effet répulsif des extraits de plantes sur la ponte des femelles de *Tuta absoluta*.

2.4.Essai sur les chrysalides

Les résultats présentés dans le tableau et l'histogramme illustrent l'évolution du pourcentage de mortalité des chrysalides de *Tuta absoluta* exposées à différentes concentrations (D1 à D5) d'extraits de plantes locales. Les valeurs montrent une tendance nette d'augmentation de la mortalité en fonction de la dose appliquée, révélant ainsi un effet insecticide dose-dépendant des extraits testés.

Le témoin (T) affiche des mortalités très faibles (3–8 %), confirmant que la mortalité observée aux doses traitées provient bien de l'effet des extraits.

Tableau 22 : Mortalité des chrysalides en fonction des extraits de plantes

Mortalité	<i>Atriplex halimus</i>	<i>Tetraena cornuta</i>	<i>Hammada scoparia</i>	<i>Tamarix gallica</i>	<i>Citrullus colocynthis</i>	<i>Peganum harmala</i>
Doses						
T	3.33	5	6.65	3.3	8.3	5
D1	78.3	80	73.3	75	78.3	88.3
D2	80	83.3	76.65	81.65	85	96.65
D3	88.3	90	83.3	91.65	91.65	98.3
D4	98.3	95	95	98.3	98.3	100
D5	100	98.3	96.65	100	100	100

- *Peganum harmala* se distingue nettement par une forte activité insecticide, provoquant une mortalité de près de 88 % dès D1, et atteignant 100 % dès D3. Cette espèce apparaît donc comme la plus toxique vis-à-vis des chrysalides de *Tuta absoluta*.
- *Atriplex halimus*, *Tetraena cornuta*, *Tamarix gallica* et *Citrullus colocynthis* montrent également des effets marqués, avec des mortalités comprises entre 75 % et 85 % à D1–D2, et supérieures à 95 % à D4–D5.
- *Hammada scoparia* présente des taux légèrement inférieurs aux faibles doses (environ 73 % à D1), mais atteint des mortalités comparables aux autres extraits à partir de D4 (95–96 %).

Ainsi, bien que toutes les plantes testées exercent une activité létale importante, l'intensité de leur effet varie légèrement selon l'espèce et la dose appliquée.

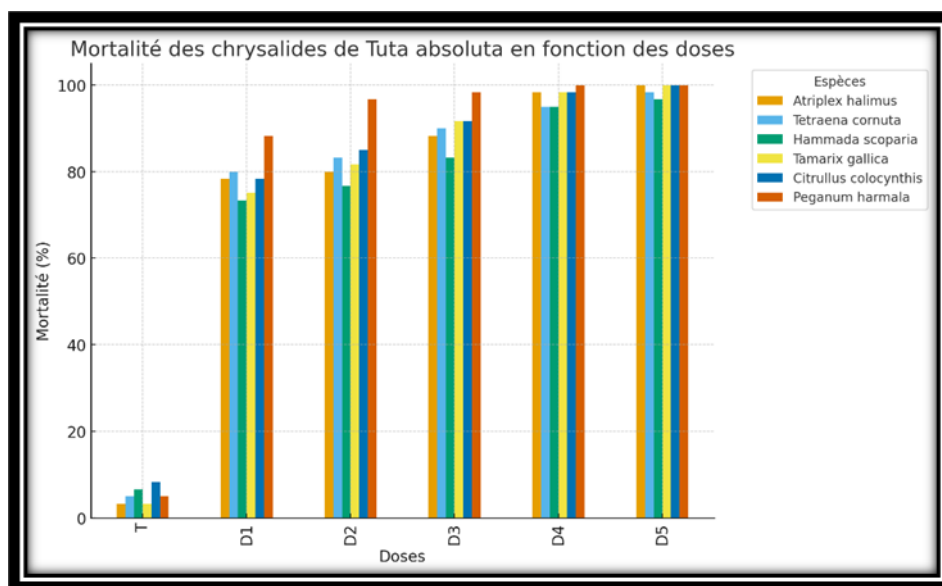


Fig. 26 : Mortalité des chrysalides de *Tuta absoluta* en fonction des extraits des plantes

- La valeur de F est très élevée ($F = 215,236$), ce qui traduit une forte variation expliquée par le facteur “extrait de plante” par rapport à la variation aléatoire (erreur).
- La probabilité associée ($Pr > F = < 0,0001$) est extrêmement faible, bien inférieure au seuil de 0,05.
- Le triple astérisque (***) confirme une signification hautement significative ($p < 0,001$).

Ainsi, le modèle est hautement significatif, ce qui signifie que :

Les différences de mortalité entre les extraits de plantes sont réelles et statistiquement significatives.

Tableau 23 : Analyse de la variance de mortalité des chrysalides en fonction des extraits de plantes

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Codes de signification des p-valeurs
Modèle	35,000	115091,435	3288,327	215,236	<0,0001	***
Erreur	72,000	1100,000	15,278			
Total corrigé	107,000	116191,435				

Discussion

Les résultats obtenus montrent une variation importante du rendement d'extraction et de l'activité larvicide selon les espèces végétales testées. Les rendements les plus élevés ont été observés pour *Peganum harmala* (37,5 %) et *Hammada scoparia* (30 %), tandis que les plus faibles correspondent à *Tetraena cornuta* (14,25 %) et *Citrullus colocynthis* (15,75 %). Ces différences peuvent être attribuées à la nature chimique des composés secondaires, à la polarité des solvants utilisés et à la teneur initiale en métabolites actifs des plantes (El-Kamali & El-Amir, 2010).

L'analyse statistique (ANOVA, $p < 0,0001$) et le test de Newman-Keuls révèlent une différence très hautement significative entre les six extraits testés. L'ordre d'efficacité décroissante établi est le suivant :

Peganum harmala* > *Tetraena cornuta* > *Hammada scoparia* > *Atriplex halimus* > *Tamarix gallica* > *Citrullus colocynthis

L'extrait de *Peganum harmala* se distingue par une mortalité moyenne de 65,88 %, atteignant 100 % dès 48 h à fortes doses. Cette activité pourrait être liée à la présence d'alcaloïdes harmine et harmaline, connus pour leurs effets neurotoxiques sur les insectes (Khani & Asghari, 2012). Ces résultats corroborent ceux de Shonouda et *al.* (2021), qui ont signalé une mortalité supérieure à 90 % de *Spodoptera littoralis* exposée à des extraits méthanoliques de *P. harmala*.

Les extraits de *Tetraena cornuta* et *Hammada scoparia* montrent également une forte efficacité, avec des mortalités respectives de 60,48 % et 58,68 % en moyenne. Cela rejoint les observations de Benali et *al.* (2018), qui ont rapporté une activité insecticide marquée des Zygophyllacées, attribuée à leurs saponines et flavonoïdes.

L'extrait d'*Atriplex halimus* (55,37 %) a produit un effet intermédiaire. Bien que cette espèce soit moins documentée, certaines études (Ould El Hadj et *al.*, 2013) ont montré que ses composés phénoliques et ses sels organiques peuvent perturber la physiologie des insectes.

Tamarix gallica a provoqué une mortalité plus modérée (51,11 %), mais croissante avec la dose et le temps. Cette plante est reconnue pour ses tanins et acides phénoliques aux propriétés antialimentaires et répulsives (Li et *al.*, 2016).

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Enfin, *Citrullus colocynthis* a présenté la plus faible activité (18,77 %), ce qui peut s'expliquer par une faible concentration de cucurbitacines actives dans l'extrait testé ou par une moindre pénétration cuticulaire des composés. Des travaux antérieurs confirment que les extraits aqueux de *C. colocynthis* montrent une efficacité limitée contre les Lépidoptères (Ait Mangrio et *al.*, 2012).

Les mortalités augmentent significativement avec le temps (24 h < 48 h < 72 h), confirmées par le test de Newman–Keuls ($p < 0,0001$). Ce comportement suggère une action progressive et cumulative des composés bioactifs sur la physiologie larvaire, notamment par inhibition enzymatique ou altération du système digestif (Ait Taadaouit et *al.*, 2012).

De même, l'effet des doses est très marqué : la mortalité passe en moyenne de 49,93 % à la plus faible dose (D1) à 71,85 % à la plus forte (D5). Ces tendances sont caractéristiques d'une relation dose-réponse typique d'un effet toxique quantifiable, confirmant la présence de substances bioactives à potentiel insecticide (Isman, 2015).

L'activité larvicide élevée observée pour *P. harmala*, *T. cornuta* et *H. scoparia* suggère que ces espèces représentent des alternatives prometteuses aux insecticides chimiques pour la lutte contre *Tuta absoluta*. Leur origine naturelle et leur biodégradabilité réduisent le risque de résistance et les impacts environnementaux négatifs (Regnault-Roger et *al.*, 2012).

L'analyse probit a permis de déterminer les doses létales médianes (DL₅₀) des six extraits végétaux testés sur *Tuta absoluta*. Les valeurs de DL₅₀ montrent une forte variabilité de toxicité selon les plantes et le temps d'exposition.

Selon la DL₅₀ moyenne croissante, l'ordre de toxicité est : ***Peganum harmala* > *Hammada scoparia* > *Tetraena cornuta* > *Atriplex halimus* > *Tamarix gallica* > *Citrullus colocynthis*.**

Les extraits de *P. harmala* présentent la plus forte activité insecticide, avec une DL₅₀ moyenne de 0,55 mg/L seulement. Cette efficacité accrue pourrait être attribuée à la présence d'alcaloïdes β -carboliniques (harmine, harmaline, harmalol) connus pour leurs effets neurotoxiques sur les insectes (Ahmed et *al.*, 2022 ; Jiang et *al.*, 2021).

Les extraits de *H. scoparia* et *T. cornuta* se sont également révélés très actifs, avec des DL₅₀ moyennes inférieures à 1 mg/L. Ces deux espèces, riches en saponines et flavonoïdes,

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

exercent probablement un effet synergique perturbant la perméabilité membranaire et les processus métaboliques des larves (Acheuk et *al.*, 2019 ; Nounah et *al.*, 2019).

À l'inverse, *C. colocynthis* a montré une activité nettement plus faible ($DL_{50} \approx 480$ mg/L), indiquant une toxicité faible ou un mode d'action plus lent. *T. gallica* présente une efficacité intermédiaire ($DL_{50} \approx 5$ mg/L), ce qui suggère une activité modérée liée à ses composés phénoliques et tanins.

Pour toutes les plantes, les valeurs de DL_{50} diminuent fortement entre 24 h et 72 h, confirmant une relation temps–effet : l'efficacité insecticide augmente avec la durée d'exposition, traduisant une action cumulative des métabolites secondaires sur les larves de *T. absoluta*.

Ces résultats corroborent les travaux antérieurs menés sur la bio-activité des plantes sahariennes. En particulier, *Peganum harmala* et *Hammada scoparia* ont déjà été signalées comme des biopesticides efficaces contre divers lépidoptères et diptères (Bouaziz et *al.*, 2021 ; Jiang et *al.*, 2021). Leur utilisation pourrait offrir une alternative écologique aux insecticides de synthèse, contribuant à la gestion intégrée des populations de *Tuta absoluta*.

Les résultats obtenus montrent que l'ensemble des extraits végétaux testés ont exercé un effet ovicide significatif sur les œufs de *Tuta absoluta*. Le taux d'éclosion a fortement diminué avec l'augmentation des concentrations, révélant une relation dose–réponse clairement marquée. Ce comportement traduit une action toxique progressive des composés bioactifs contenus dans les extraits, capable d'altérer le développement embryonnaire ou de compromettre la viabilité des œufs.

Les extraits de *Citrullus colocynthis* (coloquinte) et de *Peganum harmala* ont provoqué une inhibition totale de l'éclosion dès les doses moyennes (D3–D4), témoignant d'une forte activité ovicide. Cette efficacité peut être attribuée à la richesse de ces plantes en métabolites secondaires hautement bioactifs, notamment les cucurbitacines, les alcaloïdes β -carboliniques (harmine, harmaline) et les flavonoïdes, reconnus pour leur rôle insecticide et antifécondant (Benelli et *al.*, 2018 ; Pavela & Benelli, 2016). Ces deux espèces semblent contenir des métabolites secondaires fortement actifs, tels que les alcaloïdes, les cucurbitacines ou les flavonoïdes, connus pour perturber la perméabilité des membranes et bloquer le développement embryonnaire (El-Wakeil et *al.*, 2013 ; Pavela & Benelli, 2016).

