



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université de Echahid Hamma Lakhdar El Oued



Département de Biologie cellulaire et moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie

Thème :

Propriétés phytochimiques et activité insecticide des extraits de *Tamarix sp.*
Comparaison entre les échantillons d'Ouargla et d'El Oued

Présenté par les étudiantes :

MEHRIA Yasmine

SADINE Aroua

Devant le jury composé de :

Promotrice : Dr. BEN RAS Hafsa Ecole Supérieure d'Agriculture Saharienne à El Oued

Co-Promotrice : Dr. BEN AMOR Safia Ecole Supérieure d'Agriculture Saharienne à El Oued

Président : Dr. KHAOULA Zeghib Université Echahid Hamma Lakhdar à El Oued

Examineur : Dr. CHAIMA Binine Université Echahid Hamma Lakhdar à El Oued

Soutenu le : 2025/2026

Remercîment

Nous rendons grâce à **Dieu** Tout-Puissant qui nous a guidée sur le chemin du savoir, nous a ouvert les portes de la connaissance et nous a accordé la volonté ainsi que la force nécessaire pour mener à bien ce travail. Louange à Lui, par la grâce duquel les bonnes œuvres s'accomplissent.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à notre chère encadrante **Mme BENRAS HAFSA**, de l'École Supérieure d'Agriculture d'El Oued, pour son encadrement bienveillant et pour avoir accepté également de discuter ce mémoire. Nous lui sommes infiniment reconnaissantes pour son savoir, ses précieux conseils et son soutien constant, sans lesquels ce travail n'aurait pas pu être mené à terme. Qu'elle trouve ici l'expression de notre respect et de notre gratitude les plus sincères. Nos remerciements les plus chaleureux et les plus sincères s'adressent à notre chère co encadrante, **Mme Ben Amor Safia**, de l'École Supérieure d'Agriculture d'El Oued.

Bien plus qu'une encadrante, vous avez été pour nous un véritable modèle d'excellence, une source d'inspiration quotidienne et un guide d'une infinie bienveillance. nous vous sommes profondément reconnaissantes pour votre patience exemplaire, votre immense générosité scientifique, et vos conseils éclairés qui ont déterminé notre parcours. Votre soutien indéfectible et votre précieuse confiance ont été le moteur de notre persévérance tout le long de cette aventure. Que ce travail soit le témoignage de notre haute considération et de notre affection la plus sincère.

Nous remercions également :
Madame **la présidente** pour nos avoir fait l'honneur de présider notre jury de mémoire. Veuillez croire cher Monsieur à notre profond respect.
Nos remerciements vont aussi à Madame **l'examinatrice**, d'avoir eu l'amabilité d'accepter de partager sa connaissance et de faire partie de notre Jury en qualité d'examinatrice.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants et le personnel du laboratoire pour leur aide précieuse et pour nous avoir fourni les moyens matériels indispensables à la réalisation de la partie expérimentale de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à tous nos professeurs de la faculté, en particulier à ceux du département de Toxicologie, pour la qualité de leur enseignement, leur patience et leur générosité dans la transmission du savoir tout au long de notre parcours universitaire.

À travers ces lignes, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude pour la force de notre binôme. Ce travail est le fruit d'une complicité intellectuelle et d'une précieuse amitié. Face aux exigences du laboratoire et aux longues heures de recherche, nous avons su être, l'une pour l'autre, un soutien indéfectible. Main dans la main, nous avons avancé avec détermination, unissant nos efforts pour donner vie à ce projet et célébrer aujourd'hui notre réussite.

Ma gratitude s'adresse également à Mr. Tili Mohamed Laid, pour son appui sincère et constant en toutes circonstances, dont l'impact positif a profondément marqué ce parcours.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements aux membres du jury, qui ont accepté de juger ce travail modeste, de lui consacrer leur temps précieux et de l'enrichir par leurs observations constructives.

Nous espérons que ce mémoire sera à la hauteur de leurs attentes. nous remercions également toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'achèvement de ce travail, et nous leur exprimons toute notre reconnaissance

DEDICACES

Je remercie le Bon Dieu pour tout et je dédie ce mémoire.

À mes très chers parents qui m'ont beaucoup soutenue et encouragée jusqu' au bout et qui
ALLAH leur accorde une longue vie.

je leurs adresse mes remerciements les plus profonds, pour leurs encouragements et leurs
conseils et surtout leur compréhension et pour tous les efforts qu'ils ont fournis pour nous
permettre une meilleure vie je vous aime et je vous remercie infiniment pour tout.

À Mon chère frère Mossaab pour tes précieux conseils et ton soutien constant. Merci d'être
mon pilier et mon bras droit et À ma chère belle-sœur Manel, merci pour ton soutien.

À mes chères sœurs Wiam et Abir pour leur amour inconditionnel et leur encouragements
infinis. Merci d'être là.

À mes chères neveux et nièces Maram ,Mira,Oumama,Hiba et Yahya

À ma chère grand-mère Yamina, que Dieu te préserve. Merci pour tes prières et ton amour
infini.

À la mémoire de mes chers grands-parents. Que Dieu vous accorde Sa miséricorde. Vous
restez gravés dans mon cœur.

À tout mas famille du côté paternel et maternel

À ma chère binôme Arwa, merci pour ton soutien et ta complicité. Ce succès est le nôtre.

À mes proches amies Je me rappellerai toujours de tous les bons moments que nous avons
partagés ensembles et qui resteront gravés dans ma mémoire .

Yasmine

DEDICACES

je remercie le Bon Dieu pour tout et je dédie ce mémoire,

A mes très chers parents

À celui qui a paré mon nom du plus beau des titres... À celui qui m'a soutenue sans limites et m'a donné sans rien attendre en retour. À celui qui m'a appris que la vie est un combat dont la science et le savoir sont les armes. Mon premier pilier dans ce parcours, mon soutien, ma force et mon refuge après Dieu... À ma fierté et mon honneur :

Mon cher Père

À celle pour qui Dieu a placé le paradis sous ses pieds... À celle dont le cœur m'a enveloppée bien avant ses bras, et qui a apaisé mes tourments par ses prières. Au cœur si tendre, à la lueur qui a éclairé mes nuits les plus sombres, le secret de ma force et de ma réussite :

Ma chère Mère

À mes piliers inébranlables et la sécurité de mes jours... À ceux par qui j'ai fortifié mon bras, qui ont été pour moi des sources de bienveillance où je me ressource, et la prunelle de mes yeux dans cette vie :

Mon frères et sœurs

A me chère frère : Mohammed Taher

A ma chère sœur: chaima

À la chérie de sa tante, ma petite princesse: Meriem

A tout mes famille du côté paténaire et côté maténaire

À celle qui a partagé la fatigue du chemin avant la joie de l'arrivée.

À celle avec qui j'ai partagé de longues heures de labeur, d'effort et de nuits blanches, et qui a été la meilleure des compagnes et le plus beau des soutiens

À ma binôme: Yasmine.

A mes proches amies

Je me rappellerai toujours de tous les bons moments que nous avons partagés

et qui resteront gravés dans ma mémoire.

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Aroua

Résumé

Cette étude évalue l'efficacité insecticide des extraits éthanoliques de feuilles de *Tamarix sp.*, récoltées dans deux régions du Sahara algérien (Ouargla et El Oued), contre deux ravageurs majeurs : le puceron du chou (*Brevicoryne sp.*) et le tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum*). L'analyse phytochimique qualitative et quantitative a révélé une richesse supérieure en métabolites secondaires (polyphénols, alcaloïdes, saponosides et tanins) dans les échantillons d'El Oued par rapport à ceux d'Ouargla. Les dosages quantitatifs confirment cette tendance, avec des teneurs en composés phénoliques totaux (129,029 vs 73,512 mg EAG/g) et en flavonoïdes (55,708 vs 40 mg EQ/g) nettement plus élevées pour l'extrait d'El Oued. Parallèlement, les tests d'activité antioxydante (DPPH et FRAP) ont démontré un fort potentiel de piégeage radicalaire, particulièrement marqué pour l'extrait d'El Oued. Les bioessais toxicologiques indiquent une efficacité biocide remarquable, avec des taux de mortalité dépassant 90 % chez les pucerons. Les résultats montrent une relation dose-réponse et temps-dépendante, soulignant l'influence significative de l'origine géographique et des conditions environnementales sur la concentration des principes actifs. Cette étude suggère que *Tamarix sp.* représente une alternative biopesticide prometteuse pour la protection des cultures et des denrées stockées.

Mots-clés : *Tamarix sp.*, biopesticide, *Brevicoryne sp.*, *Tribolium castaneum*, phytochimie, Sahara algérien, métabolites secondaires.

Abstract

This study evaluates the insecticidal efficacy of ethanolic leaf extracts obtained from *Tamarix sp.*, collected from two regions of the Algerian Sahara (Ouargla and El Oued), against two major pests: the cabbage aphid (*Brevicoryne sp.*) and the red flour beetle (*Tribolium castaneum*). Qualitative and quantitative phytochemical screening revealed a greater richness of secondary metabolites (polyphenols, alkaloids, saponins, and tannins) in the El Oued samples compared to those from Ouargla. Quantitative assays confirmed this trend, with significantly higher concentrations of total phenolic compounds (129.029 vs. 73.512 mg GAE/g) and flavonoids (55.708 vs. 40 mg QE/g) in the El Oued extract. Concurrently, antioxidant activity tests (DPPH and FRAP) demonstrated a strong radical scavenging potential, which was particularly pronounced in the El Oued extract. Toxicological bioassays indicated remarkable biocidal efficacy, with mortality rates exceeding 90% in aphids. The results revealed a clear dose-response and time-dependent relationship, highlighting the significant influence of geographic origin and environmental conditions on the concentration of active principles. This study suggests that *Tamarix sp.* represents a promising biopesticide alternative for crop and stored food protection.

Keywords: *Tamarix sp.*, biopesticide, *Brevicoryne sp.*, *Tribolium castaneum*, phytochemistry, Algerian Sahara, secondary metabolites.

المُلخَص

تَقِيَمُ هذه الدراسة فعالية مستخلصات أوراق نبات الأثل (*Tamarix sp.*) المُستخلصة بالإيثانول، والتي جُمِعت من منطقتين في الصحراء الجزائرية (ورقلة والوادي)، كمبيد حشري ضد آفتين رئيسيتين: مَنّ الملفوف (*Brevicoryne sp.*) وخنفساء الدقيق الحمراء (*Tribolium castaneum*). كشف الفحص الكيميائي النباتي النوعي والكمي عن وفرة أكبر في المستقلبات الثانوية (البوليفينولات، والقلويدات، والصابونينات، والتانينات) في عينات الوادي مقارنةً بعينات ورقلة. وأكدت التحليلات الكمية هذا الاتجاه، حيث سُجلت تركيزات أعلى بشكل ملحوظ من إجمالي المركبات الفينولية (129.029 مقابل 73.512 ملغم مكافئ حمض الغاليك/غ) والفلافونويدات (55.708 مقابل 40 ملغم مكافئ الكيرسيتين/غ) في مستخلص الوادي. في الوقت نفسه، أظهرت اختبارات النشاط المضاد للأوكسدة (DPPH و FRAP) قدرةً عاليةً على إزالة الجذور الحرة، والتي كانت بارزةً بشكلٍ خاص في مستخلص الوادي. وأشارت الاختبارات الحيوية السمية إلى فعالية مبيدة حيوية ملحوظة، حيث تجاوزت معدلات النفوق 90% في حشرات المن. وكشفت النتائج عن علاقة واضحة بين الجرعة والاستجابة والوقت، مما يُبرز التأثير الكبير للمنشأ الجغرافي والظروف البيئية على تركيز المكونات الفعالة. تشير هذه الدراسة إلى أن نبات الأثل (*Tamarix sp.*) يُمثل بديلاً واعداً للمبيدات الحيوية لحماية المحاصيل والأغذية المخزنة.

الكلمات المفتاحية: الأثل (*Tamarix sp.*)، مبيد حيوي، بريفيكورين (*Brevicoryne sp.*)، خنفساء الدقيق الحمراء (*Tribolium castaneum*)، الكيمياء النباتية، الصحراء الجزائرية، المستقلبات الثانوية.