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

Des observations similaires ont été rapportées par Ghoneim et *al.* (2019), qui ont montré que les extraits de *Peganum harmala* réduisent significativement l'éclosion des œufs d'autres lépidoptères comme *Spodoptera littoralis*, en raison de la présence d'alcaloïdes neurotoxiques. De même, Khalaf et *al.* (2021) ont démontré l'efficacité de *Citrullus colocynthis* contre les stades précoces d'insectes ravageurs des stocks, soulignant un effet embryotoxique lié aux cucurbitacines.

Les extraits de *Tamarix gallica* et *Hammada scoparia* présentent également une activité ovicide notable, bien que légèrement inférieure à celle de la coloquinte et du *Peganum*. À des concentrations élevées, le taux d'éclosion chute à moins de 0,5 %, suggérant une action inhibitrice quasi complète. Ces résultats corroborent ceux de Seddik et *al.* (2018), qui ont observé des effets larvicides et ovicides similaires avec des extraits méthanoliques de *Tamarix* contre des insectes phytophages. L'activité de *Hammada scoparia*, quant à elle, a été associée à la présence de saponines et d'acides phénoliques capables d'altérer les membranes cellulaires des œufs (Omezzine et *al.*, 2011).

En revanche, les extraits d'*Atriplex halimus* et de *Tetraena cornuta* se sont montrés moins efficaces, bien qu'ils aient tout de même provoqué une réduction importante du taux d'éclosion comparé au témoin. Leur activité modérée pourrait être due à une concentration plus faible en composés actifs ou à une moindre solubilité et pénétration à travers la membrane chorionique. Cependant, leur effet reste biologiquement significatif, suggérant un potentiel à explorer selon les modes d'extraction et de formulation.

Les résultats obtenus sont cohérents avec plusieurs travaux antérieurs mettant en évidence le potentiel ovicide des extraits végétaux. Par exemple, El-Wakeil et *al.* (2013) ont souligné que les extraits à base de plantes contiennent souvent des métabolites secondaires capables d'interférer avec le développement embryonnaire des insectes nuisibles. De plus, Pavela (2015) et Isman (2020) ont démontré que les extraits de plantes riches en alcaloïdes et terpènes peuvent inhiber la croissance ou l'éclosion des œufs de divers insectes, notamment chez les Lépidoptères et Diptères.

Ainsi, la cohérence entre nos résultats et ceux de la littérature confirme que les extraits de plantes autochtones, en particulier *C. colocynthis* et *P. harmala*, représentent une alternative prometteuse aux insecticides de synthèse pour la lutte biologique contre *Tuta absoluta*. Leur

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

efficacité ovicide, associée à une origine naturelle et biodégradable, en fait des candidats intéressants pour une gestion intégrée durable du ravageur.

Les résultats obtenus dans cette étude démontrent clairement que les extraits végétaux testés exercent une activité répulsive significative sur les femelles de *Tuta absoluta*, et que cet effet augmente proportionnellement avec la concentration des extraits. Cette tendance dose-dépendante a également été observée par plusieurs auteurs, confirmant que la quantité de métabolites secondaires présents dans l'extrait influence directement la réponse comportementale des insectes (Kandil et *al.*, 2020 ; Mahmoud et *al.*, 2021 ; Nofal et *al.*, 2022).

Les effets répulsifs mis en évidence ici sont en accord avec ceux rapportés par Bayindir et *al.* (2015), qui a montré que les extraits de *Peganum harmala* et *Atriplex halimus* réduisent significativement la ponte des femelles de *Tuta absoluta* et d'autres lépidoptères. De même, Nofal et *al.* (2022) ont signalé une diminution du nombre d'œufs pondus sur les feuilles traitées avec des extraits de *Melia azedarach* et *Azadirachta indica*, atteignant des taux de répulsion supérieurs à 80 %. Ces similarités suggèrent que les composés bioactifs présents dans les plantes étudiées (principalement des alcaloïdes, saponines, flavonoïdes et tanins) exercent des effets analogues à ceux du neem, reconnu mondialement pour ses propriétés anti-oviposition et répulsives.

Les différences d'efficacité observées entre les espèces végétales pourraient être liées à la nature chimique et à la concentration des métabolites secondaires. Par exemple, *Peganum harmala* contient des alcaloïdes harmaniques (harmine, harmaline) qui perturbent le système nerveux central des insectes (Ismail et *al.*, 2019), tandis que *Atriplex halimus* est riche en saponines et flavonoïdes pouvant altérer les signaux olfactifs utilisés par les femelles pour localiser leur site de ponte. Ces observations rejoignent celles de Mahmoud et *al.* (2021), qui ont attribué l'activité anti-oviposition de certaines plantes à la présence de composés volatils tels que les terpénoïdes et les phénols.

L'effet répulsif des extraits végétaux sur *Tuta absoluta* peut résulter de plusieurs mécanismes complémentaires :

- **Action chimique directe** : les composés volatils agissent comme des agents masquants des signaux attractifs des plantes hôtes, empêchant les femelles d'identifier un site propice à la ponte.

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

- **Perturbation neurocomportementale** : certains alcaloïdes et flavonoïdes interfèrent avec la transmission nerveuse ou les récepteurs sensoriels des insectes, provoquant des réactions d'évitement.
- **Effet synergique** : la combinaison de plusieurs métabolites (alcaloïdes, tanins, saponines) peut renforcer l'activité répulsive globale, même si chaque composé pris isolément a un effet modéré.

Ces hypothèses sont soutenues par les travaux de Ismail et *al.* (2019), qui ont montré que les extraits riches en composés phénoliques peuvent modifier le comportement de recherche alimentaire et de ponte chez les lépidoptères, et par Mahmoud et *al.* (2021), qui ont observé une diminution marquée de l'attractivité olfactive des plantes traitées.

Certaines différences entre les études peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs :

- **Méthodes d'extraction** : la polarité du solvant influence la concentration en métabolites bioactifs. Les extraits hydroalcooliques, par exemple, retiennent plus de composés phénoliques que les extraits aqueux.
- **Variabilité écologique** : la composition chimique des plantes varie selon le milieu de récolte, la saison et les conditions abiotiques (salinité, sécheresse), ce qui peut modifier leur profil biochimique.
- **Méthodologie expérimentale** : le type de bioessai (préférence de ponte, test en choix libre ou non) influence la mesure du comportement répulsif.

Malgré ces variations, la convergence globale des résultats confirme que les extraits de plantes halophytes et xérophytes locales représentent une source prometteuse de biocomposés actifs contre *Tuta absoluta*.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que tous les extraits végétaux testés induisent une mortalité élevée et dose-dépendante des chrysalides de *Tuta absoluta*. *Peganum harmala* se distingue comme l'espèce la plus efficace, provoquant des mortalités proches de 100 % aux doses D4-D5, tandis que les autres espèces (*Atriplex halimus*, *Tetraena cornuta*, *Hammada scoparia*, *Tamarix gallica*, *Citrullus colocynthis*) atteignent des niveaux de mortalité similaires mais requièrent des doses intermédiaires plus élevées pour atteindre l'effet maximal.

Ces résultats sont en accord avec plusieurs travaux antérieurs. Par exemple, Naboulsi et *al.* (2022) ont montré que l'extrait aqueux de *Atriplex halimus* à 5 % provoquait des mortalités

Chapitre III : Résultats des tests biologiques sur *Tuta absoluta*

très élevées chez *Dactylopius opuntiae*, avec des rendements supérieurs à 80-85 % dans certaines conditions (Naboulsi et *al.*, 2022). Ce parallèle suggère que *A. halimus* possède un fort potentiel insecticide qui est confirmé aussi dans notre étude, bien que la cible (chrysalides de *Tuta absoluta*) soit différente.

De même, les études sur *Citrullus colocynthis* ont mis en évidence la toxicité de ses extraits et de ses composés bioactifs (cucurbitacines, glycosides...) sur différentes larves d'insectes et ravageurs (ex : *Spodoptera litura*), avec des DL₅₀ relativement faibles pour certains stades larvaires (Murtaza et *al.*, 2017 dans les études sur les cucurbitacines). Ces données renforcent la plausibilité biologique de nos résultats, où *C. colocynthis* atteint des mortalités élevées à doses D3-D5.

En revanche, moins d'études comparables sont disponibles pour *Tamarix gallica* ou *Hammada scoparia* dans le contexte de *Tuta absoluta*, ce qui fait de notre travail une contribution importante. Il est possible que la variation interespèces observée soit due à des différences dans la composition chimique des extraits (présence et concentration de composés secondaires tels que les alcaloïdes, saponines, flavonoïdes, etc.), ainsi qu'à la perméabilité des cuticules des chrysalides ou à des mécanismes de détoxification propres à chaque espèce insecte.

Conclusion

Générale

CONCLUSION GENERALE

Malgré la faible diversité de la flore dans les zones arides, la population locale du sud-est algérien demeure fortement tributaire des plantes comme ressource vitale. Les résultats de cette étude mettent en évidence l'importance de douze espèces réparties entre huit familles botaniques, attestée par leur présence dans les relevés floristiques, leurs valeurs d'usage et leurs indices de fréquence de citation. Ces plantes constituent une composante essentielle de la pharmacopée traditionnelle et jouent un rôle majeur dans les soins de santé primaires des communautés locales.

Parmi les plus valorisées d'un point de vue pharmacologique à partir de l'étude ethnobotanique les espèces figurent *Artemisia campestris* (1,6), *Artemisia herba-alba* (1,53), *Hammada scoparia* (1,25), *Atriplex halimus* (1,24) et *Limoniastrum guyonianum* (0,96), reconnues pour leur efficacité thérapeutique.

La fréquence relative la plus élevée a été mesurée pour le membre de la famille des Astéracées *Artemisia herba-alba* (FRC = 1), et la plus basse a été mesurée pour *Nirosalsola vermaculata* (FRC = 0,25).

L'IR varie de 13 à 100 *Citrullus colocynthis* avait le IR le plus élevé, tandis que *Suaeda vera* avait le plus bas

Cependant, une tendance inquiétante à la perte du savoir traditionnel est observée : la jeune génération manifeste une connaissance limitée des usages médicaux des plantes. D'après la Classification internationale des maladies (CIM), quinze catégories de traitements ont été recensées, les plus fréquentes étant celles liées aux troubles endocriniens, suivies par les affections digestives, toxiques, dermatologiques, génito-urinaires et rhumatismales.

Pour promouvoir la recherche pharmacologique et la découverte de nouvelles molécules bioactives, il apparaît indispensable de renforcer la collaboration entre la communauté scientifique et les populations locales, en valorisant et en préservant leurs connaissances ethnobotaniques traditionnelles. La sélection des six espèces retenues pour l'étude expérimentale a été orientée non seulement par leur indice élevé de valeur d'usage, mais également par leur potentiel biologique encore insuffisamment exploré et leur adaptation remarquable aux conditions écologiques sahariennes.

CONCLUSION GENERALE

L'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude met clairement en évidence le potentiel biologique des extraits végétaux halophytes et xérophytes dans la lutte contre *Tuta absoluta*, un ravageur majeur de la tomate. Les tests réalisés ont révélé des variations importantes du rendement d'extraction, de l'activité larvicide, ovicide, chrysalicide et répulsive selon les espèces, les doses appliquées et le temps d'exposition.

Parmi les six plantes testées, *Peganum harmala* s'est distinguée comme la plus efficace, avec une activité larvicide remarquable de 65,88 %, atteignant 100 % dès les premières 48 heures, suivie par *Hammada scoparia* et *Tetraena cornuta* avec des mortalités respectives de 60,48 % et 58,68 % en moyenne. Ces trois espèces, riches en alcaloïdes, flavonoïdes et saponines, ont démontré un fort pouvoir larvicide et une toxicité élevée ($DL_{50} < 1 \text{ mg/L}$), traduisant une action rapide et cumulative des métabolites secondaires sur la physiologie des insectes. À l'inverse, *Citrullus colocynthis* a présenté une efficacité plus faible avec 18,77 %, probablement liée à une concentration moindre en principes actifs ou à une pénétration limitée des composés à travers la cuticule des larves.