	Page
Abstract	
Résumé	
ملخص	
Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
1 Chapitre 01 : Partie bibliographique.....	04
1.1. Généralités sur la plante étudiée.....	05
1.1.1.Caractéristiques écologiques et phytochimiques du genre Tamarix.....	05
1.1.2.Classification botanique	05
1.1.3.Description botanique du Tamarix.....	05
1.1.3.1. La forme générale	05
1.1.3.2. Les rameaux.....	06
1.1.3.3. Les feuilles et la racine.....	06
1.1.4.Morphologie.....	07
1.1.5.Répartition Géographique du genre Tamarix.....	07
1.1.6.Noms vernaculaires.....	08
1.2. Généralités sur la composition phytochimique des plantes	08
1.2.1.Métabolites secondaires.....	08
1.2.1.1. Les métabolites secondaires des plantes	08
1.2.1.2. Mode d action des metabolites secondaires	08
1.2.2.Principales familles de composés bioactifs	09
1.2.2.1. Les polyphénols.....	09
1.2.2.2. Les flavonoids	09
1.2.2.3. Les alcaloids	10
1.2.2.4. Les saponines	10
1.3. Propriétés biologique des plantes.....	11
1.3.1.Activité anti-inflammatoire.....	11
1.3.2.Activité antioxydante.....	11
1.3.3.Activité anti-bactérienne.s.....	11
1.3.4.Activité antivirale.....	12
1.3.5.Activité antifongique.....	12
1.4. Généralités sur les insectes étudiées.....	13
1.4.1.Les aphides	13
1.4.1.1. Introduction.....	13
1.4.1.2. Classification des pucerons	13
1.4.1.3. Caractéristiques morphologiques des pucerons.....	14
1.4.1.3.1. La tête.....	14

1.4.1.3.2.	Le thorax.....	14
1.4.1.3.3.	l'abdomen.....	14
1.4.1.4.	Cycle biologique.....	15
1.4.1.5.	Dégâts causés par les aphides.....	15
1.4.1.5.1.	Dégâts directs.....	16
1.4.1.5.2.	Dégâts indirectes.....	16
1.4.1.5.2.1.	Production de miellat et fumagine.....	16
1.4.1.5.2.2.	Transmission des virus phytopathogènes.....	16
1.4.1.6.	Méthodes de lutte contre les aphids	16
1.4.1.6.1.	Méthode de lutte culturale.....	16
1.4.1.6.2.	Méthodes de lutte chimique	17
1.4.1.6.3.	Méthodes de lutte biologique.....	17
1.4.2.	<i>Tribolium castaneum</i>	17
1.4.2.1.	morphologie.....	17
1.4.2.2.	hôte.....	17
1.4.2.3.	Cycle de vie et biologie.....	18
1.4.2.3.1.	œufs.....	19
1.4.2.3.2.	larves.....	19
1.4.2.3.3.	nymphes.....	19
1.4.2.4.	Comportement d'accouplement.....	19
1.4.2.5.	Importance économique.....	20
1.4.2.6.	lutte.....	20
1.4.2.6.1.	Lutte physique	20
1.4.2.6.2.	Lutte chimique.....	21
1.4.2.6.3.	Lutte biologique.....	21
2	Chapitre II : Matériaux et Méthodes	22
2.1	Objectif du travail.....	23
2.2	Matériel végétal.....	23
2.3	Préparation des extraits éthanoliques.....	24
2.4	Rendement d'extraction.....	25
2.5	Criblage phytochimique.....	25
2.5.1	Détection des polyphénols.....	25
2.5.2	Détection des flavonoïdes.....	26
2.5.3	Détection des terpènes.....	26
2.5.4	Détection des alcaloïdes.....	26
2.5.5	Détection des saponosides.....	26
2.5.6	Détection des tanins.....	26
2.5.7	Détection des anthocyanes.....	27
2.5.8	Détection des stérols et des polyterpène.....	27
2.6	Analyse quantitative.....	27
2.6.1	Dosage des polyphénols totaux.....	27
2.6.2	Dosage des flavonoïdes.....	28
2.7	Activité biologique.....	29
2.7.1	Activité antioxydant.....	29
2.7.1.1	Test DPPH.....	29

2.7.1.2 Test FRAP.....	30
2.7.2 Activité anti-inflammatoire.....	31
2.7.3 Activité insecticide.....	32
2.7.3.1 Contre Brevicoryne sp.....	32
2.7.3.2 Contre Tribolium Castaneum.....	34
2.8.l'analyse des données.....	36
3 Chapitre III: Résultats et discussions	37
3.1 Résultat de criblage phytochimique.....	38
3.2 Résultat d'analyse quantitativ.....	41
3.2.1 Dosage de polyphénols totaux.....	41
3.2.2 Dosage de flavonoïdes.....	42
3.3 Résultat d'activité biologique	43
3.3.1 Activité antioxydante.....	43
3.3.1.1 Test dpsh.....	43
3.3.1.2 Test Frap.....	45
3.3.2 Activité anti-inflammatoire.....	46
3.3.3 Résultat d'effet insecticide des extraits de Tamarix sp.....	48
3.3.3.1 Effet insecticide de Tamarix SP Sur les Aphis de Brevicoryne sp.....	48
3.3.3.1.1 Effet insecticide de l'extrait 'A' de Tamarix SP Sur les Aphis de Brevicoryne sp.....	48
3.3.3.1.2 Effet insecticide de l'extrait 'B' de Tamarix sp. Sur les Aphis de Brevicoryne sp.....	49
3.3.3.1.3 Discussion sur l'effet insecticides des extrais de Tamarix sp. sur les aphides Brevicoryne sp.....	50
3.3.3.2 Effet insecticide de Tamarix sp. Sur Le tribolium castaneum.....	51
3.3.3.2.1 Effet insecticide de l'extrait 'A' de Tamarix sp. Sur Le tribolium castaneum.....	51
3.3.3.2.2 Effet insecticide de l'extrait 'B' de Tamarix sp.Surle tribolium castaneum.....	54
3.3.3.2.3 Discussion sur l'effet insecticides des extrais de Tamarix sp. sur Tribolium castaneum.....	54
3.3.4 Effet phagorépulsif et impact des extraits de Tamarix sp. Sur les indices nutritionnels de Tribolium castaneum.....	54
3.3.5 Discussion Effet phagorépulsif et impact des extraits de Tamarix sp. sur les indices nutritionnels de Tribolium castaneu.....	56
Conclusion	57
Referense	59

LISTE DES FIGURE

Figures	Title	Page
Figure I.1.	photo de la forme de croissance chez le tamarix sp.	06
Figure I.2.	Répartition géographique mondiale des espèces du genre Tamarix.	07
Figure I.3.	Morphologie d'un puceron ailé	14
Figure I.4.	Schéma du développement larvaire d'un puceron.	15
Figure I.5.	Cycle de vie de Tribolium castaneum	18
Figure II.1.	La partie aérienne de la plante étudiée Tamarix sp	24
Figure II.2.	Protocole de préparation d'extrait éthanolique de l'échantillon étudié	24
Figure II.3.	préparation des tests phytochimique	25
Figure II.4.	la préparation de dosage des polyphénols totaux pour les deux extraits étudiés	28
Figure II.5.	la préparation de Dosage des flavonoïdes pour les deux extraits étudiés	29
Figure II.6.	Evaluation de l'activité antioxydan par le test DPPH	30
Figure.II.7.	Evaluation de l'activité antioxydan par le test FRAP	31
Figure II.8.	Evaluation de l'activité anti-inflammatoire	32
Figure II.9.	Individus de Brevicoryne sp. sur les feuilles de chou fourragère	33
Figure II.10.	Effet par contact de l'extrait du Tamarix sp.sur Brevicoryne sp.	34
Figure II.11.	Tribolium castaneum	34
Figure II.12.	Dispositif expérimental du test de toxicité par ingestion (méthode des disques de farine) chez Tribolium castaneum.	35
Figure II.13.	Illustration de la dégradation et de la consommation des disques de farine par les insectes testés.	36
Figure III.1.	Teneur en polyphénols totaux dans les deux extraits étudiés	42
Figure III.2.	Teneur en flavonoïdes de deux extraits étudiés	43
Figure III.3.	Concentration d'inhibition de 50 % des radicaux libres par le test de DPPH	45

Figure III.4.	Résultats de l'activité antioxydante par le test de FRAP	46
Figure III.5.	Évolution de la mortalité des individus de <i>Brevicoryne</i> sp. en fonction du temps et des doses de l'extrait "A" de <i>Tamarix</i> sp.	48
Figure III.6.	Évolution de la mortalité des individus de <i>Brevicoryne</i> sp. en fonction du temps et des doses de l'extrait "B" de <i>Tamarix</i> SP.	50
Figure III.7.	Évolution de la mortalité des individus de <i>tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses de l'extrait "A" de <i>Tamarix</i> sp.	53
Figure III.8.	Évolution de la mortalité des individus de <i>tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses de l'extrait "B" de <i>Tamarix</i> SP.	55
Figure III.9.	Évaluation de la consommation des disques de farine par <i>Tribolium castaneum</i> en fonction des différentes concentrations des extraits A et B .	57

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
Tableau III.1.	Résultats du screening phytochimique des extraits de <i>Tamarix</i> sp.	38
Tableau III.2.	Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de l'albumine par les extraits éthanoliques et leurs mélanges.	47

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abs	Absorbance
AlCl₃	Trichlorure d'aluminium ou chlorure d'aluminium
Al³⁺	Ion aluminium (III)
ANOVA	Analysis of Variance / Analyse de la variance
C₁₈H₁₂N₅O₆	Formule brute du radical DPPH
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (radical libre stable)
EC₅₀	Concentration efficace médiane
FeCl₃	Chlorure de fer(III) ou chlorure ferrique
Fe²⁺	Ion ferreux / Ion fer (II)
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power / Pouvoir antioxydant de réduction du fer
HCl	Acide chlorhydrique
I %	Pourcentage d'inhibition des radicaux libres
IC₅₀	Concentration inhibitrice médiane
Mc	Mortalité observée dans le lot témoin
mg EAG/g	Milligramme d'Équivalent Acide Gallique par gramme de matière
mg EQ/g	Milligramme d'Équivalent Quercétine par gramme de matière
Mt	Mortalité observée dans le lot traité
Na₂CO₃	Carbonate de sodium
NH₄OH	Hydroxyde d'ammonium
Nm	Nombre d'insectes morts
ns	Non significatif
Nt	Nombre total d'insectes testés
p	Valeur de p (p-value, seuil de signification statistique)
PBS	Phosphate Buffered Saline / Solution saline tamponnée au phosphate
pH	Potentiel hydrogène
SD	Standard Deviation / Écart-type
sp.	Species (indique une espèce non spécifiée au sein d'un genre)
µg EQ/mg	Microgramme d'Équivalent Quercétine par milligramme d'extrait

Introduction

Introduction

Les espèces de tamarix sont largement répandues dans les zones arides et sahariennes algériennes, où elles prospèrent sur des sols sujets à la sécheresse, salins, calcaires, voire pollués, là où peu d'autres espèces survivent (Bencherif et al., 2020). Elles utilisent des glandes à sel pour excréter et accumuler les sels et les métaux lourds, contribuant ainsi à la phytoremédiation et à la tolérance aux stress abiotiques (Newete et al., 2020 ; Bencherif et al., 2020). Leurs racines profondes et leur morphologie xérophytique leur permettent de persister dans les déserts hyperarides et salins et servent de modèles de résilience et de séquestration du carbone dans les projets de restauration (Iqbal et al., 2024 ; Bencherif et al., 2020 ; Zhang et al., 2024).

Les extraits de feuilles et de litière de *Tamarix aphylla* ont montré de forts effets allélopathiques (phytotoxiques) : à fortes concentrations, ils réduisent significativement la germination, la croissance racinaire et aérienne, ainsi que la biomasse du blé et du maïs, le blé étant plus sensible (Khalid, 2023). La litière de *Tamarix* et le sol de la rhizosphère peuvent inhiber les espèces associées, suggérant que les composés chimiques du *Tamarix* contribuent à structurer les communautés végétales et pourraient être développés en tant que bioherbicides naturels pour la lutte contre les adventices (Khalid, 2023 ; Bouafiane et al., 2021 ; Alanaz et al., 2023). Les sels dérivés du *Tamarix* et les exsudats foliaires contribuent également à la formation de micro-environnements salins, influençant les communautés microbiennes et végétales (Zhao et al., 2024 ; Khalid, 2023).

En Asie, en Afrique et en Asie centrale, le *Tamarix* est largement utilisé en médecine traditionnelle pour les infections, les plaies, les troubles du foie et de la rate, les problèmes gastro-intestinaux, le diabète, les problèmes dentaires, les rhumatismes, la jaunisse, la tuberculose et les affections cutanées (Bahramsoltani et al. 2020 ; Daulbayeva et al. 2025 ; Alshehri et al. 2021 ; Suleiman, 2021).

Des espèces spécifiques telles que *T. aphylla*, *T. articulata*, *T. gallica*, *T. africana*, *T. arabica* sont utilisées comme astringents, diurétiques, antipyrétiques et pour les brûlures et autres maladies infectieuses (Alshehri et al. 2021 ; Suleiman, 2021, Jasim et al. 2022 ; Alnuqaydan & Rahb, 2019).

À travers des études recensent, des centaines de composés identifiés, notamment des flavonoïdes, des phénols, des tanins, des terpénoïdes et des huiles essentielles, présentant des activités antioxydantes, anti-inflammatoires, antidiabétiques, anticancéreuses, antibactériennes et antifongiques (Custódio et al., 2022 ; Daulbayeva et al., 2025 ; Alshehri et al., 2021).

Les extraits de plusieurs espèces présentent de puissants effets antioxydants, modulateurs enzymatiques et antimicrobiens, faisant du Tamarix une source prometteuse de phytomédicaments, de nutraceutiques et de pesticides/fongicides naturels (Custódio et al., 2022 ; Daulbayeva et al., 2025 ; Ksouri et al., 2009).

Plusieurs espèces de Tamarix présentent une activité insecticide naturelle prometteuse, notamment contre les moustiques et les insectes piqueurs-suceurs, principalement grâce aux extraits de feuilles. L'extrait éthanolique des feuilles de Tamarix aphylla a induit la mortalité la plus élevée chez les larves de *Culex quinquefasciatus* parmi les trois plantes testées ; une exposition de 72 heures a entraîné une mortalité larvaire de 100 %. L'analyse phytochimique a révélé la présence de flavonoïdes, d'alkaloïdes, de tanins et de polyphénols, tous considérés comme des larvicides potentiels (Souheila et al., 2020). Les extraits méthanoliques de *T. baluchistanica*, *T. androssowii* et *T. mascatensis* ont montré une activité larvicide contre *Culex quinquefasciatus*. (Ahmad et al., 2022). L'extrait de feuilles de Tamarix aphylla (2,5 à 10 mL pour 100 mL d'eau) a induit une mortalité de 100 % chez les nymphes et les adultes du puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, en 6 jours. La reproduction des pucerons a chuté à zéro nymphe par adulte au 5^e jour, ce qui indique de puissants effets insecticides et inhibiteurs de la reproduction (Al-Kallabe et al., 2023).

Les extraits de Tamarix à activité insecticide contiennent systématiquement des polyphénols/flavonoïdes, des tanins et des alcaloïdes (Souheila et al., 2020 ; Ahmad et al., 2022).

Vu la rareté des études en Algérie sur l'activité insecticide du Tamarix, et le besoin croissant de développer de nouveaux insecticides biologiques, cette étude a toutes les raisons d'être menée.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'efficacité insecticide des extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles de Tamarix sp. Cette étude vise à étudier la possibilité de l'utilisation des extraits de tamarix pour lutter contre deux ravageurs importants: le puceron du chou (*Brevicoryne* sp.), un ravageur majeur du chou (*Brassica oleracea*), une culture locale largement répandue, et le tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum*), un ravageur très résistant responsable de pertes considérables dans les denrées alimentaires stockées. Elle intègre également une approche géographique comparative afin d'étudier l'influence des conditions environnementales sur le métabolisme secondaire de la plante. Pour ce faire, des feuilles de Tamarix ont été récoltées dans deux régions sahariennes d'Algérie, Ouargla et El Oued. Avant l'évaluation de l'activité insecticide, un criblage phytochimique qualitatif complet et une analyse quantitative ont été réalisés sur les extraits afin de caractériser leurs profils chimiques et de

déterminer les concentrations de métabolites secondaires actifs. En menant des bioessais de toxicité comparative avec ces extraits éthanoliques caractérisés, cette étude vise à déterminer et comparer leurs taux de mortalité, évaluant ainsi l'impact de l'origine géographique sur l'efficacité biopesticide du tamarix contre les ravageurs des cultures et des denrées stockées.

CHAPITRE 01 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités sur la plante étudiée

1.1.1. Caractéristiques écologiques et phytochimiques du genre *Tamarix*

Le genre *Tamarix*, qui appartient à la famille des Tamaricacées et communément appelé « cèdre salé » ou « tamaris », comprend environ 60 espèces de plantes halophytes présentes presque partout dans le monde. Les feuilles en forme d'aiguilles de ces plantes sont recouvertes de sel et sécrétées par les glandes salines. Bien qu'on les trouve dans les climats tempérés, les espèces de tamaris sont surtout connues pour pousser dans des conditions chaudes et sèches (Bahramsoltani et al., 2020). Dans les régions arides, on plante des espèces de tamaris pour stabiliser les dunes de sable (Rahimi et al. 2020). Cependant, comme il s'agit de plantes envahissantes qui entravent l'implantation d'autres espèces, leur prolifération dans des milieux humides est indésirable (Rahimi et al. 2020). De nombreuses études menées sur diverses espèces de *Tamarix* ont mis en évidence la présence de plusieurs composés phytochimiques, dont les plus importants sont les substances polyphénoliques, telles que les flavonoïdes, les tanins et les acides phénoliques. De plus, dans plusieurs pays d'Asie et d'Afrique, notamment au Pakistan, en Inde, en Iran et en Algérie, où le Tamaris pousse à l'état sauvage, les populations locales utilisent cette plante à des fins médicinales (Alnuqaydan et Rah, 2019).

1.1.2. Classification Botanique :

Tamarix fait partie de la famille des tamaricacées. Il s'agit d'une famille de plantes dicotylédones, contenant 125 espèces qui se répartissent généralement à travers diverses régions du globe (Sultanova et autres, 2001). Il s'agit d'arbres ou d'arbustes à fleurs uniformes, classés en trois genres : *Reaumuria* L, *Myrica* Desv et *Tamarix* L (Younous et al., 2005).

Les espèces du genre *Tamarix* sont classées comme suit :

- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-Embranchement : Angiospermes
- Classe : Eudicots
- Ordre : Caryophyllales
- Famille : Tamaricacées
- Genre : *Tamarix*

1.1.3. Description botanique du *Tamarix* :

1.1.3.1. La forme générale :

Arbres ou arbustes de 2-10 m d'hauteur, quelques fois 12m, avec un système racinaire puissant, une ramification dense. Il a deux formes de croissance : l'une normale et lui donne un aspect d'un arbre ordinaire avec une tige principale quand il existe dans des milieux normaux ; la seconde se caractérise par une ramification abondante quand les pieds se trouvent dans milieu stressant ou dans le cas d'accumulation des sédiments alluviaux (Mc, 2007) Figure I.1.



Figure I.1. : photographie de la forme de croissance chez le tamarix sp.(Mehria.Y et Sadine.A, 2026)

1.1.3.2. Les rameaux :

Ils sont généralement nombreux, élancés, sans poils, ou avec des écorces de diverses teintes, le plus souvent brunes ou brunâtres. (BELGUIDUM, 2015)

1.1.3.3. Les feuilles et la racine :

Les feuilles de *Tamarix* sont généralement réduites squamiformes aciculaires ou annulaires avec une inflorescence en grappes denses réunies en général au sommet des tiges avec fleurs roses ou blanches (Quézel et Santa, 1963). Elles sont très petites mais visibles, alternes, ovales lancéolées, acuminées, scarieuses au bord et à l'extrémité, élargies à leur base, embarrassantes mais n'entourant jamais complètement le rameau. Les racines sont, en général, très développées ; leur bois contient des vaisseaux à gros calibre (Ozenda, 2004).

1.1.4. Morphologie :

Le genre *Tamarix* comprend plusieurs espèces qui présentent des différences physiques notables. Les plantes de ce genre se sont adaptées aux sols humides, souvent salins, des régions arides et semi-arides. Les plantes du genre *Tamarix* se présentent généralement sous la forme d'arbustes ou d'arbres dont les feuilles se sont transformées en écailles. Ces plantes fleurissent au printemps, en été et en automne et produisent des inflorescences denses dont la taille varie de cinq à dix centimètres. De plus, les graines de *Tamarix* possèdent des extrémités plumeuses qui facilitent leur dispersion par le vent et l'eau (Akhani et al., 2019 ; Eshel et al., 2019).

Les données morphologiques du *tamarix* ont révélé diverses caractéristiques distinctives, notamment les caractéristiques des grains de pollen, la quantité et la structure des organes floraux, ainsi que la forme et la disposition des feuilles (Sheidai et al., 2018 ; Eshel et al., 2019). Ces informations ont permis de classer les espèces, même si un degré important d'hybridation et de plasticité morphologique peut compliquer leur identification (Arianmanesh et al., 2016 ; Souddi & Bendi Djelloul, 2020). De plus, de nombreuses espèces du genre *Tamarix* possèdent des synonymes qui compliquent la systématique et nécessitent une réévaluation lors de l'identification et de la classification (Villar, Alonso & Crespo, 2022 ; Gorshkova, 1949 ; Zieliński, 1994 ; Assadi, Ramak Maassoumi & Khatamsaz, 1989).

1.1.5. Répartition Géographique du genre *Tamarix* :

Le genre *Tamarix* regroupe des espèces qui sont généralement halophiles et phreatophytes facultatives. Provenant des zones d'Europe, de la Méditerranée, de l'Afrique du Nord, du Sahara et de l'Asie. Selon Nelroy E. Jackson (1996), les espèces de *Tamarix* sont jugées envahissantes en Amérique du Nord et en Australie.

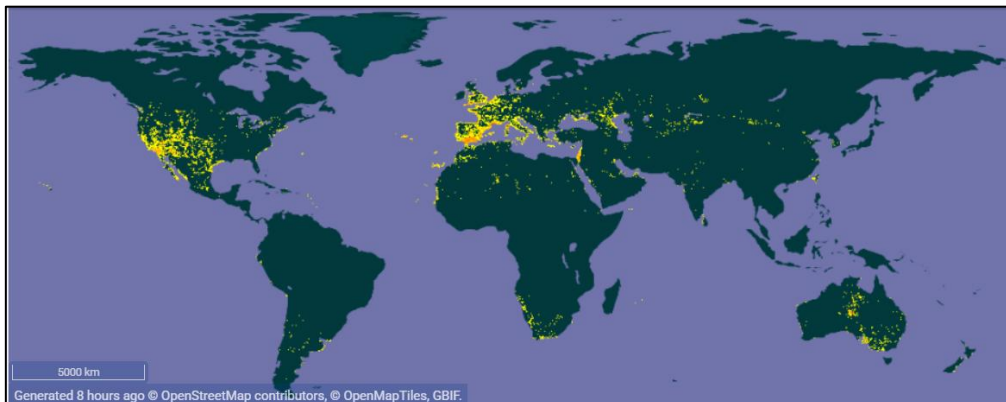


Figure I.2. : Répartition géographique mondiale des espèces du genre *Tamarix* (GBIF, 2026)

1.1.6. Noms vernaculaires :

- Nom scientifique : *Tamarix* sp.
- Nom Français : Tamaris, Tamarin
- Nom Anglais : Salt Cedar, Tamarisk
- Nom Arabe : Athal, Tarfa
- Nom Amazigh : Amammythe

1.2. Généralités sur la composition phytochimique des plantes

1.2.1. Métabolites secondaires :

1.2.1.1. Les Métabolites secondaires des plantes :

Les plantes sont productrices de nombreux composés chimiques, chaque plante ayant son propre ensemble de métabolites secondaires qui ne participent pas aux processus métaboliques fondamentaux de la plante, mais qui interviennent dans la relation de l'organisme avec son environnement. On recense approximativement 100 000 composés naturels qui sont dérivés des plantes. Chaque année, environ 4 000 nouveaux composés sont découverts et ajoutés. (Harborne, 1999).

1.2.1.2. Mode d'action des métabolites secondaires :

La plante est confrontée à différentes agressions provenant de l'environnement dans lequel elle se développe : prédateurs, microorganismes nuisibles, et ainsi de suite. Il est donc compréhensible que la plante puisse développer un métabolisme spécifique qui lui permet de synthétiser diverses substances pour se défendre : les métabolites secondaires.

Ils possèdent des rôles très diversifiés, tels que :

- Défense contre les invasions de pathogènes ou d'herbivores.
- Attraction de pollinisateurs.
- Ils contribuent à des actions allélopathiques (lutte concurrentielle entre les plantes pour la germination et la croissance).
- Ce sont des molécules également très bénéfiques pour l'humanité, notamment en tant que teintures. Arômes, antibiotiques.

Au cours des dernières années, l'attrait pour les métabolites secondaires a considérablement progressé, grâce à la variété de leurs effets tels que antioxydants, antiviraux, antibactériens, anticancéreux, herbicides, substances narcotiques, etc. (SEFI M et al, 2010).

Des métabolites secondaires sont présents dans toutes les parties des plantes, mais leur répartition varie en fonction de leurs fonctions. Cette répartition change d'une plante à l'autre.(BELGUIDUM, 2015)

1.2.2. Principales familles de composés bioactifs :

1.2.2.1. Les polyphénols :

Les polyphénols sont caractérisés comme l'indique le nom, par la présence de plusieurs groupements phénoliques associés en structures plus ou moins complexes généralement de haut poids moléculaire. Ces composés sont le produit du métabolisme secondaire des plantes. Il y a deux voies synthétiques principales : la voie shikimate et acétate.(Lugasi et al,2003).

Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets sur la santé. En effet leurs rôles d'antioxydants naturels suscitent de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires, des maladies cardiovasculaires, des maladies neurodégénératives.

Ils sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Les polyphénols sont communément subdivisés en phénols simples, (acides phénols, flavonoides simples, et proanthocyanidins) forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes.(Beta et al. 2005).

Toutes les classes de composés phénoliques comportent un grand nombre de structures différentes en fonction du nombre et de la position des groupements hydroxyles sur le squelette de base. Ces structures peuvent également être diversement substituées (glycosylées, estérifiées, acylées...).(BELGUIDUM, 2015).

1.2.2.2. Les flavonoïdes :

Ce sont des pigments hydrosolubles fréquents chez les végétaux et responsables de certaines colorations des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Ils ont une origine biosynthétique commune et possèdent de ce fait le même élément structurel de base : enchaînement de 2-phénylchromane.

Les flavonoïdes sont connus principalement pour leur activité antioxydante.(Bruneton, 1999).