L'étude a également mis en évidence une relation dose-réponse claire pour tous les extraits, confirmant que l'augmentation de la concentration accroît significativement la mortalité des larves et la réduction de l'éclosion des œufs. Les effets ovicides les plus marqués ont été observés avec *P. harmala* et *C. colocynthis*, capables d'inhiber totalement l'éclosion à partir des doses moyennes. Les extraits de *H. scoparia* et *T. gallica* ont, quant à eux, montré une activité ovicide et répulsive notable, bien que légèrement inférieure, tandis que *Atriplex halimus* et *Tetraena cornuta* ont confirmé leur potentiel à travers une efficacité modérée mais significative.

L'effet répulsif croissant observé chez toutes les espèces testées indique que ces extraits interfèrent avec le comportement de ponte des femelles de *Tuta absoluta*, *Peganum harmala* présente les effets répulsifs les plus élevés à toutes les doses $\approx 65 \%$ à D1 et jusqu'à 95% à D5, alors que *Atriplex halimus*, *Tetraena cornuta* et *Hammada scoparia* montrent également des répulsions importantes, surtout à partir de $D3 \geq 70 \%$ probablement en perturbant leurs signaux olfactifs et sensoriels. Ce mécanisme, soutenu par plusieurs études antérieures, renforce l'idée d'un mode d'action complexe et synergique des métabolites secondaires (alcaloïdes, tanins, saponines, terpènes, flavonoïdes).

CONCLUSION GENERALE

Toutes les plantes ont montré une mortalité des chrysalides de *Tuta absoluta*, *Peganum harmala* apparaît l'extrait le plus toxique 88 % dès D1, et atteignant 100 % dès D3.

Globalement, les extraits étudiés constituent une alternative écologique prometteuse aux insecticides chimiques conventionnels. Leur origine naturelle, leur biodégradabilité et leur efficacité démontrée sur plusieurs stades de développement de *Tuta absoluta* en font des candidats sérieux pour une intégration dans les programmes de lutte biologique intégrée. Leur utilisation contribuerait à réduire les impacts environnementaux et les risques de résistance associés aux produits de synthèse.

Enfin, ces travaux ouvrent des perspectives intéressantes pour des recherches futures axées sur :

- La caractérisation phytochimique détaillée des composés actifs responsables de l'activité insecticide ;
- La formulation d'extraits standardisés ou de biopesticides à base de plantes locales ;
- L'évaluation de leur innocuité vis-à-vis des organismes non cibles et de l'environnement.

Ainsi, cette étude confirme que la valorisation des plantes halophytes et sahariennes, telles que *Peganum harmala*, *Hammada scoparia* et *Tetraena cornuta*, peut constituer une voie durable et efficace pour la protection des cultures de tomate en zones arides et semi-arides.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abdallah, M., Belaid, A., and Khelifa, R. (2020). Coûts économiques et impacts environnementaux de l'utilisation massive de pesticides en cultures maraîchères dans le Maghreb. *Revue Maghrébine d'Agriculture et Environnement*, 15(2), 85-93.
2. Abdelhady, M.A., Sarhan, A.A., Mandour, N.S. Osman, M.A.M. (2021). Reproductive Biology of *Tuta absoluta* on Four Solanaceous Host Plants. *Journal of Applied Plant Protection*, 10(1), 53–58. DOI: 10.21608/japp.2021.222798.
3. Abdelkarim, B., Sadok, B., Smiti, S., Boubaker, R. (2021). Phytochemical composition and biological activities of *Artemisia herba-alba* and *Atriplex halimus* from arid regions of Algeria. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 23, 100320.
4. Abdellaoui, R., Borsai, O., Ghezlaoui, B.E., Halima, A.B., Sahli, A., Neffati, M., Mouldi, M., Ali, A. (2023). Editorial: Halophytes: Salt stress tolerance mechanisms and potential use. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1218184. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1218184>
5. Abe, R., Ohtani, K., Kawahara, N. (2010). Extraction and isolation of bioactive compounds from medicinal plants. In S. Sarker, Z. Latif, & A. Gray (Eds.), *Natural Products Isolation* (pp. 13–27).
6. Abideen, Z., Koyro, H.W., Huchzermeyer, B., Ahmed, M.Z., Gul, B., Khan, M.A. (2020). Potential use of saline resources for biofuel production using halophytes and algae. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1026063. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1026063>
7. Acheuk, F., Abdellaoui, K., Lakhdari, W., Chahbar, N., Dehliz, A., Belaid, M., Baouche, N., Bouazouz, H. (2020). Potentials of the extracts of Algerian Saharan plant *Cotula cinerea* for the management of two insect pests, *Aphis fabae* and *Tribolium castaneum*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 15(2), 41-57
8. Agudelo, A., Carvajal, M., Martínez-Ballesta, M.C., Alcaraz, C.F., Razquin, P., Martinez, V. (2021). Halophytes of the Mediterranean Basin—underutilized species with the capacity to be sustainable sources of salt-tolerant crops under the effect of climate change. *Agronomy*, 11(2), 341. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020341>
9. Ahmad, F., Javaid, A., Zaheer, T., Saeed, Q., Ali, Z., Shabbir, A., Naseem, S. (2022). Bioactivity of medicinal plant extracts from *Peganum harmala* and *Cichorium intybus* against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(1), Article 41. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04121-y>

10. Ahmed, H.S., Alharbi, B., Albogami, S., Al-Sanea, M.M., Latif, R., Habeeb, M.S., Abulkhair, H.S., Hammouda, O. (2023). Phytochemical investigation and anti-inflammatory potential of *Anabasis setifera*. *Heliyon*, 9(12), e22720. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22720>
11. Aissa, A., & Baba, A. (1991). Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées en Algérie. Alger : Office des Publications Universitaires.
12. Ait Taadaouit, N., Mohammed, H., Rochdi, A., Nilahyane, A., Bouharroud, R. (2012). Effet des extraits végétaux méthanoliques de certaines plantes marocaines sur *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 42(2), 275–280.
13. Ait-Sidi-Moh, R., Chentouf, M., Hamdani, S., El Bouhssini, M. (2020). Bioactivity of methanolic extracts of *Tetraena cornuta* against major insect pests in arid regions. *Journal of Arid Environments*, 182, 104242.
14. Al-Snafi, A. E. (2019). Phytochemical constituents and pharmacological effects of *Tamarix gallica*. *IOSR Journal of Pharmacy*, 9(6), 30–38.
15. Alappat, B., & Alappat, A.B. (2020). Anthocyanin pigments: Beyond aesthetics. *Molecules*, 25(23), 5500. <https://doi.org/10.3390/molecules25235500>
16. Albert, N.W., Davies, K.M., Lewis, D.H., Zhang, H. (2022). Flavonoids – flowers, fruit, forage and the future. *Journal of Plant Physiology*, 273, 153699. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153699>
17. Albuquerque, U. P., Lucena, R. F.P., Monteiro, J. M., Florentino, A. T.N., Al-meida (2006) Evaluating Two Quantitative Ethnobotanical Techniques : *Ethnobot. Res. Appl.*, 4 :51–60. <https://doi.org/10.17348/era.4.0.51-60>.
18. Ali-Delille, D. (2013). Les plantes médicinales et leurs vertus thérapeutiques : usages et bienfaits naturels. Paris : Éditions De Vecchi.
19. Allache, F., Bouta, Y., Demnati, F. 2015. Population development of the tomato moth *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato in Biskra, Algeria. *J. Crop Prot.* 4: 509–517.
20. Allache, F., Demnati, F. 2020. Monitoring and population changes of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) on tomato under greenhouse conditions in an arid expanse of south-eastern Algeria. *Acta agriculturae Slovenica* 115 (2): 409–416.
21. Allache, F., Houhou, M.A., Osmane, I., Naili, L., Demnati, F. (2012). Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* Meyrick (Gelechiidae), un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie). *Entomol. Faun. Faun. Entomol.* 65: 149–155.
22. Allouai, T., & Alkama, D. (2013). Analyse du développement urbain de la ville de Biskra : dynamiques spatiales et morphologiques. *Revue des Sciences Humaines et Sociales*, 9(1), 87–100. Université Mohamed Khider de Biskra.
23. Amazouz, A. (2010). Méthodes de piégeage et lutte contre la mineuse de la tomate. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, 25(2), 45–53.

24. Amor, G., Caputo, L., La Storia, A., De Feo, V., Mauriello, G., Fechtali, T. (2019). Chemical composition and antimicrobial activity of *Artemisia herba-alba* and *Origanum majorana* essential oils from Morocco. *Molecules*, 24(22), 4021. <https://doi.org/10.3390/molecules24224021>
25. Amthor, J.S. (2003). Efficiency of lignin biosynthesis: A quantitative analysis. *Annals of Botany*, 91(6), 674–695. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg073>
26. Annunziata, F., Basile, A., Petruk, G. (2020). An overview of coumarin as a versatile and multitarget natural compound. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(14), 5042. <https://doi.org/10.3390/ijms21145042>
27. Aslan, B., Birgücü, A.K. Aslan, E.G. Impact of host switching at different larval instars on the performance of the polyphagous pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Sci Rep* 15, 10803 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94271-z>
28. Aynalem, B., Muleta, D., Jida, M., Shemekite, F., Aseffa, F. (2022). Biocontrol competence of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Bacillus thuringiensis* against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick 1917 under greenhouse and field conditions. *Heliyon*, 8(6), e09694. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09694>
29. Azouaou, R., Benammar, C., Benmeddour, Z. (2020). Contribution de la médecine traditionnelle dans la prévention et le traitement des maladies chroniques en Algérie. *Revue des Sciences de la Vie et de la Terre*, 4(2), 45–53.
30. Baba Aissa, F. (2011). *Les plantes médicinales en Algérie*. Éditions ENAG, Alger.
31. 33. Bahadur, S., Khan, M. S., Shah, M., Shuaib, M., Mushtaq, A., Zafar, M., Begum, N., Gul, S, Ashfaq, S., Mujahi, I, Hussain, F. (2020). Traditional usage of medicinal plants among the local communities of Peshawar valley, Pakistan: *Acta. Ecol. Sin.*, 40 : 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.12.006>.
32. Balunas, M. J., & Kinghorn, A. D. (2005). Drug discovery from medicinal plants. *Life Sciences*, 78(5), 431-441.
33. Bamisile, B.S., Dash, C.K., Akutse, K.S., Subramanian, S., Adekunle, O.C. (2021). Model application of entomopathogenic fungi as alternatives or perhaps supplements to chemical pesticides in plant protection. *Frontiers in Plant Science*, 12, 741804. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.741804>
34. Basualdo, I., Zardini, E. M., Ortiz, M. (1995). Medicinal plants of Paraguay underground organs: II. *Econ. Bot.*, 49: 387-394.
35. Bazihizina, N., Böhme, B., Müller-Schärer, H., Sharma, R., Straub, S., Flowers, T.J. (2024). The sustainable use of halophytes in salt-affected land. *Plants*, 13(17), 2369. <https://doi.org/10.3390/plants13172369>
36. Behnamfar, K., & Zandi Esfahan, E. (2024). Effects of phenological stages on yield and quality traits of three halophyte plant species as forage sources and combating