On les trouve dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastides particuliers, les chromoplastes. Le terme flavonoïde regroupe une très large gamme de composés naturels polyphénoliques. On dénombre près de 6500 flavonoïdes, et leur nombre ne cesse d'accroître. Par définition, les flavonoïdes sont des composés qui ont en commun la structure du diphenylpropane (C6-C3-C6) ; les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B forment généralement un hétérocycle oxygéné (Rijke et al, 2006).

1.2.2.3. Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes constituent un groupe étendu de métabolites secondaires. On trouve diverses définitions des alcaloïdes. Cette définition intègre les éléments clés suivants :

- Un alcaloïde est une substance organique provenant de la nature.
- azoté,
- plus ou moins basique,
- avec une distribution limitée,
- et avec des propriétés pharmacologiques prononcées, même à petite dose.

Ils sont généralement synthétisés dans les tissus périphériques des plantes, puis sont stockés dans des compartiments tels que les vacuoles. La régulation de la synthèse de ces alcaloïdes, qui peut s'exercer au niveau de l'expression enzymatique, est dépendante du stade de différenciation. Leur rôle dans les plantes est assez- peu connu. Certains pourraient intervenir dans les relations de défense plantes-prédateurs. (BELGUIDUM, 2015)

Si dans les plantes, les alcaloïdes en tant que composés du métabolisme secondaire jouent un rôle écologique de défense contre des herbivores, ils trouvent cependant plusieurs applications pharmaceutiques chez l'homme :

- Antitumoraux : vincaléucoblastine, vincristine, taxol, camptothécine
- Antalgiques : morphine, codéine
- Spasmolytiques : tubocurarine et papaverine

1.2.2.4. Les saponines:

Le nom saponine dérive du mot latin «sapo», qui signifie savon, parce que ces composés moussent une fois agités avec de l'eau. Ils se composent d'aglycones non polaires

liés à un ou plusieurs sucres. Cette combinaison d'éléments structuraux polaires et non polaires explique leur comportement moussant en solution aqueuse. Comme définition, on dirait qu'une saponine est un glycoside de stéroïde ou de triterpène. Fondamentalement, on distingue les saponines stéroïques et les saponines triterpéniques dérivant tous deux biosynthétiquement de l'oxyde de squalène (Manach et al, 2004).

1.3. Propriétés biologiques des plantes

1.3.1. Activité anti-inflammatoire :

On a longtemps attribué les effets protecteurs des polyphénols à leurs propriétés antioxydants.

Toutefois, diverses recherches ont démontré que les polyphénols et leurs dérivés agissent aussi comme des régulateurs des voies de signalisation de l'inflammation. Des recherches effectuées sur des sujets sains ont démontré que l'adoption d'un régime abondant en fruits et légumes était inversement liée aux indicateurs de l'inflammation (CRP, IL-6) dans le plasma (Salas-Salvado et al., 2008), que la consommation d'anthocyanes était liée à une réduction du niveau de cytokines (IL-8, IL-13 et IFN- α) dans le sang (Karlsen et al., 2007).

Des études réalisées en laboratoire ont aussi démontré que des flavonoïdes tels que la lutéoline ou l'apigénine freinaient la production de cytokines comme IL-4, IL-5 et IL-13, que la quercétine réduisait la production de TNF- α par des macrophages stimulés au lipopolysaccharide (LPS), et que le kaempférol inhibait l'expression et la sécrétion du TNF- α , de l'IL- β ou de l'IL-6 au sein des mastocytes (Gonzalez-Gallego et al, 2010).

1.3.2. Activité antioxydante:

L'activité antioxydante des composés phénoliques se manifeste à travers divers mécanismes :

- le piégeage direct des radicaux libres ; - l'arrêt de l'activité des enzymes génératrices de radicaux libres ;
- la chélation des ions métalliques, à l'origine de la production de radicaux libres ;
- la stimulation de la biosynthèse d'enzymes antioxydantes (Halliwell, 1994).

1.3.3. Activité anti-bactériennes :

Le traitement des infections bactériennes s'appuie essentiellement sur l'utilisation d'antibiotiques. L'administration à large échelle et parfois inappropriée de ces médicaments a

provoqué L'importance de guider les recherches vers la découverte de nouvelles approches est soulignée par le choix de souches multirésistantes. Ces dernières peuvent inspirer le développement de nouveaux médicaments basés sur des plantes, sous forme de métabolites secondaires, tels que des composés phénoliques. Ces derniers sont couramment utilisés dans l'industrie alimentaire et cosmétique, ainsi qu'en tant qu'agents antimicrobiens en médecine populaire. Les polyphénols, en particulier les flavonoïdes et les tannins, sont connus pour leur toxicité envers les micro-organismes. Le processus de toxicité peut être associé à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (telles que les protéases et les carbohydrases) ou à d'autres interactions visant à désactiver les andésines microbiennes, ainsi que les protéines de transport et de membrane cellulaire. (Mohamedi, 2013)

1.3.4. Activité antivirale :

La démarche pour trouver un composé antiviral implique d'évaluer la diminution de l'infection virale dans les cultures cellulaires. Un composé peut avoir des effets à divers stades du cycle viral (BELHADJ & BENNAMIA, 2022) :

- En ce qui concerne l'adsorption du virus sur la cellule hôte
- En termes de pénétration du virus dans la cellule hôte
- Du point de vue de la réplication du virus et de la production des protéines virales
- Quant à l'assemblage et à l'évasion du virus hors de la cellule hôte .

L'effet antiviral des flavonoïdes sur le VIH pourrait être associé directement à leur impact sur les enzymes de réplication (la transcriptase inverse VIH-1 ou l'intégrase VIH-1). De plus, certains autres flavonoïdes ont démontré une activité antivirale contre le virus de la grippe, du VIH-1, du VIH-2 Parmi les flavonoïdes identifiés pour leurs actions antivirales contre onze variétés de virus, on compte la quercétine, l'apigénine, la catéchine et l'héspéridine. Les flavonoïdes aglycones dotés d'un groupement hydroxyle libre en C3 ont démontré une forte activité antivirale. De manière générale, les flavanes sont plus performants que les flavones et les flavanones face au HIV-1 et HIV-2 (TAPAS et al., 2008).

1.3.5. Activité antifongiques :

De nombreux extraits de plantes inhibent le pathogène humain *Candida albicans* in vitro et in vivo ; certains (par exemple, *Lawsonia inermis*, *Pelargonium graveolens*, *Camellia sinensis*, *Mentha piperita*, *Citrus latifolia*) figurent parmi les plus puissants connus (Hsu et al., 2020).

Certains extraits de plantes inhibent fortement des pathogènes majeurs des cultures comme *Fusarium*, *Alternaria*, et *Penicillium digitatum* (Tran et al., 2022; Tian et al., 2022; Cárdenas-Laverde et al., 2021; Kursu et al., 2022). De plus, les huiles essentielles et les composés

végétaux sont reconnus comme des outils efficaces pour limiter les champignons producteurs de mycotoxines tels qu'*Aspergillus flavus* dans les systèmes alimentaires (Matrose et al., 2020; Tian et al., 2022).

1.4. Généralités sur les insectes étudiées

1.4.1. Les aphides :

1.4.1.1. Introduction :

Les aphides, également connus sous le nom de pucerons, représentent un groupe largement distribué à travers le monde, dont la diversification a suivi celle des plantes à fleurs (angiospermes), dont presque toutes les espèces servent d'hôtes aux aphides (Harmel et al. 2010). On dénombre actuellement près de 350 genres comprenant 3500 espèces décrites (Imenes et al. 2002 ; Razaq, 2000)

Selon Turpeau et Ait ighil (2010), les dégâts sont déterminés par la durée pendant laquelle le puceron reste sur la plante, ainsi que par le stade de croissance de la plante et son niveau de vulnérabilité. Ces entités sont des insectes de la catégorie piqueur-suceur. Ils introduisent leur « stylet » dans la plante hôte et se nourrissent de sa sève élaborée. Ces organismes causent des dommages en raison de leur manière de se nourrir ; les pucerons peuvent aussi être des porteurs de phytovirus, et grâce à la sécrétion de miellat, une substance riche en sucre produite par les pucerons (Alford, 2011), ils contribuent à cela.

1.4.1.2. Classification des pucerons :

Les aphides ou pucerons sont classés dans le super-ordre des Hémiptéroïdes, appartiennent à l'ordre des Homoptères au sous-ordre des Aphidinea, ainsi que de la super-famille des Aphidoidea (FRAVAL, 2006).

D'après ILUZ (2011), les aphides sont classés comme suit :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Homoptère

Sous ordre : Sternorrhyncha

Super famille : Aphidoidea

Famille : Aphididae

Genre : Aphis.

1.4.1.3. Caractéristiques morphologiques des pucerons

Les pucerons, insectes de petite dimension (de 2 à 5 mm) et de teintes diverses, partagent néanmoins certaines caractéristiques communes (CLEMENT, 1981). Ils se divisent en trois segments : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure I.3).

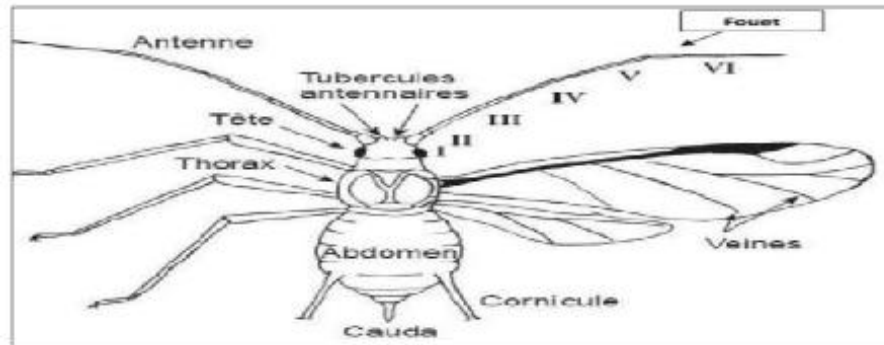


Figure I.3: Morphologie d'un puceron ailé (GODIN et BOIVIN, 2002)

1.4.1.3.1. La tête :

En général, elle est distincte du thorax chez les formes ailées, mais pas chez les aptères (TANYA, 2002 ; FRAVAL, 2006). Elle possède deux yeux composés de grande taille et deux antennes généralement constituées de six segments, bien que parfois ils peuvent être au nombre de trois, quatre ou cinq (HULLE et al., 1998). Elle a un appareil buccal de type piqueur-suceur qui comporte un canal salivaire, permettant l'injection de salive dans les tissus végétaux pour que ces derniers puissent se nourrir, et un canal alimentaire à travers lequel ils absorbent la nourriture partiellement digérée (CLEMENT, 1981).

1.4.1.3.2. Le thorax :

Il se divise en trois parties distinctes : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Chez l'ailé, le mésothorax est durci ; le thorax abrite les trois paires de pattes ainsi que les deux paires d'ailes pour les individus ailés (TUPEAU-AIT IGHIL et al., 2011).

1.4.1.3.3. L'abdomen :

Il se compose de dix segments qui sont compliqués à distinguer. Dans la plupart des cas, le cinquième segment porte, de manière dorso-latérale, une paire de cornicules (siphons ou

nectaires), dont la forme, la longueur et la couleur varient selon les espèces (TUPEAU-AIT IGHIL et al., 2011). Le segment final est appelé la cauda ; il est utilisé pour l'épandage du miellat (FRAVAL, 2006). Selon LECLANT (2000), on peut observer au niveau ventral une plaque anale généralement pigmentée ainsi qu'une plaque génitale.

1.4.1.4. Cycle biologique :

Les pucerons disposent de deux méthodes de reproduction : la reproduction sexuée et la reproduction sans sexe ou parthénogénèse. Les femelles qui se reproduisent sexuellement pondent des œufs, tandis que celles qui se reproduisent par parthénogénèse donnent naissance à des petits vivants. Elles engendrent directement de nouvelles larves, qui leur ressemblent génétiquement et ont la capacité de se nourrir et de bouger dès leur naissance. Ainsi, la progéniture d'une femelle parthénogénétique est en fait un clone. Selon les conditions météorologiques, les pucerons peuvent être plurivoltins et produire jusqu'à 20 générations par an. Ils montrent une importante diversité de cycles biologiques. Les pucerons sont des organismes paurométaboles, leurs stades larvaires adoptent un mode de vie identique à celui des adultes (Sauvions, 1995).

Ils se développent en quatre phases de croissance consécutives, au cours desquelles ils se détachent de leur exosquelette ; ce phénomène est connu sous le nom de mue (Rabasse, 1979 et Sauvin, 1995). On peut schématiser le développement larvaire d'un puceron de la manière suivante (Figure I.4) :

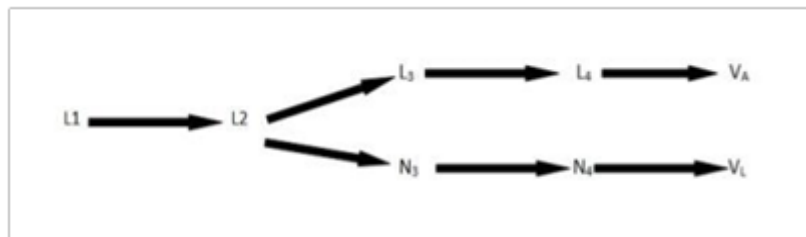


Figure I.4. : Schéma du développement larvaire d'un puceron.(BECHADDAD & El MEDDAH, 2022) L1, L2, L3, L4 : larves du 1er, 2ème, 3ème et 4ème N3, N4 : larves à ptérothèque du 3ème et 4ème stade larvaire de la forme ailée ; VA: adulte virginipare aptère ; VL: adulte virginipare ailée.