- desertification in Khuzestan province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 14(4), 407–420.
37. Belhadj, A., Demnati, F., Boulghobra, N., Mebrek, N. (2023). Botanical Diversity of Arid Steppe in South East of Algeria (Biskra). *J. Ecol. Eng.*, 24(1), 120–134. <https://doi.org/10.12911/22998993/156010>.
 38. Belkacem, F., Alioua, M., Djouadi, A. (2019). Enjeux socio-économiques des producteurs de tomate face au ravageur *Tuta absoluta* en Algérie. *Bulletin Africain d'Économie Agricole*, 10(4), 45–54.
 39. Benabderrahmane, W., Chentouf, M., Hamdani, S., El Bouhssini, M. (2018). Phytochemical screening and biological activities of *Atriplex halimus* from Algeria. *South African Journal of Botany*, 118, 163–170.
 40. Benaziza, R., Bensalem, L., Mekhlouf, A. (2020). Efficacité de *Nesidiocoris tenuis* et *Trichogramma* sp. contre *Tuta absoluta* sous serre en Algérie. *Algérien Journal of Plant Protection*, 8(1), 41–51.
 41. Bendaib, M., Chentouf, M., Hamdani, S., El Bouhssini, M. (2019). Chemical composition and insecticidal potential of *Hammada scoparia*. *Natural Product Research*, 33(22), 3254–3262.
 42. Bendjedid, M., Chentouf, M., Hamdani, S., El Bouhssini, M. (2021). Phytochemical composition and bioactivity of *Tetraena cornuta* from arid regions of the Maghreb. *Journal of Arid Land Studies*, 31(2), 55–63.
 43. Benelli, G., Pavela, R., Canale, A. (2018). Insecticidal activity of plant secondary metabolites: Synergistic and antagonistic interactions. *Entomologia Generalis*, 38(1), 1–25.
 44. Benette B C & Prance GT (2000) Introduced plants in the indigenous pharmacopoeia of northern South America. *Econ. Bot.*, 54: 90–102.
 45. Benhalima, S., Bensalem, L., Mekhlouf, A. (2021). Efficacité des extraits d'*Artemisia* et de *Nerium oleander* contre *Tuta absoluta* en Algérie. *African Entomology*, 29(3), 890–902.
 46. Benkhelifa, N., Haddad, A., Bensaid, S. (2021). Résistance aux insecticides chez *Tuta absoluta* en Algérie : implications pour la gestion intégrée. *Journal Algérien d'Entomologie*, 6(1), 22–30.
 47. Bennedjar, A. (2021). Étude ethnobotanique et évaluation de l'activité antimicrobienne des plantes médicinales utilisées dans la région de Tlemcen (Algérie) [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen].
 48. Berkani, M. (2008). Étude biologique et écologique de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) sur tomate en conditions de serre. Mémoire de Magister, Université de Mostaganem, Algérie.
 49. Bernardo, R. (2009). Biological control of *Tuta absoluta* in tomato crops. *IOBC/WPRS Bulletin*, 49, 129–134.

50. Binet, P. (1978). Les plantes halophytes et leur écophysiologie. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 125(3), 249–261.
51. Biondi, A., Guedes, R. N. C., Wan, F. H., Desneux, N. (2018). Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. *Annual Review of Entomology*, 63, 239–258.
52. Bitam, R. (2012). Inventaire des ressources médicinales et aromatiques dans la région de Djerma-Batna par la méthode systématique [Mémoire de Master II, Université El Hadj Lakhdar Batna].
53. Boestfleisch, C., Bonesteel, J., Papenbrock, J. (2014). Manipulating the antioxidant capacity of halophytes to enhance crop quality and fitness under stress. *Annals of Botany*, 113(1), 106–115.
54. Bouaziz, M., Dhouib, A., Loukil, S., Boukhri, M., Sayad, S. (2009) Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia: *Afr. J. of Biotech.*, 8(24):7017-7027.
55. Bouaziz, M., Hamdi, S., Gharbi, R. (2021). Biological control potential of Saharan plants against *Tuta absoluta*. *African Entomology*, 29(3), 789–801.
56. Bougherara, N., & Lacaze, B. (2009). Étude pédologique et analyse morphologique des sols de la région de Biskra (Algérie). Université de Biskra, Département des Sciences de la Terre.
57. Boumediou, A., & Addoun, F. (2017). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Bouira (Algérie) [Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira].
58. Bouziane, F. (2017). Étude ethnobotanique et phytochimique de quelques plantes médicinales utilisées dans la région de Béchar (Sud-Ouest algérien) [Mémoire de Master, Université Tahri Mohamed – Béchar].
59. Brousse, R. (2011). Histoire et évolution de l'ethnobotanique : entre traditions et sciences modernes. Université de Toulouse, Mémoire de Master en Ethnobotanique, 78 p.
60. Bruni, R., Sacchetti, G., Grandini, A., Frigerio, M., Franceschi, F., Maggio, A.M., Guerrera, M.C. (2019). Botanical sources, chemistry, analysis, and biological activity of coumarins. *Molecules*, 24(11), 1997. <https://doi.org/10.3390/molecules24111997>
61. Cadena-González, A.L., Sørensen, M., Theilade, I. (2013). Use and valuation of native and introduced medicinal plant species in Campo Hermoso and Zetaquirá, Boyacá, Colombia. *J Ethnobiol Ethnomed* 9: 1–34.
62. Carletti, G., Nervo, G., Lucini, L. (2014). Flavonoids and melanins: A common strategy across two kingdoms. *Molecules*, 19(10), 16808–16835. <https://doi.org/10.3390/molecules191016808>
63. Chabrier, P., Caire, F., Combeau, A. (2010). *Phytothérapie et santé : les plantes médicinales au service du bien-être*. Paris : Éditions Médicales Internationales.

64. Chemar, A. (2016). Étude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie) [Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou].
65. Chennouf, M., Kerboua, K., Bentoumi, M. (2021). Dynamique biologique et impact de *Tuta absoluta* sur la tomate en serre dans la région d'Ouargla, Algérie. *Revue Scientifique Saharienne*, 14(1), 33-41.
66. Cherif, A., Guenaoui, Y., Doumandji-Mitiche, B. (2019). Impact de *Tuta absoluta* sur la production de tomate en Algérie et moyens de lutte alternatifs. *Revue d'Entomologie Agricole*, 34(2), 67–76.
67. Cherif, A., Mansour, R., Grissa-Lebdi, K. (2013). Biological aspects of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in conditions of north-eastern Tunisia: possible implications for pest management. *Environmental and Experimental Biology*, 11, 179–184.
68. Chouakri, D. (2023). Évaluation du risque d'exposition aux pesticides des utilisateurs de la région de Biskra [Mémoire de Master, Université de Biskra].
69. Chériti, A., Rouissat, A., Sekkoum, K., Balansard, G. (1995) Plants of the traditional pharmacopoeia in the region of El Bayadh (Algeria): *Fitoterapia*, 66(6):525-538.
70. Cox, PA., Balick, MJ (1994). The ethnobotanical approach to drug discovery. *Scientific American* 270, 60–65.
71. Delille, D. (2007). Les plantes médicinales : secrets et vertus des plantes de santé. Paris: Éditions De Vecchi.
72. Demnati, F., Zoubir, B., Allache, F., & Ernoul, L. (2020). Ecosystem services in salt lakes: An ethnobotanic case study of halophytes from Algeria / Services écosystémiques des lacs salés: étude de cas ethnobotanique des plantes halophytes d'Algérie. *Ecologia Mediterranea*, 46, 35–45. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2020.2107>
73. Desneux, N., Biondi, A., Urbaneja, A. (2021). Integrated pest management strategies for *Tuta absoluta*: achievements and future prospects. *Crop Protection*, 147, 105661.
74. Desneux, N., Luna, M. G., Guillemaud, T., Urbaneja, A. (2010). The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. *Journal of Pest Science*, 83(1), 1–13.
75. Devoyer, D. (2012). Initiation à la phytothérapie : principes et applications pratiques. Paris: Éditions Médicis.
76. Di Pietro, L. (2024). Exploring the role of halophytes in sustainable agriculture and climate resilience. *Organic Chemistry: Current Research*, 13(2), 407.

77. Direction de la Planification et du Suivi Budgétaire (DPSB-Biskra). (2019). Monographie de la wilaya de Biskra. Biskra : Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire, 208 p.
78. Divekar, P.A., Rajpathak, S., & Pawar, P. (2022). Plant secondary metabolites as defense tools against herbivory. *Pharmaceuticals*, 15(3), 312. <https://doi.org/10.3390/ph15030312>
79. Djerbi, A., Saidi, M., Benkhelifa, N. (2024). Approche combinée de lutte biologique et chimique contre *Tuta absoluta* dans les exploitations maraîchères algériennes. *Bulletin de l'Agence Nationale de la Protection des Végétaux*, 17(1), 35-45.
80. Dorais, M., Ehret, D. L., Papadopoulos, A. P. (2008). Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews*, 7(2), 231–250.
81. Doumandji-Mitiche, B., Ghezali, R., Doumandji, S. (2010). Premières observations de la mineuse sud-américaine de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick), en Algérie. *Entomologie Algérienne*, 25, 7–10.
82. Edeib, S. M. (2016). Phytochemical screening and biological activities of some halophyte plants from Libya. Doctoral dissertation, University of Tripoli, Libya.
83. El Bouzidi, S., Smaili, K., Hocine, A. (2021). Impact of drying and extraction methods on the bioactive compounds of medicinal halophytes. *Industrial Crops and Products*, 170, 113753.
84. El Hilaly, J., Chentouf, M., Hamdani, S., El Bouhssini, M. (2018). Toxicological and insecticidal evaluation of *Peganum harmala* alkaloids. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15), 14867–14875.
85. El Ouardi, M., Bekkari, H., Bouslamti, R., Cherroud, S. (2024). Chemical composition, antibacterial, and antioxidant properties of *Artemisia* species essential oils: In vitro and in silico evaluation. *Frontiers in Chemistry*, 12, 1505774. <https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1505774>
86. El-Amier, Y.A., El-Azouni, I.M., Al-Aklabi, A., Al-Khalifa, K.S., Sallam, H.A.M. (2021). Proximate composition, bioactive compounds, and antioxidant activity of five wild dominant halophytes naturally growing along the Nile Delta coast. *Molecules*, 26(23), 7280. <https://doi.org/10.3390/molecules26237280>
87. El-Kamali, H. H., & El-Amir, M. Y. (2010). Antibacterial and phytochemical screening of ethanolic extracts from selected Sudanese medicinal plants. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 436–439.
88. El-Wakeil, N. E., Gaafar, N., Sallam, A., Volkmar, C. (2013). Side effects of plant extracts on natural enemies and non-target organisms. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 23(2), 387–394.

89. Elhilah, F., Ben Akka, F., Dahmani, D., Belahbib, N., Zidane, L. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants used in the treatment of respiratory system infections in the Moroccan central plateau: *J. Anim. Plant Sci.*, 25: 3886-3897.
90. Emonet, A., Pesquet, E., Behr, M. (2022). Development and diversity of lignin patterns. *Current Opinion in Plant Biology*, 70, 102309. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2022.102309>
91. Fakchich, J., & Elachouri, M. (2023). Ethnobotanical methods used for the study of medicinal plants: Approaches for collecting ethnobotanical data (Part I). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 14(10), 1253-1265.
92. Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Legault, J., Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of Tunisian *Cynara cardunculus* L. organs, quantified by HPLC and their antioxidant and antimicrobial activities. *Journal of Functional Foods*, 1(4), 395–404.
93. Farzana, T., Guo, Q., Rahman, M.S., Rose, T.J., Barkla, B.J. (2023). Salinity and nitrogen source affect productivity and nutritional value of edible halophytes. *PLOS ONE*, 18(6), e0288547. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288547>
94. Ferracini, C., Serrao, V. H. M., Biondi, A. (2019). Enhancing the management of *Tuta absoluta* through integrated pest management strategies and natural enemy conservation. *Journal of Pest Science*, 92, 1233–1245.
95. Fiaboe, K. R., Agboka, K., Agboyi, L. K., Koffi, D., Ofoe, R., Kpadonou, G. E., Fening, O. K. (2021). First report and distribution of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Togo. *Phytoparasitica*, 49(2), 167–177.
96. Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2015). Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Annals of Botany*, 115(3), 327–331.
97. Ford, R. I. (1978). The nature and status of ethnobotany. University of Michigan, Museum of Anthropology, Anthropological Papers No. 67.
98. Fraval, A. (2009). *Tuta absoluta*, la mineuse de la tomate, un ravageur redoutable. Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (IAMM), Note de synthèse phytosanitaire.
99. Ghanem, A.E.M.F.M., Mohamed, E., Kasem, A.M.M., El-Ghamery, A., Osman, G.H., Nasrallah, A.K. (2021). Differential salt tolerance strategies in three halophytes from the same ecological habitat: Augmentation of antioxidant enzymes and compounds. *Plants*, 10(6), 1100. <https://doi.org/10.3390/plants10061100>
100. Gheraissa, N., Chemsas, A.E., Cherrada, N. (2023). Biochemical profile and in vitro therapeutic properties of two euhalophytes, *Halocnemum strobilaceum* Pall. and *Suaeda fruticosa* (L.) Forsk., grown in the sabkha ecosystem in the Algerian Sahara. *Plants*, 12(8), 1684. <https://doi.org/10.3390/plants12081684>

101. Ghoneim, K., Abdel-Ghaffar, F., Al-Dhafer, H. (2019). Plant-derived insecticides against eggs of lepidopteran pests: A review. *International Journal of Zoological Research*, 15(2), 37–56.
102. Ghulam, M.S., Shad, N., Sajid, M., Asma, Naeem, A., Khan, F. U., Jabeen, N., Urooj, M., Muhammad, S., Hasnain, M. (2021) Herbal remedies used for the management of urolithiasis in Abbottabad, Northern Pakistan: *Plant Sci. Today*, 8(4):836-47. <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.4.1244>.
103. Ghulam, Y., Mushtaq, A., Muhammad, Z., Shazia, S., Sadaf, K., Adolfo, A. C., Shabnum, S. (2015) Traditional management of diabetes in Pakistan: Ethnobotanical investigation from Traditional Health Practitioners: *J. Ethnopharmacol.*, 174 :91-117. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.07.041>.
104. Giday, M., Asfaw, Z., Woldu, Z. (2009). Medicinal plants of the Meinit ethnic group of Ethiopia: an ethnobotanical study: *J. Ethnopharmacol.*, 124: 513-521. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.05.009>.
105. Giordano, R., Saii, Z., Fredsgaard, M., Hulkko, L.S.S., Poulsen, T.B.G., Thomsen, M.E., Henneberg, N., Zucolotto, S.M., Papenbrock, J. (2021). Pharmacological insights into halophyte bioactive extracts for wound healing. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 696783. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.696783>
106. Gomez-Beloz, A. (2002). Plant use knowledge of the Winikina Warao: The case for questionnaires in ethnobotany. *Economic Botany*, 56, 231–241.
107. Guedes, R. N. C., & Picanço, M. C. (2012). The tomato borer *Tuta absoluta*: Insecticide resistance and control failure. *Acta Entomologica Sinica*, 55(1), 1–9.
108. Guehiliz, N. (2016). Contribution à l'étude des plantes spontanées dans l'oued de Biskra (Mémoire de Magister). Université Mohamed Khider
109. Guenaoui, Y., Cherif, A., Doumandji-Mitiche, B. (2020). Situation actuelle de *Tuta absoluta* en Algérie et évaluation de quelques biopesticides. *Revue Africaine d'Agronomie*, 12(3), 44–52.
110. Gurib Fakim, A. (2006) Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Mol. Aspects Med.*, 27 (1): 1- 93.
111. Haddad, A., Benkhelifa, N., Bensaid, S. (2024). Étude phénologique et dynamique des populations de *Tuta absoluta* dans l'oasis d'El-Oued, Algérie. *Journal Saharien de Botanique et Agriculture*, 18(1), 56-65.
112. Hadjadj S, Bayoussef Z, Ould El Hadj K A, Beggat H, Bouhafs Z, Boukaka Y, Khaldi I, Mimouni S, Sayah F, Tey M (2015). Ethnobotanical study and phytochemical screening of six medicinal plants used in traditional medicine in the Northeastern Sahara of Algeria (area of Ouargla): *J. Med. Plants Res*, 8(41): 1049-1059.

113. Haouam, S., & Traia, A. (2021). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Biskra (Algérie). *Revue des Sciences de l'Environnement*, 5(2), 45–56.
114. Harbi, A., Bensalem, L., Mekhlouf, A., Guedes, R. N. C. (2022). Advances in integrated pest management of *Tuta absoluta* in the Mediterranean region. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32, 37–48. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00567-4>
115. Harbi, H., Benkhelifa, N., and Haddad, A. (2022). Efficacité de la lutte intégrée pour la gestion de *Tuta absoluta* dans les serres maraîchères algériennes. *Journal Algérien de Protection des Plantes*, 9(2), 45-54
116. Haroun, H & Ouahab, S. (2015). « Enquête sur l'utilisation des pesticides en agriculture intensive dans la région de Skikda ». [Mémoire de Master, Université de Guelma].
117. Heinrich M, Ankli A, Frei B, Weimann C, Sticher O (1998) Medicinal plants in Mexico: healers' consensus and cultural importance: *Soc. sci. med.*, 47(11): 1859- 1871.
118. Heinrich, M., Appendino, G., Efferth, T., Fürst, R., Izzo, A. A., Kayser, O., Weckerle, C. (2020). Best Practice in Research — Overcoming Common Challenges in Phytopharmacological Research. *Journal of Ethnopharmacology*, 246, 112230.
119. Hosseini, M., Matamoros, V., Bagstad, K.A., Gamon, J.A. (2023). The chemical space of terpenes: Insights from data mining and machine learning classification. *Chemical Reviews*, 123(2), 1018–1055. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00594>
120. Humaira, K., Muhammad, I., Khizar, H.B., Iqbal, H., Muhammad, A., Mehwish, M., Tanveer, H., Waheeda, M., Sumaira, T., Rohina, B., Mahnoor, M., Shams, A.H., Samy, S. (2022). Ethnobotanical and conservation studies of tree flora of Shiwalik mountainous range of District Bhimber Azad Jammu and Kashmir, Pakistan., *PloS One*:17(2): e0262338 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262338>.
121. Härtl, K., Hoffmann, T., Hoffmann, M., Erkenbrecher, A., Khaitova, B., Riesgo-Escovar, J., Misawa, N., Schwab, W. (2010). Compartmentation of phenylpropanoid metabolism in plant vacuoles. *Plant Cell*, 19(11), 3490–3501.
122. Iserin, P. (2001). *Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins*. Paris: Larousse.
123. Ismail, S. M., El-Sayed, Y. A., Mohamed, M. M. (2019). Behavioral and physiological responses of *Tuta absoluta* to plant secondary metabolites. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 1–10.
124. Isman, M. B. (2017). Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops and Products*, 110, 10-14.

125. Isman, M. B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century—Fulfilling their promise. *Annual Review of Entomology*, 65, 233–249.
126. Isman, M. B., & Grieneisen, M. L. (2014). Botanical insecticide research: Many publications, limited useful data. *Trends in Plant Science*, 19(9), 140–145.
127. Jiang, N., Chen, L., Li, J., Li, W., Jiang, S. (2023). Lethal and Sublethal Toxicity of Beta-Carboline Alkaloids from *Peganum harmala* (L.) against *Aedes albopictus* Larvae (Diptera: Culicidae). *Toxics*, 11(4), 341. <https://doi.org/10.3390/toxics11040341>
128. Jones, S. (1941). The concept of interrelation in ethnobotany. *Ethnobiological Review*, 5(2), 87–95.
129. Kadhim, K., Al-Khafaji, S., & Al-Janabi, W. (2021). Cucurbitacins as natural insecticides : Mode of action and applications. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178, 104924.
130. Kadri, Y., Moussaoui, A., Benmebarek, A. (2018) Étude ethnobotanique de quelques plantes médicinales dans une région hyper aride du Sud-ouest Algérien. « Cas du Touat dans la wilaya d’Adrar » : *J. Ani. Plant. Sci.*, 2: 5844-5857.
131. Kandil, M. A., Abdel-Rahman, H. A., Sammour, E. A. (2020). Effects of plant extracts on the oviposition behavior of *Tuta absoluta*. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 157.
132. Kayani, S., Mushtaq, A., Shazia, S., Zabta Khan, S., Zafara, M., Ghulam, Y., Manzoor, H., Tahira, B. (2015). Ethnobotany of medicinal plants among the communities of Alpine and Sub-alpine regions of Pakistan: *J. Ethnopharmacol.*, 164:186-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2015.02.004>.
133. Khalaf, A. A., Al-Azzawi, M. M., El-Hosary, R. A. (2021). Insecticidal potential of *Citrullus colocynthis* extracts against stored grain pests. *Journal of Applied Entomology*, 145(7), 643–651.
134. Khani, A., & Asghari, J. (2012). Insecticidal activity of essential oils against *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. *Journal of Pest Science*, 85(3), 283–292.
135. Khelifa, R., Bensaid, S., Mahdjoub, F. (2022). Effets des rotations culturales sur la population de *Tuta absoluta* sous serre en Algérie. *Revue Maghrébine de Phytoprotection*, 14(2), 77-86.
136. Khitri, W., Lachgueur, N., Tasfaout, A., Lardjam, A., Khalfa, A. (2016). Plantes antilithiasiques utilisées en médecine traditionnelle dans la ville d’Oran, Algérie : enquête ethnobotanique et screening phytochimique. *Revue d’ethnoécologie*, 9, Article 9.
137. Kord K, Abedi F, Kazemeini H, Shahsavari, S, Solati K (2019) Ethnobotanical and ethnoecological study of the most important edible, medicinal and industrial species in the grasslands of Khalil Abad region, Zarrin Dasht, Fars

- province, Iran: *Plant Sci. Today.*, 6(2):275-80. <https://doi.org/10.14719/pst.2019.6.2.551>.
138. Kruk, J., Doskocz, M., Danikiewicz, W., Abramowicz, D. (2022). Antioxidative properties of phenolic compounds and their radical reactions: A computational approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9368. <https://doi.org/10.3390/ijms23169368>
 139. Ksouri R, Megdiche W, Falleh H, Trabelsi N, Boulaaba M, Smaoui A, Abdelly C (2008) Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes: *Comptes Rendus Biol.*, 331 (11): 865- 873.
 140. Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., Abdelly, C. (2012). Medicinal halophytes: Potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 32(4), 289–326. <https://doi.org/10.3109/07388551.2011.630647>
 141. Künkele, U., & Lobmeyer, M. (2007). *Plantes médicinales : guide des plantes de santé et de beauté*. Paris: Éditions Artemis.
 142. 150. Lahsissene, H., & Kahouadji, A. (2010) Traditional therapeutic uses of medicinal plants in Western Morocco: case of the Zaër region: *Phytotherapie*, 8(4):210-217.
 143. Laifaoui, N. (2019). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des affections courantes dans la région de Tizi Ouzou (Algérie) [Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou].
 144. Lazli, A., Benmehidi, I., Zeraib, A. (2019). Étude ethnobotanique et phytochimique de quelques plantes médicinales utilisées dans la région de Mila (Algérie) [Mémoire de Master, Université Abdelhamid Mehri – Constantine 2].
 145. Le Houérou, H. N. (2000). Ecological management of arid and semi-arid rangelands in Africa. *FAO Environmental Report*, 45, 1–68.
 146. Li, F., Xie, W., Ding, X. et al. Phytochemical and pharmacological properties of the genus *Tamarix*: a comprehensive review. *Arch. Pharm. Res.* 47, 410–441 (2024). <https://doi.org/10.1007/s12272-024-01498-x>
 147. Liu, S., Wang, Z., Xiao, B., Cao, X., Zhang, Q., Xu, Y., Han, Z. (2023). Comparison of the effects between tannins extracted from different plant sources. *Antioxidants*, 12(2), 441. <https://doi.org/10.3390/antiox12020441>
 148. Logan, M. H. (1986) Informant consensus: A New Approach for Identifying Potentially Effective Medicinal Plants. Ed. Bedfore Hills, New York, pp. 91-112.
 149. Lozada, M, Ladio A, Weigandt M (2006) Cultural transmission of ethnobotanical knowledge in arural community of northwestern Patagonia, Argentina: *Eco. Bot.*, 60 (4) : 374-385. <http://dx.doi.org/10.1663/0013-0001>.