1.4.1.5. Dégâts causés par les aphides

Les dommages infligés par les pucerons Selon Fournier (2010), les pucerons sont des insectes nuisibles importants pour les plantes à l'échelle mondiale, ayant des répercussions

économiques défavorables sur l'agriculture, les forêts et l'horticulture. Selon Qubbaj et al. (2004), ils peuvent entraîner des pertes considérables dans les cultures végétales. Selon Christelle (2007) et Eaton (2009), les dégâts causés par les pucerons se classifient en deux catégories :

1.4.1.5.1. Dégâts directs :

Selon Harmel et al. (2008), cela concerne la collecte et l'assimilation de la sève végétale. Les piqûres alimentaires sont aussi irritantes et nocives pour la plante, provoquant l'émergence de galles qui se manifestent par la déformation des feuilles ou des fruits, entraînant ainsi une diminution de la productivité (Christelle, 2007).

1.4.1.5.2. Dégâts indirects :

Les conséquences indirectes des pucerons se classent principalement en deux catégories, à savoir (BECHADDAD & El MEDDAH, 2022) :

1.4.1.5.2.1. Production de miellat et fumagine :

Les produits non assimilés issus de la digestion de la sève, abondants en sucre, sont expulsés sur la plante sous forme de miellat. Cette substance peut perturber le processus de photosynthèse de la plante peut être affectée directement en obstruant les stomates, ou indirectement en stimulant la croissance de champignons saprophytes. Ces derniers entraînent des fumagines qui nuisent à la respiration et à l'assimilation de la chlorophylle, ou souillent les éléments comestibles (comme les fruits) et les rendent par conséquent invendables (Christelle, 2007 ; Giordanengo et al., 2010).

1.4.1.5.2.2. Transmission des virus phytopathogènes:

En transitant d'une plante à une autre, les pucerons établissent des liens indirects entre les végétaux éloignés et fixes (Brault et al, 2010). Les virus des plantes, qui ne peuvent se déplacer d'un hôte à un autre de manière autonome, ont tiré parti de cette caractéristique de façon efficace. Par conséquent, un grand nombre d'espèces virales exploitent le déplacement des pucerons pour assurer leur propagation et leur présence dans l'environnement.

1.4.1.6. Les méthodes de lutte contre les aphides :

1.4.1.6.1. Méthodes de lutte culturale :

Les pratiques culturales peuvent s'avérer utiles pour prévenir les infestations de pucerons ou en réduire la gravité. De manière générale, les pratiques culturales telles que la sélection du site, les cultures associées, la rotation des cultures, le choix des semences et la date de semis peuvent minimiser l'invasion des insectes ravageurs dans les cultures (KINLEY et al. 2021).

1.4.1.6.2. Méthodes de lutte chimique :

Selon Katare et al. (2015), sept insecticides distincts — tels que l'imidaclopride, le thiaméthoxame, le flubendiamide, le quinalphos, le diméthoate, l'acétamipride et la clothianidine — ont été évalués pendant deux ans pour la gestion du puceron foliaire de l'orge ; il a été conclu que tous les insecticides réduisaient de manière significative la population de pucerons, mais que le flubendiamide était le plus efficace.

1.4.1.6.3. Méthodes de lutte biologique :

La lutte biologique exploite les ennemis naturels pour supprimer les populations de pucerons en toute sécurité. L'introduction ou la conservation de prédateurs comme les coccinelles et les chrysopes, ainsi que de guêpes parasitoïdes, assure un contrôle naturel et continu de la prolifération des ravageurs (Rousselin et al., 2017; Javed et al., 2024; Vasquez et al., 2024; Liu & Chen, 2025).

Ces prédateurs sont complétés par des biopesticides et des agents microbiens, qui offrent une défense ciblée à faible impact. Les produits d'origine végétale comme le neem et les huiles essentielles perturbent les pucerons sans nuire aux espèces utiles (Ali et al., 2023; Farhan et al., 2024; Landge et al., 2024; Casas et al., 2025), tandis que les outils microbiens – tels que les champignons entomopathogènes et les bactéries du sol – constituent des alternatives prometteuses et respectueuses de l'environnement pour une gestion à long terme (Francis et al., 2022; Javed et al., 2024; Berings et al., 2026).

1.4.2. *Tribolium castaneum* :

1.4.2.1. Morphologie :

Les adultes sont petits, plats, mesurent de 2,3 à 4 mm de long et sont de couleur brun-rouge (Mahroof et Hagstrum, 2012). Le thorax est légèrement plus foncé que les élytres. Les élytres sont ponctués et présentent des striations à bords parallèles. L'adulte porte des ailes postérieures fonctionnelles, souvent utilisées pour le vol (Ridley et al., 2011). Les larves sont initialement blanchâtres, puis deviennent brunes et leur taille peut atteindre jusqu'à 5 mm (Chaubey et al. 2023).

1.4.2.2. Hôte :

T. castaneum, l'un des ravageurs les plus cosmopolites des denrées stockées, est polyphage (il se nourrit d'aliments variés) et altère les grains et leurs produits dérivés tant sur le plan

quantitatif que qualitatif (Bachrouch et al., 2010 ; Neenah, 2014). Il s'attaque à une grande variété de grains stockés et de produits transformés, notamment les haricots, les biscuits, les cornflakes, les fruits secs, les lentilles, le maïs, le riz, le sorgho, le blé et la farine de blé (Ranga Rao et al., 2010 ; Devi et Devi, 2015).

Les grains et produits endommagés contiennent des déjections (frass), des cadavres et des exuvies (restes de mue). Ils prennent également une couleur grise et dégagent une odeur piquante et inacceptable due aux benzoquinones, une substance chimique de défense sécrétée par leurs glandes prothoraciques et abdominales. Tout cela rend les grains et produits impropres à la consommation humaine et réduit grandement leur valeur marchande (Devi et Devi, 2015). Les larves comme les adultes se nourrissent de façon externe sur les grains, les farines et autres produits alimentaires transformés. Les larves consomment principalement le germe des grains de blé (White et Lambkin, 1988).

1.4.2.3. Cycle de vie et biologie :

T. castaneum est un insecte holométabole (à métamorphose complète) dont le cycle de vie comprend les stades d'œuf, de larve, de nymphe et d'adulte. Les femelles s'accouplent plusieurs fois et pondent environ 300 à 600 œufs. Les œufs sont blancs, microscopiques et recouverts d'une substance collante à laquelle adhèrent les particules de farine. Après environ 5 à 12 jours d'incubation, les œufs éclosent pour donner des larves. Les larves écloses se nourrissent de toute nourriture disponible pendant environ 3 à 4 semaines avant d'entrer en nymphose. La phase nymphale (stade de nymphe) dure de 5 à 9 jours.

Il faut de 7 à 12 semaines pour compléter son cycle de vie .cependant, la durée de vie dépend de la température et de l'humidité relative. Une température de 27 °C s'est avérée être la plus propice au développement. On compte quatre à cinq générations par an (**Figure I.5**)

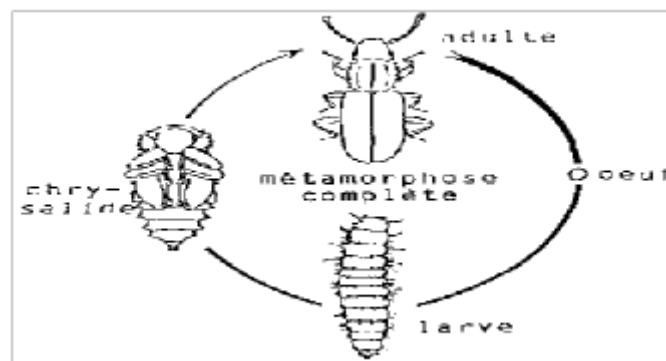


Figure I.5 : Cycle de vie de *Tribolium castaneum* (ANNONYME 2, 2002)

1.4.2.3.1. Œufs :

Les œufs sont blanchâtres, microscopiques (0,61 mm de long et 0,3 mm de large) et de forme cylindrique, avec des restes de particules de farine adhérant à leur surface grâce à une substance collante présente sur la coquille de l'œuf (Li et Arbogast, 1991 ; Devi et Devi, 2015). Cela rend leur détection dans la farine très difficile. La période d'incubation des œufs dure environ 5 à 9 jours (Devi et Devi, 2015).

1.4.2.3.2. Larves :

Les larves sont minuscules, mesurent 4 à 5 mm de long, sont cylindriques, minces, de couleur blanc-brunâtre, très actives pour se nourrir et fortement sclérifiées (durcies) lorsqu'elles atteignent leur plein développement. La phase larvaire comprend six à sept stades larvaires (instars) (Devi et Devi, 2015). La durée de cette phase varie selon la disponibilité, le type et la qualité de la nourriture, ainsi que la température et l'humidité relative (Chaubey, 2023). Il faut généralement 12 à 13 jours, avec une moyenne de 12,9 jours, pour la compléter (Chaubey, 2023); Devi et Devi, 2015).

1.4.2.3.3. Nymphes :

La nymphe est de couleur brune, quiescente (immobile), ne se nourrit pas et n'a pas de cocon. La longueur de la nymphe varie selon le sexe. La longueur moyenne du corps de la nymphe mâle est d'environ $3,18 \pm 0,3$ mm pour une largeur de $1,07 \pm 0,03$ mm. La longueur moyenne du corps de la nymphe femelle est de $4,12 \pm 0,01$ mm pour une largeur de $1,15 \pm 0,01$ mm (Devi et Devi, 2015). La durée du stade nymphal varie également selon le sexe, la période étant de 6 à 7 jours pour les mâles, tandis qu'elle dure de 7 à 9 jours pour les femelles (Devi et Devi, 2015).

1.4.2.4. Comportement d'accouplement :

Les femelles de *T. castaneum* font preuve de polyandrie (une seule femelle peut s'accoupler avec plusieurs mâles au cours d'une même période d'accouplement). La polyandrie augmente la production de la descendance car, lors des accouplements avec plusieurs mâles, la femelle reçoit une grande quantité de spermatozoïdes et choisit de manière cryptique (sélection spermiq ue post-copulatoire) ceux qui seront utilisés pour la fécondation (Fedina et Lewis, 2004). Cela s'avère également important du fait que de nombreux mâles sexuellement actifs ne

sont pas vierges et peuvent présenter un épuisement de leurs réserves de sperme (Pai et al., 2005). De plus, la polyandrie accroît la variabilité génétique au sein de la population. Les mâles sélectionnent aussi les femelles avec lesquelles ils s'accouplent. Les mâles dotés d'un grand nombre de récepteurs olfactifs préfèrent et choisissent des femelles vierges matures ; ils reconnaissent les femelles non vierges grâce à une odeur produite par leurs glandes reproductrices. Les femelles vierges, quant à elles, sont dépourvues de telles glandes odorantes (Arnaud, 1999).

1.4.2.5. Importance économique :

T. castaneum endommage les grains stockés et les produits alimentaires, causant d'énormes pertes économiques, en particulier dans les régions les plus chaudes du monde. Il infeste les grains déjà endommagés par d'autres ravageurs ou abîmés lors de la récolte et du stockage. Le produit affecté se retrouve contaminé par des matières fécales, dégage une odeur désagréable et perd sa valeur nutritionnelle ainsi que sa valeur marchande. Les quinones sécrétées par ses glandes thoraciques et abdominales altèrent profondément la qualité des grains et des produits dérivés. La température et le taux d'humidité influencent fortement son comportement alimentaire. Une augmentation de la température de 4 °C (passant de 28 à 32 °C) multiplie par deux la perte de poids des grains entiers (Majeed et al., 2016). De même, une hausse du taux d'humidité des grains entiers de 12,2 à 14,2 % multiplie les dégâts par 1,6 durant les 60 premiers jours, par 1,3 au cours des 60 jours suivants, et par 1,2 durant les 60 derniers jours d'infestation (Daniels, 1956). De plus, *T. castaneum* peut propager des infections fongiques et bactériennes à savoir : *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Cladosporium herbarum*, *Enterococcus faecalis*, *Penicillium citrinum* et *P. purpurogenum* (Channaiah et al., 2010 ; Yun et al., 2018).

1.4.2.6. Lutte :

1.4.2.6.1. Lutte physique :

Un nettoyage rigoureux de la zone de stockage, l'élimination et la destruction de toutes les sources d'infestation, ainsi que le tamisage des grains permettent de réduire les risques d'infestation par le *tribolium* de la farine. L'ajout de poussières inertes aux grains provoque la mort de l'insecte par dessiccation (déshydratation). Les grains suspects peuvent être conservés dans des récipients dotés de couvercles hermétiques, placés au congélateur pendant 4 à 5 jours, ou soumis à des températures de 50 °C. Cela réduit les niveaux d'oxygène et augmente le taux de dioxyde de carbone, ce qui entraîne la mort de l'insecte. De plus, l'application de poudre de

terre de diatomée sur les adultes de *T. castaneum* infestant le blé provoque une mortalité de 100 % (Aldryhim, 1990).