150. Létard JC, Canard JM, Costil V, Dalbiès P, Grunberg B, Lapuelle J. (2015). Phytothérapie - Principes généraux. *Hegel*. 5(1) : 29-35.
151. Mahizan, N.A., Elvy Suhana, T.M., Rahim, M.Z.A., Adeyi, A.O., Taha, A.H., Sulaiman, A.S., Zakaria, Z.A., Lee, S.H. (2019). Terpene derivatives as a potential agent against antimicrobial resistance: A review. *Molecules*, 24(14), 2631. <https://doi.org/10.3390/molecules24142631>
152. Mahlangu, L., Sibisi, P., Nofemela, R. S., Ngmenzuma, T., Ntushelo, K. (2022). The Differential Effects of *Tuta absoluta* Infestations on the Physiological Processes and Growth of Tomato, Potato, and Eggplant. *Insects*, 13(8), 754. <https://doi.org/10.3390/insects13080754>
153. Mahmoud, F. M., Hafez, M., El-Shazly, M. (2021). Repellent and anti-oviposition effects of some botanical extracts against tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Pest Management*, 67(4), 321–330.
154. Mangrio, W. M., Jatoi, F. A., Sahito, H. A., Sahito, F. I., Mal, B., Qureshi, N. (2024). Efficacy of botanical insecticides against *Batrachedra amydraula* on *Phoenix dactylifera* at field conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 37(1), 79–87.
155. Marcano, R. (2008). Biología y comportamiento de *Tuta absoluta* en condiciones de laboratorio. *Revista Agrícola de Venezuela*, 32(2): 45–53.
156. Martins-Noguerol, R., Tavira, G., López, A., Garrido, B., Tárrega, A. (2023). Soil physicochemical properties associated with the yield, nutritional value and antioxidant capacity of *Crithmum maritimum* L. on marginal Mediterranean habitats. *Science of the Total Environment*, 863, 160746. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160746>
157. Marzouk, B., Hamdani, S., Chentouf, M., El Bouhssini, M. (2019). Bioactivity and phytochemistry of *Citrullus colocynthis* fruit extracts. *Industrial Crops and Products*, 137, 418–427.
158. Mechaala S, Bouatrous Y, Adouane S (2021) Traditional knowledge and diversity of wild medicinal plants in El Kantara's area (Algerian Sahara gate): An ethnobotany survey. *Acta Ecol. Sin.*, 42(1). <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2021.01.007>.
159. Meyer, J. (2003). Principles of plant pest management. New York, NY: Springer.
160. Miara, M.D., Hammou, M.A. Aoul, S.H. Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie* 11, 206–218 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10298-013-0789-3>
161. Michel, J. (2010). Mesures prophylactiques et lutte intégrée contre *Tuta absoluta*. *Protection des Cultures Tropicales*, 19(1), 55–61.

162. Mohamed, S. A., Ekesi, S., & Tonnang, H. E. Z. (2022). Temperature-dependent development and life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): Implications for pest management under climate change. *Journal of Thermal Biology*, 104, 103157.
163. Mohamed, S., Khelfaoui, M., Bensalem, S. (2015). Importance de *Tuta absoluta* dans la culture de la tomate en wilaya de Chlef : évaluation préliminaire des pertes. *Bulletin de la Recherche Agricole en Algérie*, 8(3), 103-109.
164. Mohammad, M.Y., Haniffa, H.M., Shakya, A.K., Naik, R.R., Sivarajan, T. (2024). Evaluation of five medicinal plants for the management of *Sitophilus oryzae* infestations in stored rice grains. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1385029. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1385029>
165. Mohammed, H.A., Alshalmani, S.K., Abdellatif, A.G. (2013). Antioxidant and quantitative estimation of phenolic and flavonoids of three halophytic plants growing in Libya. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(3), 89–94.
166. Mohammed, H.A., Machado, A., Araújo, N., Perrone, D., El-Husseini, M. (2023). Salt-tolerant plants, halophytes, as renewable natural resources for production of bioactive compounds for pharmaceutical and nutraceutical applications. *Molecules*, 28(5), 2159. <https://doi.org/10.3390/molecules28052159>
167. Mohammed, H.A., Machado, A., Araújo, N., Perrone, D., Vasconcelos, M.W. (2024). Halophytes: nutrients, bioactive compounds, chemical composition and biological activities. *Brazilian Journal of Botany*, 47, 123–145. <https://doi.org/10.1007/s40415-023-01003-w>
168. Mohammed, H.A., Yousefian, S., Hameed, J.R., Saleh, H.M., Taher, H.A. (2025). Aromatic volatile compounds of essential oils: Distribution, biosynthesis pathways and ecological significance. *Phytochemistry*, 217, 113886. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2024.113886>
169. Mojarab-Mahboubkar, M., Aramideh, S., Mojerlou, S., Khoobdel, M. (2023). Efficiency of *Artemisia annua* L. essential oil and its encapsulated form against rice weevil *Sitophilus oryzae*. *Scientific Reports*, 13, 14390.
170. Monnier, D. (2002). *Pharmacognosie : des plantes médicinales aux médicaments*. Paris : Éditions Tec & Doc – Lavoisier
171. Mouhouche, B., & Ziri, R. (2011). *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), nouveau ravageur de la tomate en Algérie : premiers constats et stratégies de lutte. *Revue des Bioressources*, 1(2), 45–52.
172. Mujeeb, A., Akhter, N., Zia, A., Ahmad, P., Imran, M. (2023). Phytoremediation of potentially toxic elements from contaminated coastal soils. *Plants*, 12(3), 680. <https://doi.org/10.3390/plants12030680>
173. Murdock, G. P. (1950). The classification of ethnoscience and the place of ethnobotany within it. *American Anthropologist*, 52(4), 475–488.

174. Murtaza, G., Sajid, M., Asghar, M. A., Siddiqi, A. R. (2017). Evaluation of the insecticidal potential of cucurbitacins isolated from *Citrullus colocynthis* against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(3), 775–781.
175. Mushtaq A, Zafara M, Nuzba S, Ghula, Y, Murphey T, Shazia S (2018). Ethnobotanical importance of medicinal plants traded in Herbal markets of Rawalpindi- Pakistan: *J. Herb. Med.*, 11:78-89. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2017.10.001>.
176. Naboulsi, I., El Fakhour, K., Lamzira, R., Ramdani, C., Bitchagno, G. T. M., Boulamtat, R., Bakrim, W. B., Mahdi, I., Aboulmouhajir, A., Yasri, A., El Bouhssini, M., Ward, J. L., Sobeh, M. (2022). Insecticidal Activities of *Atriplex halimus* L., *Salvia rosmarinus* Spenn. and *Cuminum cyminum* L. against *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) under Laboratory and Greenhouse Conditions. *Insects*, 13(10), 930.
177. Nacer, S., Belarouci, M., Belarouci, M.H. (2025). Pesticide use in saharan agriculture: evaluation of insecticide treatments against *Tuta absoluta* (meyrick, 1917) in greenhouse tomato production in the Ziban region, southern Algeria. *African Journal of Biological Sciences*. 7. 1310-1322. [10.48047/AFJBS.7.4.2025.1310-1322](https://doi.org/10.48047/AFJBS.7.4.2025.1310-1322).
178. Negrelle, R., Tomazzoni, M., Ceccon, M., Valente, T. (2007) Estudo etnobotânico junto à Unidade Saúde da Família Nossa Senhora dos Navegantes: subsídios para o estabelecimento de programa de fitoterápicos na Rede Básica de Saúde do Município de Cascavel (Paraná): *Rev. Bras. de Plantas.*, 9: 6-22.
179. Nofal, M. A., Shaurub, E. H., El-Gendy, M. A. (2022). Anti-oviposition and repellent effects of plant extracts against *Tuta absoluta*. *Journal of Applied Entomology*, 146(3), 278–288.
180. Nogaret-Ehrhart, A.-S. (2003). *Les plantes qui guérissent : guide pratique de phytothérapie familiale*. Paris: Éditions Dangles.
181. Noman, A. (2003). Influence of different doses of nitrogen fertilizer on ajwain. M.Sc. Dissertation. Univ. of Agric. Faisalabad. Pakistan.Pp-1.
182. Nounah, I., Hajib, A., Oubihi, A., Harhar, H., Gharby, S., Kartah, B. E., Charrouf, Z., Bougrin, K. (2019). Phytochemical screening and biological activity of leaves and stems extract of *Hammada scoparia*. *Moroccan Journal of Chemistry*, 7(1), 1-9.
183. Oliveira, H., Perez-Gálvez, A., Roca, M. (2020). Exploring the applications of the photoprotective properties of anthocyanins. *Molecules*, 25(20), 4687. <https://doi.org/10.3390/molecules25204687>
184. Omezzine, F., Haouala, R., Ksouri, R. (2011). Allelopathic and insecticidal activities of *Hammada scoparia* extracts. *African Journal of Biotechnology*, 10(56), 12090–12098.

185. Omoregie, E. S., Pal, A., Osagie, A. U. (2015). A review of the historical development of traditional and modern medicine. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(5), 1–8.
186. Ould El Hadj, M. D., Boudjema, F., Boudjema, M. (2013). Activité insecticide des extraits d'*Atriplex halimus* sur les pucerons et charançons des cultures maraîchères. *African Journal of Agricultural Research*, 8(45), 5650–5656.
187. Ould elhadj, M., Hadj Mahammed, M., Zabeirou, H. (2003) Place of the spontaneous plants' samples in the traditional pharmacopoeia of the area of Ouargla (Septentrional east Sahara): *Courier de Savoir*; 3: 47-51.
188. Ozenda, P. (1991). *Flore et vegetation du sahara*. C.N.R.S. 3rd Edition, T.III, Paris, pp. 660.
189. Pandey, M., Bhattarai, N., Pandey, P., Chaudhary, P., Katuwal, D. R., Khanal, D. (2023). A review on biology and possible management strategies of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick), Lepidoptera: Gelechiidae in Nepal. *Heliyon*, 9(6), e16474. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16474>
190. Pandey, R., Singh, A., Shashank, P. R. (2023). Effect of temperature on the biology and population dynamics of *Tuta absoluta* (Meyrick) on tomato under controlled conditions. *Phytoparasitica*, 51(3), 421–432
191. Park, B., Lee, S., Choi, W., Jeong, C., Song, C., & Cho, K. (2002). Insecticidal and acaricidal activity of piperonaline and piperoctadecalidine derived from dried fruits of *Piper longum* L. *Crop Protection*, 21, 249–251.
192. Pavela, R. (2015). Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. *Industrial Crops and Products*, 76, 174–187.
193. Pavela, R., & Benelli, G. (2016). Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in Plant Science*, 21(12), 1000–1007.
194. Payyappallimana U. (2010). Role of Traditional Medicine in Primary Health Care: An Overview of Perspectives and Challenges. *Yokohama Journal of Social Sciences*. January. 14(6): 57-77.
195. Petropoulos, S., Karkanis, A., Martins, N., Ferreira, I. C. (2018) Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products: *Trends Food Sci. Technol.*, 74, 69–84.
196. Prescrire. (2007). La phytothérapie : principes, risques et précautions d'emploi. *Revue Prescrire*, 27(284), 38–42.
197. Pungin, A., Borodina-Grab, Y., Golovko, T., Gruzdeviene, D., Tarakanovas, P., Brazaityte, A. (2022). The content of certain groups of phenolic compounds and antioxidant, antimicrobial, and fungicidal activity of *Spergularia marina* and *Glaux maritima* extracts. *Plants*, 11(13), 1728. <https://doi.org/10.3390/plants11131728>

198. Pungin, A., Borodina-Grab, Y., Golovko, T., Gruzdeviene, D., Tarakanovas, P., Brazaityte, A. (2023). Effect of salinity stress on phenolic compounds and antioxidant activity of *Spergularia marina* and *Glaux maritima* cultivated in vitro. *Plants*, 12(9), 1880. <https://doi.org/10.3390/plants12091880>
199. Rahmoun, N., Chentouf, M., Hamdani, S., El Bouhssini, M. (2022). Evaluation of insecticidal properties of *Hammada scoparia* extracts against tomato pests. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 8(1), 87–98.
200. Rajkumar, S., & Jebanesan, A. (2009). Repellent activity of selected plant essential oils against the malarial vector *Anopheles stephensi*. *Tropical Biomedicine*, 26(2), 143–146.
201. Ravi, B.N., Patil, P.P., Desai, S.B. (2025). Comparative study of selected newer insecticides and biopesticides against invasive tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) under open field conditions. *International Journal of Agriculture and Food Science*, 7(2), 106–115.
202. Regnault-Roger, C., Philogène, B. J. R., Vincent, C. (2012). *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier, Paris.
203. Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57, 405–424.
204. Roditakis, E., Vasakis, E., Grispou, M., Stavrakaki, M., Nauen, R., Gravouil, M., Bassi, A. (2015). First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. *Journal of Pest Science*, 88(1), 9-16.
205. Sadoudi, R., & Latreche, A. (2017). Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Tlemcen (Algérie). *Revue Agrobiologia*, 7(1), 188–198.
206. Sarri, M., Djamel Sarri, D., Hendel, N., Boudjelal, A. (2012). Ethnobotanical study of therapeutic plants used to treat arterial hypertension in the Hodna region of Algeria. *Global Journal of Research on Medicinal Plants & Indigenous Medicine*, 1(9), 411-417
207. Schneider-Orelli, O. (1947). *Entomologisches Praktikum: Einführung in die land- und forstwirtschaftliche Insektenkunde*. Aarau: H. R. Sauerländer.
208. Sebai, H., & Boudali, L. (2012). Phytothérapie : de la tradition à la science. *Revue des Sciences et Technologies*, 2(1), 45–56.
209. Seddik, S., Bouslama, N., Messaoud, C. (2018). Bioactivity of *Tamarix gallica* extracts against insect pests. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 13(1), 27–35.
210. Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G.C., Demirel, G., Yilmaz, N., Sinan, K.I., Zangeneh, M.M., Sarkar, S., Daşkiran, M., Sharifi-Rad, M. (2017). Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. *Molecules*, 22(1), 70.

211. Sharma, P., Tyagi, A., Bhansali, P., Pareek, S., Singh, V., Ilyas, A., Mishra, R., Poddar, N.K. (2021). Saponins: Extraction, bio-medicinal properties and way forward to anti-viral representatives. *Food and Chemical Toxicology*, 150, 112075. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112075>
212. Schrauf, R. W., & Sanchez, J. (2008). Using freelisting to identify, assess, and characterize age differences in shared cultural domains. *Psychological Sciences and Social Sciences*, 63, 385–393.
213. Shonouda, M., Osman, S., Salama, O., Ayoub, A. (2008). Toxic effect of *Peganum harmala* L. leaves on the cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* Boisid and its parasitoids *Microplitis rufiventris* Kok. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(3), 546–552. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.546.552>
- 214.
215. Slama, I., Abdelly, C., Bouchereau, A., Flowers, T., Savouré, A. (2015). Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. *Annals of Botany*, 115(3), 433–447. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu215>
216. Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E., Trombetta, D. (2017). Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: Occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British Journal of Pharmacology*, 174(11), 1244–1262. <https://doi.org/10.1111/bph.13630>
217. Srithi, K., Balslev, H., Wangpaka, P., Srisanga, P., Trisonthi, C. (2009) Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northern Thailand: *J. Ethnopharmacol.*, 123(2): 335342.
218. Stanković, M., Čalić, D., Matić, R., Stefanović, S., & Tešević, V. (2023). Coastal halophytes: Potent source of bioactive molecules with antioxidant and antimicrobial activity. *Plants*, 12(9), 1884. <https://doi.org/10.3390/plants12091884>
219. Sundara Rajoo, K., Lepun, P., Alan, R., Singh Karam, D., Abdu, A., Rosli, Z., Izani, N., James Gerus, G. (2023) Ethnobotanical study of medicinal plants used by the Kenyah community of Borneo: *J. Ethnopharmacol.*, 301(2):115780.
220. Tabuti, J. R. S. (2003). Traditional medicine in Bulamogi County, Uganda: Its practitioners, users and viability. *Journal of Ethnopharmacology*, 85(1), 119–129.
221. Tardío, J., & Pardo-de-Santayana, M. (2008) Cultural importance indices: a comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Econ Bot* 62(1): 24–39.
222. Tarusikirwa, V. L., Mohamed, S. A., Subramanian, S., Ekesi, S. (2020). Biology and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): A review. *African Entomology*, 28(1), 1–22.

223. Tatli Cankaya, I.I., & Somuncuoglu, E.I. (2021). Potential and prophylactic use of plants containing saponin-type compounds as antibiofilm agents against respiratory tract infections. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 4641394. <https://doi.org/10.1155/2021/4641394>
224. Telli A, Esnault M, Ould El Hadj K A (2016). An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province): *J. Arid Environ.*, 127: 82-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.11.005>.
225. Tolbi, R. (2020). Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Ain Beida la Wilaya d'Oum El Bouaghi. Master thesis from Ecole Nationale Supérieure Agronomique Algeria.
226. Tuttempo. (2019). Données climatiques mensuelles de Biskra (Algérie), 2009–2018.
227. Urbaneja, A., González-Cabrera, J., Arnó, J., Gabarra, R. (2012) Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Manag Sci.* 2012 Sep ;68(9) :1215-22. doi: 10.1002/ps.3344.
228. Valanciene, E., Raudone, L., Gaiveliene, K., Vizbaraitė, D., Viskelis, P. (2020). Advances and prospects of phenolic acids production and applications. *Molecules*, 25(14), 3239. <https://doi.org/10.3390/molecules25143239>
229. Vitalini, S., Iriti, M., Puricelli, C., Ciuchi? D., Segale, A. (2013) Traditional knowledge on medicinal and food plants used in ValSan Giacomo (Sondrio, Italy)—An alpine ethnobotanical study: *J. Ethnopharmacol.*, 145: 517-29.
230. Vivekanandhan, P., Swathy, K., Sarayut, P., Patcharin, K. (2024). Biology, classification, and entomopathogen-based management and their mode of action on *Tuta absoluta* (Meyrick) in Asia. *Frontiers in microbiology*, 15, 1429690. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1429690>
231. Volney, H. (1941). Ethnobotany: A study of the relationship between primitive man and plants. *Journal of Botanical Sciences*, 12(3), 145–156.
232. Waheed, K., Nawaz, H., Hanif, M. A., Rehman, R. (2020). Tomato. In M. A. Hanif, H. Nawaz, K. M. Khan, & M. M. Byrne (Eds.), *Medicinal plants of South Asia* (pp. 631–644). Elsevier.
233. Wei, G., Xiaojiang, H., Zehuan, W., Jiayu, Z., Liejun, H., Shengj, P. (2020) Ethnobotanical study on medicinal plants from the Dragon Boat Festival herbal markets of Qianxinan, southwestern Guizhou, China: *Plant Divers.*, 42: 427-433. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pld.2020.12.010>.
234. Wichtl, M., & Anton, R. (2003). *Plantes thérapeutiques : tradition, science et thérapeutique*. Paris: Tec & Doc Éditions Médicales Internationales.
235. Zaid, R., Gauthier, N., Djazouli, Z.E. (2019). Resistance of *Tuta absoluta* to insecticides in Algeria: current status and management perspectives. *Journal of Economic Entomology*, 113(3), 1201–1210.

236. Ziani, B. E. C., Calhelha, R. C., Barreira, J. C. M., Barros, L., Hazzit, M., Ferreira, I. C. F. R. (2015). Bioactive properties of medicinal plants from the Algerian flora: Selecting the species with the highest potential in view of application purposes. *Industrial Crops and Products*, 77, 582–589.

Annexes

Utilisation des plantes halophytes dans la région de Biskra

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

Fiche No.....

- Date.....
- Commune

❖ Profil de personne enquêté

Age :.....
Sexe : M :..... F :.....

❖ Niveau d'instruction

Illettré.....	Primaire.....
Moyenne.....	Secondaire.....
Universitaire.....	Fonction de l'enquêté.....

❖ Identité de la plante

Nom français :	Nom populaire :
Nom botanique :	Appellation locale :

❖ Domaines d'utilisation

Médicinal
Quelles maladies soigne-t-elle ?

❖ Quelles parties récolter

Feuilles	Tiges
Racines	Fleurs
Fruits	Graines

❖ Mode de préparation : ☐ Infusion ☐ Décoction ☐ Cataplasme ☐ Poudre

☐ Huiles essentielles ☐ Pommade

Tableau 1 : test d'évaluation de mortalité des larves *T. absoluta* par l'extrait du *A. halimus*

Temps Doses	T	D1	D2	D3	D4	D5
24 h	4	26	30	36	42	50
48h	8	32	36	38	46	48
72h	8	36	30	24	12	2

Tableau 2 : test d'évaluation de mortalité des larves *T. absoluta* par l'extrait du *T. cornuta*

Temps Doses	T	D1	D2	D3	D4	D5
24 h	4	34	40	40	50	50
48h	8	38	42	42	36	44
72h	6	26	10	18	14	6

Tableau 3 : test d'évaluation de mortalité des larves *T. absoluta* par l'extrait du *H. scoparia*

Temps Doses	T	D1	D2	D3	D4	D5
24 h	4	24	32	40	44	54
48h	8	28	32	36	52	42
72h	6	24	32	22	4	4

Tableau 4 : test d'évaluation de mortalité des larves *T. absoluta* par l'extrait du *T. gallica*

Temps Doses	T	D1	D2	D3	D4	D5
24 h	4	20	24	26	36	38
48h	4	22	34	26	38	42
72h	2	38	36	38	24	20

Tableau 5 : test d'évaluation de mortalité de des larves *T. absoluta* par l'extrait du *C. colocynthus*

Temps Doses	T	D1	D2	D3	D4	D5
24 h	2	6	14	12	10	18
48h	2	4	6	2	20	10
72h	2	16	16	12	14	18

Tableau 6 : test d'évaluation de mortalité de des larves *T. absoluta* par l'extrait du *P. harmala*

Temps Doses	T	D1	D2	D3	D4	D5
24 h	2	38	38	44	44	58
48h	4	44	52	50	54	38
72h	2	12	10	6	2	4

Tableau 7 : Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta* par l'extrait du *A. halimus*

Dose	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	5 ^{ème} jour	6 ^{ème} jour	7 ^{ème} jour
T	0	0	0	22.66	34.78	58.66	100
D1	0	0	0	0	2.66	6.84	13.04
D2	0	0	0	0	1.33	4.05	11.6
D3	0	0	0	0	0	4	5.55
D4	0	0	0	0	0	1.33	2.7
D5	0	0	0	0	0	1.33	2.7

Tableau 8 : Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta* par l'extrait du *T. cornuta*

Dose	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	5 ^{ème} jour	6 ^{ème} jour	7 ^{ème} jour
T	0	0	0	30.66	32.69	54.28	100
D1	0	0	0	0	0	2.66	9.58
D2	0	0	0	0	0	01.33	6.75
D3	0	0	0	0	0	0	2.66
D4	0	0	0	0	0	0	1.33
D5	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 9 : Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta* par l'extrait du *H. scoparia*

Dose	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	5 ^{ème} jour	6 ^{ème} jour	7 ^{ème} jour
T	0	0	0	22.66	31.03	60	100
D1	0	0	0	0	0	6.66	14.28
D2	0	0	0	0	0	4	8.21
D3	0	0	0	0	0	1.33	4.05
D4	0	0	0	0	0	0	2.66
D5	0	0	0	0	0	0	1.33

Tableau 10 : Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta* par l'extrait du *T. gallica*

Dose	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	5 ^{ème} jour	6 ^{ème} jour	7 ^{ème} jour
T	0	0	0	33.33	40	70	100
D1	0	0	0	0	0	2.66	12.32
D2	0	0	0	0	0	1.33	6.75
D3	0	0	0	0	0	0	4
D4	0	0	0	0	0	0	2.66
D5	0	0	0	0	0	0	1.33

Tableau 11 : Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta* par l'extrait du *C. colocynthis*

Dose	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	5 ^{ème} jour	6 ^{ème} jour	7 ^{ème} jour
T	0	0	0	32	45.09	82.14	100
D1	0	0	0	0	0	0	2.66
D2	0	0	0	0	0	0	1.33
D3	0	0	0	0	0	0	0
D4	0	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 11 : Essais de traitement sur les œufs de *Tuta absoluta* par l'extrait du *P. harmala*