1.4.2.6.2. Lutte chimique :

À l'heure actuelle, des insecticides tels que le dichlorvos, les pyréthrinés, les pyréthrinés ainsi que des régulateurs de croissance des insectes (RCI) comme le méthoprène et le pyriproxyfène sont fréquemment utilisés (Sutton et al., 2011). La pyréthrine a trouvé de larges applications en raison de sa faible toxicité envers les mammifères et de sa grande efficacité contre une large gamme d'insectes ravageurs des denrées stockées. Les formulations commerciales utilisées contiennent souvent un agent synergique comme le pipéronyl butoxyde pour accroître l'efficacité des pyréthrinés (Brooke, 1958).

Les régulateurs de croissance des insectes provoquent des malformations ou réduisent l'émergence des adultes. L'application de pyréthrinés/pyréthrinés, seules ou combinées avec des régulateurs de croissance des insectes, donne de meilleurs résultats dans la gestion de ces ravageurs (Mullen, 1999). Cependant, l'inconvénient associé à ces produits chimiques de synthèse réside dans leurs effets résiduels et leur nature persistante.

1.4.2.6.3. Lutte biologique :

Différentes souches de champignons entomopathogènes (champignons spécifiques qui parasitent les insectes) ont suscité de l'espoir dans la gestion des insectes ravageurs des grains stockés. Il a été rapporté que deux champignons entomopathogènes, *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana*, donnent des résultats positifs contre de nombreux insectes ravageurs des grains stockés, y compris *T. castaneum* (Golshan et al., 2013 ; Zamani et al., 2013 ; Sewify et al., 2014 ; Abdu-Allah et al., 2015 ; Rumbos et Athanassiou, 2017 ; Batta, 2018).

Chapitre 2 :

Materiel et Méthodes

2.1. Objectif du travail

La première partie de notre recherche a été conduite au sein des laboratoires pédagogiques de l'université d'El Oued, qui relèvent de la faculté des sciences de la nature et de la vie ; alors que la deuxième partie est réalisée au niveau des laboratoires pédagogiques de l'Ecole supérieure d'agriculture Saharienne d'Eoued . L'objectif de cette étude est de comparer les propriétés phytochimiques et biologiques des extraits éthanoliques de *Tamarix sp.*, prélevés dans deux régions sahariennes, à savoir El Oued et Ouargla, qui se distinguent par des conditions écologiques variées.

Dans un premier temps, la présente étude repose sur la caractérisation phytochimique des extraits, en particulier par le biais du dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes, dans le but d'évaluer la richesse en composés bioactifs de chaque extrait.

Dans un second temps, les activités biologiques in vitro feront l'objet d'une évaluation, notamment en ce qui concerne les propriétés antioxydantes, ainsi que les activités insecticides et antifongiques, dans le but de mettre en lumière les différences potentielles associées à l'origine géographique des échantillons.

En définitive, l'objectif principal de cette étude consiste à évaluer l'impact des facteurs environnementaux spécifiques à chaque région sur la composition chimique et les activités biologiques de *Tamarix sp.* De plus, il s'agit d'identifier la région présentant le meilleur potentiel pour la valorisation de cette espèce en tant que source naturelle de composés bioactifs d'intérêt tant pharmacologique qu'agronomique.

2.2. Matériel végétal

Les feuilles de *Tamarix sp* utilisées dans cette étude ont été récoltées en février 2026 de la Wilaya d'El Oued (échantillon 01) et Ouargla (échantillon 02). Elles ont été lavées soigneusement à l'eau courante, conservées à température ambiante et à l'abri de l'humidité pendant une semaine, puis séchées dans une étuve à 40°C pendant 24 heures. Une fois séchées, elles ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique. Jusqu'à l'obtention d'une poudre fine (figure II.1).



Figure II.1. La partie aérienne de la plante étudiée *Tamarix* sp (Originale ; 2026)

2.3. Préparation des extraits éthanoliques

L'extrait éthanolique des deux échantillons étudiés est préparé par macération de 10 g de poudre de chaque échantillon dans 100 ml d'éthanol 70%, pendant 72h.

Les extraits éthanoliques sont récupérés dans un premier temps après filtration du mélange à travers le papier filtre Wattman N°1 et les résidus obtenus sont repris pour une deuxième et une troisième extraction avec un même volume des mélanges éthanoliques, d'une durée respective de 24 heures. Les filtrats sont réunis et concentrés à l'aide d'un Rotavapor sous pression réduite à 40 °C permettant ainsi d'obtenir des résidus secs qui sont considérés comme étant les extraits bruts (figure.II.2).

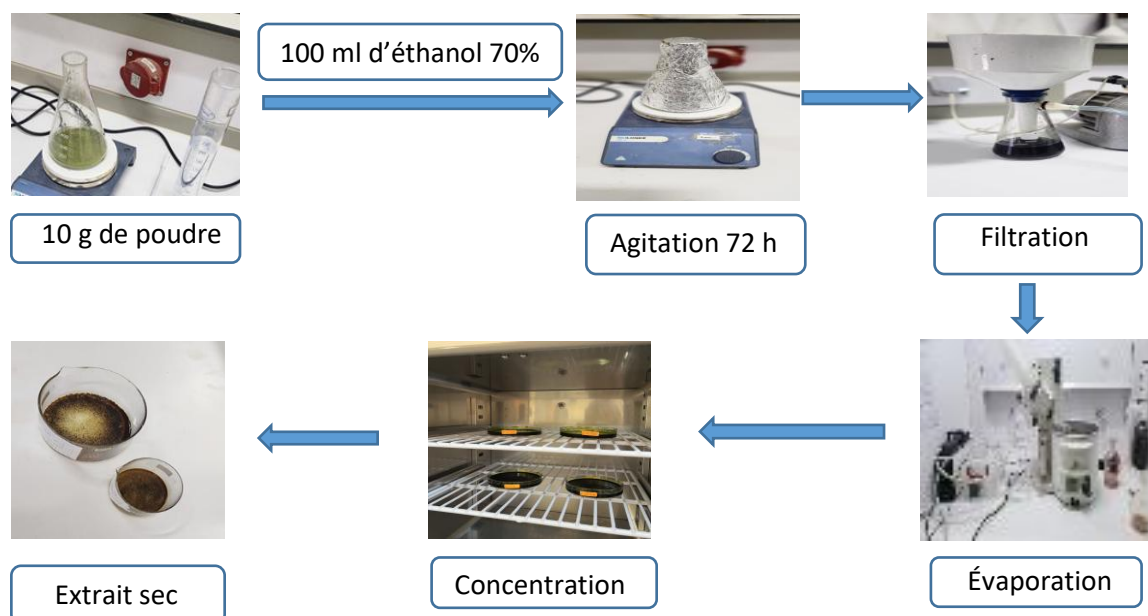


Figure.II.2. Protocole de préparation d'extrait éthanolique de l'échantillon étudié
(Originale, 2026)

2.4. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction en pourcentage (%) est défini comme étant le rapport entre le poids de l'extrait sec en gramme et le poids de la plante sèche en poudre. Il est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Rendement \%} = \frac{\text{M0}}{\text{M1}} \times 100$$

M1

M0= masse en gramme de l'extrait sec ;

M1= masse en gramme de la matière végétale initiale sèche.

2.5. Criblage phytochimique

Le criblage phytochimique constitue une analyse qualitative fondée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation à l'aide de réactifs spécifiques. Il s'agit d'un outil essentiel qui permet d'identifier la présence des divers groupes de phytocomposés au sein d'une plante spécifique (Godlewska et al., 2023)

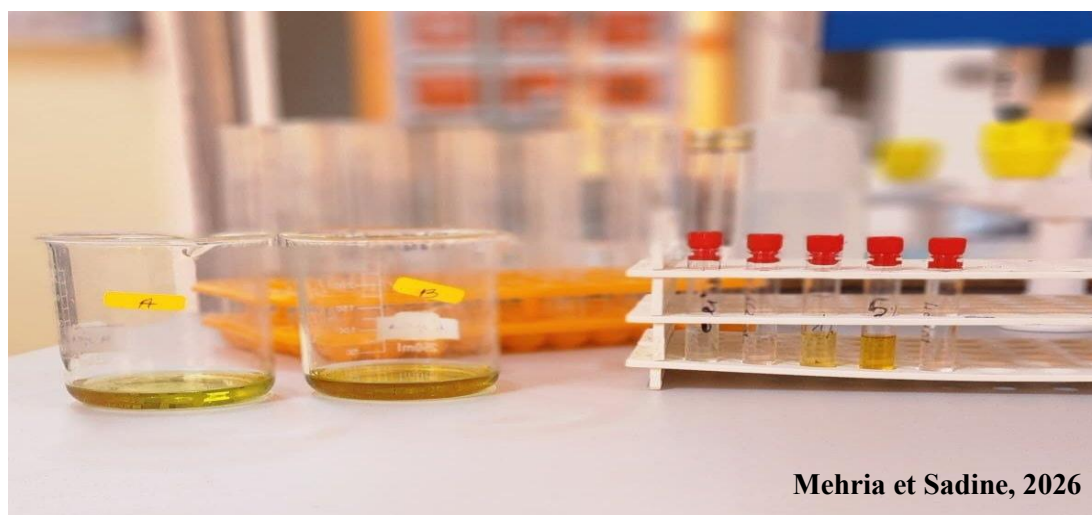


Figure.II.3. préparation des tests phytochimique (Originale, 2026)

2.5.1. Détection des polyphénols

Un volume de 2 mL d'extrait de plante a été dilué dans de l'eau puis chauffé à une température comprise entre 45 et 50 °C. Par la suite, 2 mL d'une solution de FeCl₃ à 0,3 % ont été incorporés. L'apparition d'une coloration vert foncé ou bleue signale la présence de composés phénoliques.

2.5.2. Détection des flavonoïdes

Une petite quantité de l'extrait a été mélangée avec 5 ml d'éthanol à 95% et ensuite ajoutée avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique HCl concentré et 0,5 g de magnésium. L'apparition d'une couleur rose ou magenta en 1 ou 2 minutes montre qu'il y a des flavonoïdes.

2.5.3. Détection des terpènes

Chaque extrait est additionné de 0,5 ml d'anhydride acétique puis de 0,5 ml de chloroforme ; après dissolution, les solutions sont transférées dans des tubes à essai auxquels est ajouté 1 ml d'acide sulfurique concentré. La réaction est réalisée à basse température ; l'apparition d'un anneau rouge brunâtre ou violet, accompagnée d'une coloration verte ou violette de la couche surnageante, révèle la présence de terpènes.

2.5.4. Détection des alcaloïdes

Avant la réalisation du test de Wagner, le filtrat a été préparé par l'ajout de quelques milligrammes de chaque extrait à cinq millilitres d'acide chlorhydrique à 1,5 %, suivi d'une filtration ; ces filtrats ont ensuite été employés pour la détection des alcaloïdes. 1,7 gramme d'iode sont dissous en présence de 2 grammes d'iodure de potassium dans 5 ml d'eau, puis le volume est ajusté à 100 ml par addition d'eau. Le réactif de Wagner est par la suite incorporé au filtre de test. La formation d'un précipité brun révèle la présence d'alcaloïdes.

2.5.5. Détection des saponosides

Une quantité de quelques milligrammes de l'extrait est déposée dans un tube à essai, à laquelle sont ensuite incorporés du bicarbonate de sodium et de l'eau. Lorsque la mousse présente une structure stable évoquant des nids d'abeilles, cela signale la présence de saponines.

2.5.6. Détection des tanins

Un peu de chaque extrait est ajouté à l'eau tiède avant de filtrer. Une solution de chlorure de fer à 5 % est mélangée avec de l'éthanol à 90 %. On met quelques gouttes de cette solution sur le filtrat, et si on voit une couleur verte ou bleu profond, cela montre qu'il y a des tanins.

2.5.7. Détection des anthocyanes

Les anthocyanes sont misés en évidence par l'ajout de 5 ml d'acide sulfurique à 10 % aux 5 ml d'infusé à 5 %. La formation d'une coloration rose rougeâtre en milieu acide, qui évolue vers une teinte bleu violacé après l'ajout de 5 ml d'une solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) diluée à 50 %, confirme la présence d'anthocyanes.

2.5.8. Détection des stérols et des polyterpènes

L'identification des stérols et des polyterpènes repose sur la réaction de Libermann-Burchard. Un gramme de broyat est macéré dans 20 ml d'éther diéthylique pendant vingt-quatre heures, puis le mélange est filtré et ajusté à un volume de 20 mL. Dix millilitres de filtrat sont évaporés à sec sur un bain de sable, puis le résidu sec est dissous dans un mélange composé d'un millilitre d'anhydride acétique et d'un millilitre de chloroforme, avant d'être réparti dans deux tubes. L'un constituant le témoin et l'autre renfermant préalablement un à deux millilitres d'acide sulfurique concentré. La formation d'un anneau rouge brunâtre à la zone de contact entre les deux liquides ainsi que l'apparition d'une coloration violette dans la couche surnageante indiquent la présence de stérols et de polyterpènes.

2.6. Analyse quantitative

2.6.1. Dosage des polyphénols totaux

Le principe du dosage des polyphénols s'appuie sur la réduction, en milieu alcalin, de l'acide phosphomolybdique et de l'acide phosphotungstique contenus dans le réactif de Folin-Ciocalteu par les polyphénols, entraînant ainsi la formation d'un mélange d'oxydes de tungstène et de molybdène (Everette et al., 2010).

Cette réduction se traduit par l'apparition d'une coloration bleu foncé dont l'intensité est proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés (Shukla et al., 2009). Brièvement, 0,5 ml de chaque extrait (1 mg/ml) est ajouté à 2,5 ml du réactif de Folin Ciocalteu (10 fois dilué dans l'eau distillée), suivi par l'addition de 2 ml de carbonate de sodium Na₂CO₃ (7,5 %). Le mélange est ensuite incubé à la température ambiante dans l'obscurité pendant 2 heures et l'absorbance des mélanges a été mesurée par spectrophotomètre à 765 nm. La concentration des polyphénols totaux dans chaque extrait est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage dressée à partir d'une gamme de solutions d'acide gallique (5-20 µg/ml) établie séparément et est exprimée en milligrammes d'équivalents de quercétine par grammes du poids d'extrait.

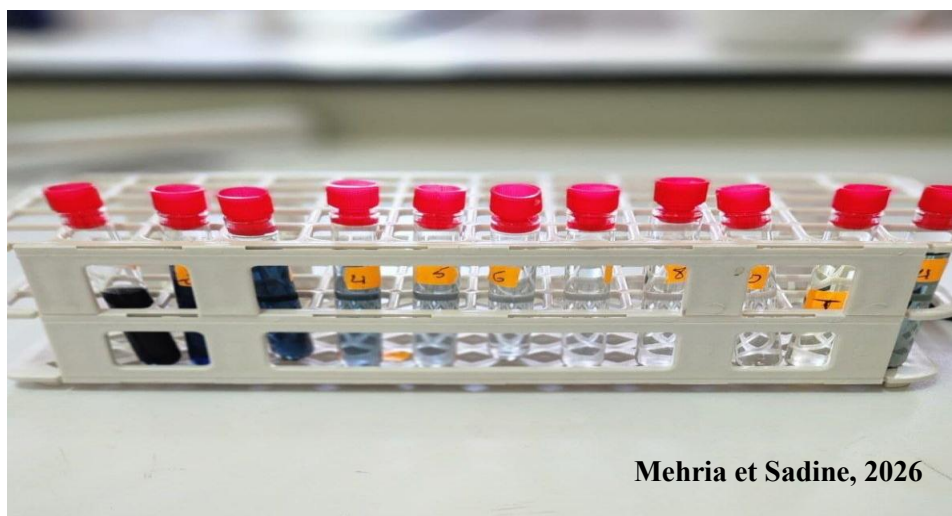


Figure.II.4. la préparation de dosage des polyphénols totaux pour les deux extraits étudiés (Originale, 2026)

2.6.2. Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été réalisée au moyen d'une méthode colorimétrique fondée sur l'emploi de trichlorure d'aluminium (AlCl_3). Les flavonoïdes forment des complexes de coloration jaunâtre par le phénomène de chélation des ions métalliques tels que le fer (Fe^{2+}) et l'aluminium (Al^{2+}). Cela démontre que le métal concerné cède deux électrons pour se lier à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique, cette dernière jouant le rôle de donneur d'électrons. La coloration jaune obtenue manifeste une absorbance maximale à 430 nm, et l'intensité de cette coloration est proportionnelle à la concentration en polyphénols présente dans l'extrait (Pękal & Pyrzynska, 2014).

Le dosage des flavonoïdes contenus dans les différents extraits a été réalisée selon les protocoles établis par (Adebiyi et al., 2017). En synthèse, un millilitre de solution d' AlCl_3 à 2 % est ajouté à un millilitre de solution d'extrait à la concentration d'un milligramme par millilitre. Après une période d'incubation de trente minutes, l'absorbance est évaluée à une longueur d'onde de 430 nm. La concentration des flavonoïdes contenus dans les extraits est quantifiée à partir d'une courbe d'étalonnage construite à l'aide de la quercétine (5-20 $\mu\text{g/ml}$) et exprimée en microgrammes d'équivalents en quercétine par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EQ/mg}$ d'extrait).

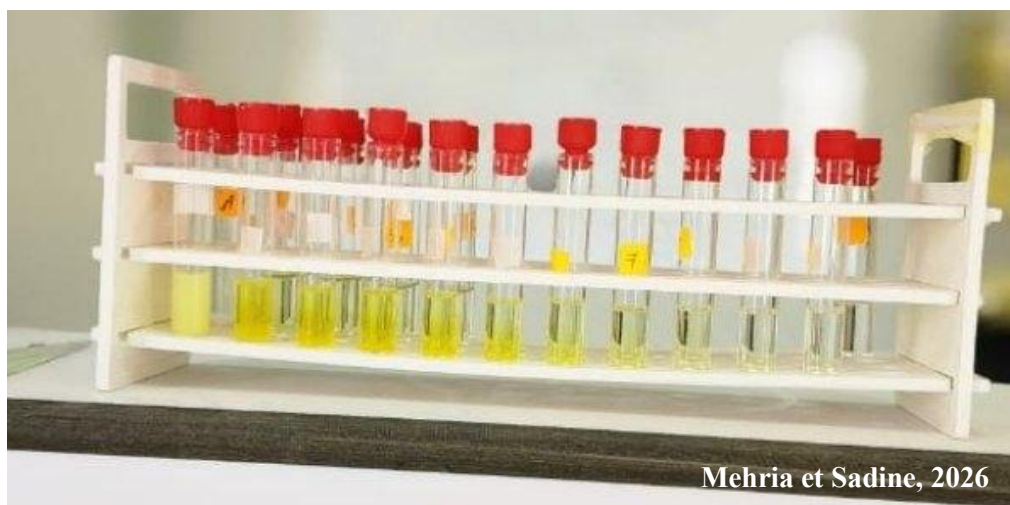


Figure.II.5. la préparation de Dosage des flavonoïdes pour les deux extraits étudiés (Originale, 2026)

2.7. Activité biologique

2.7.1. Activité antioxydant

2.7.1.1. Activité antioxydante par le test DPPH

L'activité de piégeage des radicaux libres a été évaluée à l'aide du radical libre stable DPPH ($C_{18}H_{12}N_5O_6$), constituant l'un des tests majeurs utilisés pour étudier l'application des extraits de plantes en tant qu'antioxydants (Bastos et al., 2007).

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) constitue un radical libre stable de teinte violacée en solution, présentant une absorbance spécifique dans la gamme spectrale de 512 à 517 nm ; cette coloration disparaît rapidement lors de la réduction du DPPH en diphényle picrylhydrazine par un composé doté de propriétés antiradicalaires, ce qui engendre une décoloration. L'intensité chromatique est proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à céder des protons (Sanchez-Moreno, 2002).

Dans des tubes, trente microlitres de chaque extrait (à une concentration de 1 mg/ml dans l'éthanol, avec des dilutions appropriées), puis 1,5 ml de la solution éthanolique contenant du DPPH y sont ajoutés (0,3 mM). Après agitation par un vortex, les tubes sont par la suite maintenus à température ambiante dans l'obscurité pendant une période de trente minutes. La quantification s'effectue par la mesure de l'absorbance à la longueur d'onde de 517 nm.

Le témoin négatif est constitué de 1,5 ml de solution de DPPH et de 30 µl d'éthanol. Le témoin positif est constitué d'une solution d'un antioxydant de référence, à savoir l'acide ascorbique.

Les résultats sont présentés sous forme de pourcentages d'inhibition des radicaux libres (I %) selon la formule suivante (Wang & Zhang, 2003) :

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = \left[\frac{(\text{Abs Control négatif} - \text{Abs Echantillon})}{\text{Abs Control négatif}} \right] \times 100$$

La valeur IC 50 est définie comme étant la concentration de l'extrait qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH (couleur), les valeurs IC 50 moyennes ont été calculées par les régressions linéaires de trois essais séparés où l'abscisse est représentée par la concentration de l'extrait testé et l'ordonnée par l'activité antioxydante en pourcentage.



Figure.II.6. . Evaluation de l'activité antioxydan par le test DPPH (Originale, 2026)

2.7.1.2. Activité antioxydant par le test FRAP

La méthode FRAP repose sur la réduction de l'ion ferrique (Fe^{3+}) en ion ferreux (Fe^{2+}). Cette méthode permet d'évaluer le potentiel réducteur des composés (Ou et al., 2001).

La présence de réducteurs (AH) dans les extraits de plantes entraîne la réduction du complexe ferricyanure de fer (III) (Fe^{3+}) à son état ferreux. En conséquence, le Fe^{2+} peut être quantifié en procédant à la mesure et à l'observation de l'accroissement de l'intensité de la couleur bleu cyanée dans le milieu réactionnel à une longueur d'onde de 700 nm. En effet, le

système $\text{FeCl}_3/\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ confère à la méthode une sensibilité permettant la détermination « semi-quantitative » des concentrations des antioxydants, lesquels interviennent dans la réaction redox (Amarowicz et al., 2004).

Le protocole utilisé est décrit par Beretta et *al.* (Beretta et al., 2005) avec quelques modifications. Dans un tube à essai en verre contenant 200 μl de solution d'échantillon à différentes concentrations, ont été ajoutés 500 μl de tampon phosphate (0,2M : pH 6,6) puis 500 μl de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 1% (potassium hexacyanoferrate) dans l'eau distillée. L'ensemble est chauffé à 50°C au bain marie pendant 20 minutes. Un volume de 500 μl d'acide trichloracétique (10%) est ensuite ajouté et le mélange est centrifugé à 3000 rpm pendant 10 minutes. Un aliquote de 500 μL de surnageant est transféré dans un autre tube auquel ont été ajoutés 500 μl d'eau distillée et 100 μl de FeCl_3 1% fraîchement préparé dans de l'eau distillée. Un blanc sans échantillon est préparé dans les mêmes conditions en remplaçant l'extrait par éthanol.

La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par l'éthanol qui permet de calibrer l'appareil. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique.



Figure.II.7. . Evaluation de l'activité antioxydan par le test FRAP (Originale, 2026)

2.7.2. Activité anti-inflammatoire

D'après Chandra et al. (2012) (Chandra et al., 2012), la méthode de dénaturation de l'albumine d'œuf a été sélectionnée, avec certains ajustements, afin d'évaluer son potentiel effet anti-inflammatoire. Nous avons réalisé la combinaison de 0,4 ml d'albumine d'œuf, extraite d'œufs de poules fraîches, avec 0,8 ml de PBS (solution saline tamponnée au phosphate, pH

6,4) et 2 ml de chaque extrait à diverses concentrations, en incorporant un volume équivalent d'eau distillée à titre de témoin.

Par la suite, le mélange a été maintenu à une température de 37 °C pendant une durée de 15 minutes, puis a été immédiatement transféré dans un bain-marie à 70 °C pour une période de cinq minutes. Après avoir été refroidi, il a été soumis à une centrifugation à une vitesse de 3000 tours par minute pendant une durée de 10 minutes.

L'absorbance a été déterminée à une longueur d'onde de 660 nm. L'acide acétylsalicylique a été employé en tant que médicament de référence.

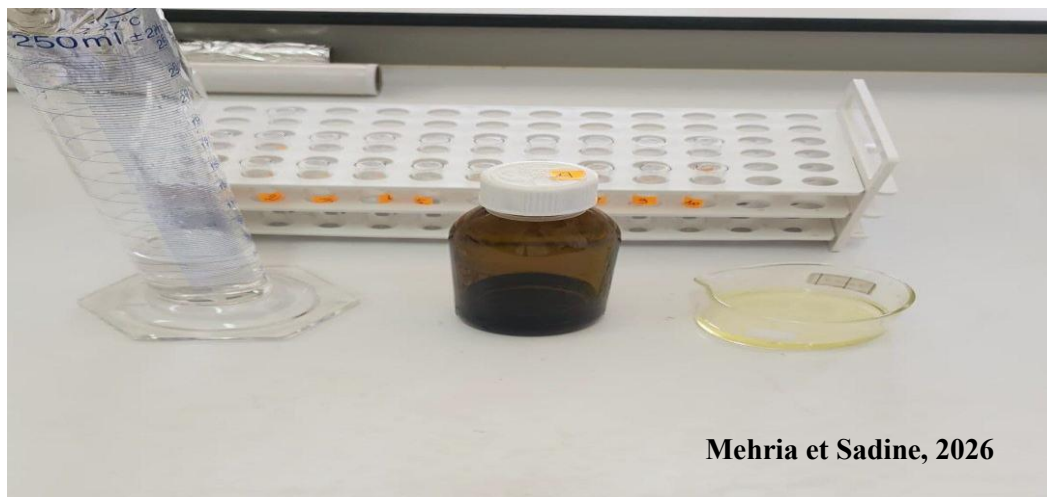


Figure.II.8. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire (Originale, 2026)

Afin de déterminer le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines, nous appliquons la formule suivante :

$$\% \text{Inhibition} = ((\text{Absorbance de contrôle} - \text{Absorbance de solution}) / \text{Absorbance de contrôle}) \times 100$$

2.7.3. Activité insecticide

2.7.3.1. Contre *Brevicoryne sp.*

En adaptant la méthode de toxicité par contact d'après (HIDER et al., 2022) ,avec certains ajustements, nous avons réalisé l'évaluation de l'activité insecticide par pulvérisation contre le puceron *Brevicoryne sp.*(Figure II.9).