Dose	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	5 ^{ème} jour	6 ^{ème} jour	7 ^{ème} jour
T	0	0	0	26.66	34.54	63.88	100
D1	0	0	0	0	0	2.66	8.21
D2	0	0	0	0	0	1.33	6.75
D3	0	0	0	0	0	0	2.66
D4	0	0	0	0	0	0	1.33
D5	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 12 : Essai sur les femelles (répulsivité) par l'extrait du *A. halimus*

	R1	R2	R3	R4	R5	MOY
T	46	55	51	43	48	48.5
D1	22	25	19	29	26	24.5
D2	18	20	22	25	22	21.5
D3	18	22	21	20	16	19.4
D4	8	10	11	12	7	9.6
D5	2	4	6	4	6	4.4

Tableau 13 : Essai sur les femelles (répulsivité) par l'extrait du *T. cornuta*

	R1	R2	R3	R4	R5	MOY
T	46	55	51	43	48	48.5
D1	19	23	20	21	28	22.2
D2	15	14	18	20	21	17.6
D3	17	18	16	18	14	16.6
D4	8	11	7	9	10	9
D5	2	3	5	2	9	4

Tableau 14 : Essai sur les femelles (répulsivité) par l'extrait du *H. scoparia*

	R1	R2	R3	R4	R5	MOY
T	46	55	51	43	48	48.5
D1	26	25	26	30	28	27
D2	22	20	20	21	19	20.4
D3	11	14	12	16	11	12.8
D4	6	12	6	7	11	8.4
D5	2	5	6	2	0	3

Tableau 15 : Essai sur les femelles (répulsivité) par l'extrait du *T. gallica*

	R1	R2	R3	R4	R5	MOY
T	46	55	51	43	48	48.5
D1	30	35	33	30	29	31.4
D2	25	29	32	26	29	28.2
D3	36	30	25	22	21	26.8
D4	11	16	15	11	13	13.2
D5	6	8	10	9	11	8.8

Tableau 16 : Essai sur les femelles (répulsivité) par l'extrait du *C. colocynthis*

	R1	R2	R3	R4	R5	MOY
T	46	55	51	43	48	48.5
D1	35	30	33	29	27	30.8
D2	33	25	28	27	25	27.5
D3	31	21	25	21	19	23.4
D4	29	20	22	16	15	20.4
D5	28	16	15	12	10	16.2

Tableau 17 : Essai sur les femelles (répulsivité) par l'extrait du *P. harmala*

	R1	R2	R3	R4	R5	MOY
T	46	55	51	43	48	48.5
D1	17	15	18	19	16	17
D2	11	15	16	16	15	14.6
D3	10	12	11	12	9	10.8
D4	2	6	5	4	1	3.6
D5	1	5	3	3	0	2.4

Tableau 18 : Essai du traitement sur la mortalité des chrysalides par l'extrait du *A. halimus*

	R1	R2	R3	MOY
T	1	0	1	0.66
D1	16	16	15	15.66
D2	17	15	16	16
D3	16	18	19	17.66
D4	20	20	19	19.66
D5	20	20	20	20

Tableau 18 : Essai du traitement sur la mortalité des chrysalides par l'extrait du *T. cornuta*

	R1	R2	R3	MOY
T	0	1	2	1
D1	14	15	17	16
D2	16	16	18	16.66
D3	18	17	19	18
D4	20	18	19	19
D5	20	20	19	19.66

Tableau 18 : Essai du traitement sur la mortalité des chrysalides par l'extrait du *H. scoparia*

	R1	R2	R3	MOY
T	1	1	2	1.33
D1	15	14	15	14.66
D2	16	15	15	15.33
D3	17	16	17	16.66
D4	18	19	20	19
D5	20	18	20	19.33

Tableau 18 : Essai du traitement sur la mortalité des chrysalides par l'extrait du *T. gallica*

	R1	R2	R3	MOY
T	0	1	1	0.66
D1	15	16	14	15
D2	16	17	16	16.33
D3	18	19	18	18.33
D4	20	19	20	19.66
D5	20	20	20	20

Tableau 18 : du traitement sur la mortalité des chrysalides par l'extrait du *C. colocynthis*

	R1	R2	R3	MOY
T	1	1	3	1.66
D1	16	15	16	15.66
D2	16	17	18	17
D3	18	19	18	18.33
D4	19	20	20	19.66
D5	20	20	20	20

Tableau 18 : Essai du traitement Essai sur la mortalité des chrysalides par l'extrait du *P. harmala*

	R1	R2	R3	MOY
T	1	0	2	1
D1	17	18	18	17.66
D2	19	19	20	19.33
D3	20	19	20	19.66
D4	20	20	20	20
D5	20	20	20	20

Résumé

Résumé

Cette étude s'inscrit dans une double approche ethnobotanique et biologique visant à valoriser les plantes halophytes sahariennes de la région de Biskra (sud-est de l'Algérie), connues pour leurs usages traditionnels et leur potentiel bioactif.

Une enquête ethnobotanique, réalisée entre 2017 et 2019 auprès de 120 informateurs, a permis d'identifier 12 espèces halophytes appartenant à huit familles botaniques, dont les Amaranthaceae étaient les plus représentées. Les feuilles constituaient la partie la plus utilisée (PPV = 0,4), et la décoction était le mode de préparation le plus fréquent (33,39 %). Les valeurs d'ICF les plus élevées ont concerné les affections endocriniennes et digestives (ICF = 0,97). L'analyse statistique (ANOVA) a révélé des différences significatives dans les connaissances traditionnelles selon l'âge et le niveau d'éducation, soulignant la richesse et la diversité du savoir local.

Sur le plan biologique, les extraits de six plantes sélectionnées (*Peganum harmala*, *Hammada scoparia*, *Tetraena cornuta*, *Atriplex halimus*, *Tamarix gallica* et *Citrullus colocynthis*) ont été testés contre *Tuta absoluta*, un ravageur majeur de la tomate. Les résultats ont montré une activité insecticide, ovicide, chrysalicide et répulsive significative, variable selon les espèces, les doses et le temps d'exposition. *Peganum harmala* s'est distinguée par une mortalité larvaire de 100 % ($DL_{50} = 0,55$ mg/L), suivie de *Hammada scoparia* et *Tetraena cornuta*. L'ensemble des tests biologiques a mis en évidence l'efficacité de certains extraits végétaux locaux dans la réduction des populations de *Tuta absoluta*, confirmant leur potentiel pour une utilisation dans des programmes de lutte biologique intégrée.

Les résultats combinés confirment que la flore halophyte de Biskra constitue un patrimoine ethnobotanique et biologique à fort potentiel. Elle offre une source prometteuse de molécules naturelles à activité médicinale et insecticide, pouvant servir de base au développement de biopesticides écologiques et de nouveaux médicaments d'origine végétale. Cette recherche met en évidence l'importance de la préservation des savoirs traditionnels et la nécessité de poursuivre les investigations phytochimiques et pharmacologiques afin de valoriser durablement les ressources végétales locales.

Mots-clés : Algérie, biopesticides, Biskra, ethnobotanique, flore saharienne, médecine traditionnelle, plantes halophytes, *Tuta absoluta*.

Abstract

This study combines ethnobotanical and biological approaches to highlight and valorize the halophytic flora of the Biskra region in southeastern Algeria, recognized for its traditional uses and bioactive potential.

An ethnobotanical survey conducted between 2017 and 2019 among 120 informants identified 12 halophytic species belonging to eight botanical families, with the Amaranthaceae family being the most represented. Leaves were the most commonly used plant parts (PPV = 0.4), and decoction was the predominant method of preparation (33.39%). The highest Informant Consensus Factor (ICF) values were associated with endocrinological and digestive disorders (ICF = 0.97). Statistical analysis (ANOVA) revealed significant differences in traditional knowledge according to age and education level, highlighting the richness and diversity of local ethnobotanical heritage.

Biological assays were performed on extracts of six selected species (*Peganum harmala*, *Hammada scoparia*, *Tetraena cornuta*, *Atriplex halimus*, *Tamarix gallica*, and *Citrullus colocynthis*) against *Tuta absoluta*, a major tomato pest. The results demonstrated significant insecticidal, ovicidal, chrysalcidal, and repellent activities, varying according to species, dose, and exposure time. *Peganum harmala* showed the highest larvicidal efficacy (100% mortality, $DL_{50} = 0.55$ mg/L), followed by *Hammada scoparia* and *Tetraena cornuta*. Overall, the biological tests confirmed the efficiency of certain local plant extracts in reducing *Tuta absoluta* populations, supporting their potential use in integrated pest management programs.

The combined findings demonstrate that the halophytic flora of Biskra represents a valuable ethnobotanical and biological resource. It offers a promising source of natural compounds with medicinal and insecticidal activities, suitable for developing eco-friendly biopesticides and novel plant-based therapeutic agents. This research underlines the importance of preserving traditional knowledge and encourages further phytochemical and pharmacological studies to sustainably exploit Algeria's plant biodiversity.

Keywords: Algeria, biopesticides, Biskra, ethnobotany, halophytic plants, Saharan flora, traditional medicine, *Tuta absoluta*.

الملخص العام

تندرج هذه الدراسة في إطار مقارنة مزدوجة إثنوبوتانية وبيولوجية تهدف إلى تثمين النباتات الملحية الصحراوية في منطقة بسكرة (جنوب شرق الجزائر)، المعروفة باستعمالاتها التقليدية وخصائصها الحيوية النشطة

تم إجراء دراسة إثنوبوتانية بين سنتي 2017 و2019 شملت 120 من المخبرين المحليين، وأتاحت تحديد 12 نوعاً من النباتات الملحية موزعة على ثماني عائلات نباتية، وكانت عائلة القطيفيات (Amaranthaceae) الأكثر تمثيلاً. وُجد أن الأوراق هي الأجزاء الأكثر استخداماً (PPV = 0.4)، بينما كانت طريقة الغلي الأكثر شيوعاً في التحضير (33.39%). وسُجلت أعلى قيم لعامل الإجماع بين المخبرين (ICF = 0.97) في معالجة الأمراض الغدية والهضمية. أظهرت التحاليل الإحصائية (ANOVA) وجود فروق معنوية في المعارف التقليدية حسب العمر والمستوى التعليمي، مما يبرز غنى وتنوع التراث المعرفي المحلي.

من الناحية البيولوجية، تم اختبار مستخلصات ستة أنواع مختارة (*Hammada*، *Peganum harmala*، *Tamarix gallica*، *Atriplex halimus*، *Tetraena cornuta*، *scoparia*) ضد حشرة توتا أبسولوتا (*Tuta absoluta*)، وهي من أخطر الآفات التي تصيب محصول الطماطم. أظهرت النتائج نشاطاً قاتلاً لليرقات والبيض والعداري، وتأثيراً طارداً واضحاً، يختلف باختلاف النوع النباتي والتركيز والزمن. تميّز نبات الحرمل (*Peganum harmala*) بأعلى فعالية قاتلة لليرقات نسبة موت 100%، $DL_{50} = 0.55 \text{ mg/L}$ ، تليه الرمث (*Hammada scoparia*) والهرم (*Tetraena cornuta*). وأكدت النتائج الحيوية فعالية بعض المستخلصات النباتية المحلية في خفض أعداد *Tuta absoluta*، مما يدعم إمكانية استخدامها في برامج مكافحة الحيوية المتكاملة.

تُبرز هذه النتائج المجمعة أن الفلورا الملحية في منطقة بسكرة تمثل مورداً إثنوبوتانياً وبيولوجياً ذو قيمة عالية، وتشكل مصدراً واعداً للمركبات الطبيعية ذات الخصائص الطبية والمبيدة للحشرات، مما يفتح آفاقاً لتطوير مبيدات حيوية صديقة للبيئة وأدوية نباتية جديدة. كما تؤكد هذه الدراسة أهمية الحفاظ على المعارف التقليدية، وتشجع على مواصلة الدراسات الفيتوكيميائية والدوائية من أجل استغلال مستدام للتنوع النباتي الجزائري.

الكلمات الدالة: الإثنوبوتاني، النباتات الملحية، المبيدات الحيوية، الطب التقليدي، الفلورا الصحراوية، الجزائر بسكرة، توتا أبسولوتا.