Figure II.09: Individus de *Brevicoryne sp.* sur les feuilles de chou fourragère (Original, 2026)

Au laboratoire en utilisant un dispositif constitué de boîtes de Pétri en plastique, dont les couvercles ont été perforés pour permettre l'aération.

En premier lieu, le fond de chaque boîte a été tapissé d'un morceau de coton hydrophile imbibé d'eau distillée, sur lequel a été déposé un disque de feuille de chou de 5 mm de diamètre servant de support alimentaire.

Ensuite, un lot homogène de 20 pucerons adultes aptères a été transféré délicatement dans chaque unité expérimentale.

Concernant l'application des traitements, les solutions ont été préparées à partir d'une solution mère obtenue par la dissolution de 100 mg d'extrait brut dans 2 mL d'acétone, complétée à 98 mL avec de l'eau distillée sous agitation. Une gamme de dix dilutions progressives a été préparée pour les deux extraits (A et B), puis pulvérisée directement sur les insectes à l'aide de flacons en verre, en réalisant trois répétitions pour chaque concentration.

De plus, deux lots témoins (eau distillée seule et acétone à 2%) ont été intégrés dans les mêmes conditions avec trois répétitions chacun.

L'ensemble des 66 boîtes a été maintenu au laboratoire à une température ambiante oscillant entre 24°C et 28°C le jour du test, et le suivi de la mortalité a été effectué après 24h, 48h et 72h d'exposition.

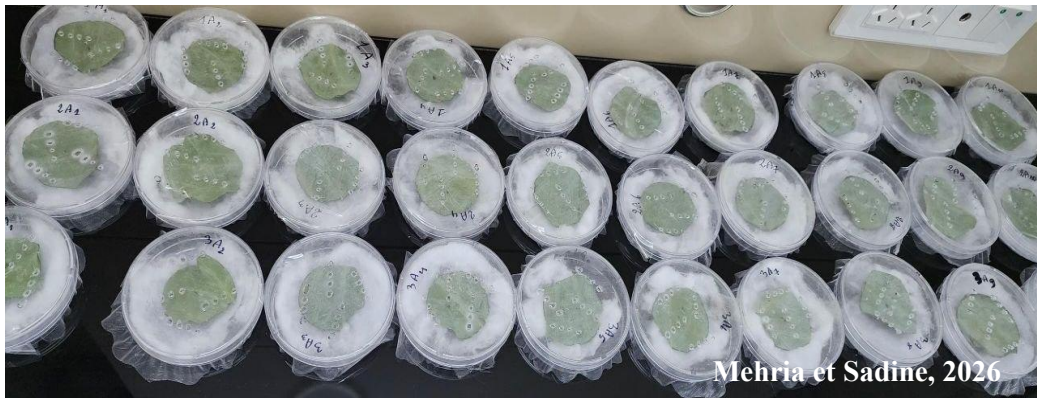


Figure.II.10. Effet par contact de l'extrait du *Tamarix sp.* sur *Brevicoryne sp.*
(Originale, 2026)

2.7.3.2. Contre *Tribolium Castaneum* :

L'évaluation de l'activité insecticide par ingestion contre *Tribolium castaneum* (Figure II.11) a été réalisée selon la méthode du disque de farine selon la méthode de (BODNARYK et al., 1996).



Figure II.11 : *Tribolium castaneum* (Originale, 2026)

Pour cela, la préparation de la solution mère a été effectuée en dissolvant 100 mg d'extrait brut dans 2 mL d'acétone, puis le volume a été complété à 98 mL avec de l'eau distillée

sous agitation magnétique constante. À partir de cette solution mère, une gamme de 10 dilutions progressives a été préparée pour chacun des deux extraits (A et B), ce qui a permis d'obtenir un total de 20 tubes à essai contenant chacun 1 mL de solution, en plus d'un tube témoin contenant uniquement de l'eau distillée.

Ensuite, une quantité de 200 mg de farine de blé a été rigoureusement pesée à l'aide d'une balance de précision, puis introduite et mélangée de façon homogène dans chaque tube.

À l'aide d'une micropipette, le volume de 1 mL de chaque mélange a été divisé en dix fractions égales de 100 μ L chacune, afin de former 10 disques de farine qui ont été laissés sécher à température ambiante pendant 24 heures. Après séchage complet, neuf de ces disques imprégnés ont été répartis à raison de trois disques par boîte pour réaliser les trois répétitions de chaque concentration. Le dixième disque restant a été pesé individuellement afin de déterminer le poids moyen initial des disques avant l'introduction des insectes. L'ensemble du dispositif expérimental comprenait 63 boîtes de Petri, dont les couvercles ont été préalablement perforés pour assurer l'aération.

Par la suite, un lot de 10 insectes adultes de *T. castaneum* a été délicatement introduit dans chaque boîte, où les disques constituaient la seule source de nourriture. Tout le dispositif a été maintenu aux conditions ambiantes du laboratoire pendant une durée de quatre jours. Le suivi et le comptage des insectes morts ont été effectués régulièrement après 24h, 48h, 72h et 96h d'exposition (figure.II.12).



Figure.II.12. Dispositif expérimental du test de toxicité par ingestion (méthode des disques de farine) chez *Tribolium castaneum*. (Original, 2026)

Enfin, à la fin de la période de traitement, les disques de farine restants ont été pesés à nouveau et comparés à leur poids initial avant l'introduction des insectes, ceci afin d'évaluer la quantité de nourriture consommée pour les deux extraits A et B.(figure.II.13).

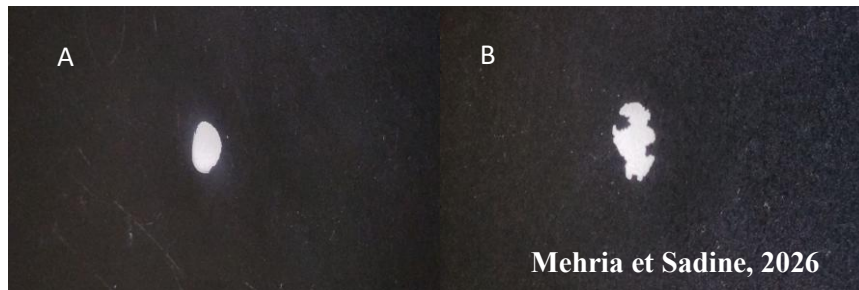


Figure.II.13.Illustration de la dégradation et de la consommation des disques de farine par les insectes testés. A : avant l'introduction des insectes, B : après l'introduction des insectes.

(Original, 2026)

3.1. l'analyse des données :

Le pourcentage de mortalité est calculé selon la formule :

$$\text{Mortalité (\%)} = \text{Nm} / \text{Nt} * 100$$

Nm : nombre d'insectes morts .

Nt : nombre total d'insectes testés.

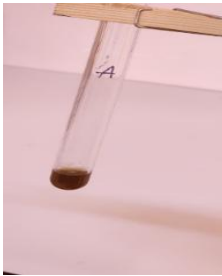
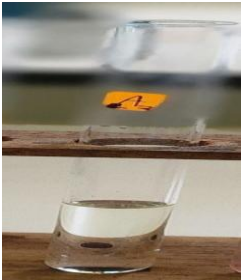
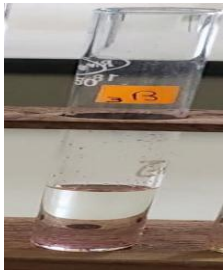
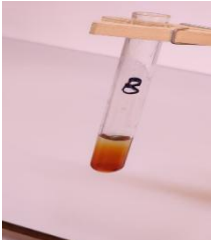
Chapitre 3 :

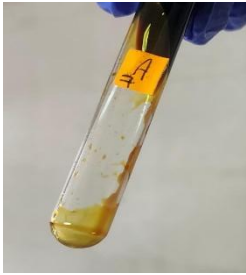
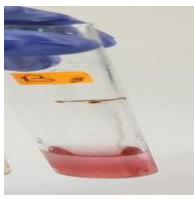
Résultats et Discussion

3.1. Résultat de criblage phytochimique

Les résultats du screening phytochimique des extraits (A) d'Ouargla et (B) d'El Oued de *Tamarix sp.* montrent une grande diversité en métabolites secondaires, avec une variation notable de l'intensité de coloration entre les deux échantillons étudiés (Tableau III.1).

Tableau III.1 : Résultats du screening phytochimique des extraits de *Tamarix sp.*

Substances actives	Résultat	Extrait (A)	Extrait (B)
Polyphénols	Vert foncé ou bleue	 (++)	 (+++)
Flavonoïdes	Rose ou magenta	 (-)	 (+)
Terpènes	Anneau rouge brunatre ou violet	 (+)	 (+++)

Alcaloïdes	Précipité brin	 (+)	 (+++)
Saponosides	Formation d'une mousse	 (-)	 (++)
Tanines	Couleur verte ou bleu profond	 (++)	 (+++)
Anthocyanes	Teinte bleu violacé	 (-)	 (-)
Stérols et polyterpènes	Coloration rouge avec coloration brun rougeâtre	 (+)	 (++)

+++ : Fortement positif

+ : Faiblement positive

++ : Moyennement positive

- : Absence totales

Les tests de caractérisation révèlent que l'extrait (B) est fortement riche en polyphénols, en alcaloïdes, en saponosides et en tanins. Aussi, il contient une quantité importante de stérols et polyterpènes et une faible quantité de flavonoïdes. Par contre, l'extrait (A) est moyennement riche en polyphénols, pauvre en alcaloïdes, saponosides, tanins et terpènes, et marque une absence totale des flavonoïdes. Une absence totale d'anthocyanes a été également enregistrée pour les deux extraits.

Nos résultats concernant la forte présence des polyphénols se rapprochent de ceux obtenus par (SAHCI. & TAGHRAMT., 2022) sur *Tamarix aphylla*, qui ont mis en évidence une richesse similaire pour les extraits aqueux et acétoniques. Cependant, une divergence claire est constatée pour les flavonoïdes, les alcaloïdes, les saponosides et les tanins qui se sont révélés absents ou à l'état de traces dans leur étude d'Adrar.

Ces variations quantitatives et qualitatives observées entre les deux travaux s'expliquent par l'influence directe des facteurs éco-environnementaux et du stress climatique propre à chaque région de récolte en Algérie, comme cela a été démontré par (Boulaaba. et al., 2013).

Ces conditions modifient la régulation des voies métaboliques de la plante, stimulant ou limitant la biosynthèse de ces métabolites secondaires à des fins de défense. De plus, la nature et la polarité des solvants utilisés jouent un rôle déterminant dans la sélectivité et le rendement d'extraction de ces molécules actives.

3.2. Analyse quantitative

3.2.1. Dosage de polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux des extraits de *Tamarix* provenant des deux régions étudiées a révélé une différence importante entre les échantillons. L'échantillon B, originaire de la région d'El Oued, présente une teneur plus élevée en composés phénoliques totaux avec une valeur de $129,029 \pm 0,78$ mg EAG/g d'extrait, tandis que l'échantillon A provenant de la région de Ouargla montre une teneur de $73,512 \pm 0,1$ mg EAG/g d'extrait (figure III-01). L'analyse statistique des teneurs en polyphénols totaux des deux échantillons de *Tamarix* montre une différence hautement significative entre l'échantillon A (Ouargla) et l'échantillon B (El Oued).

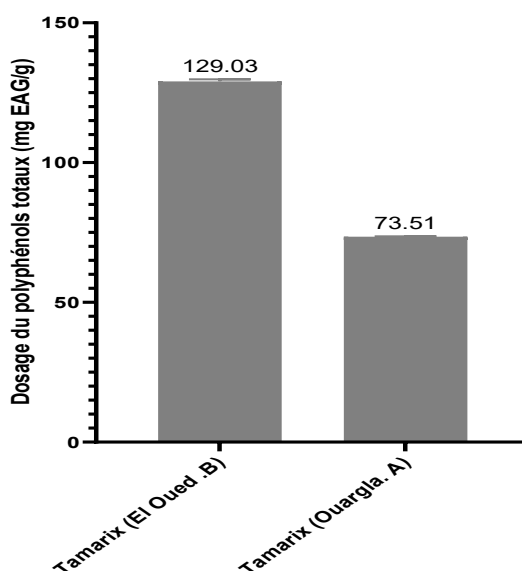
Cette variation indique un impact significatif des conditions écologiques et environnementales sur la biosynthèse des composés phénoliques chez les espèces de *Tamarix* originaires du Sahara (Falleh et al., 2008; Ksouri et al., 2012).

Une étude sur *Tamarix nilotica* a trouvé des teneurs en polyphénols de 95,1 mg EAG/g et 111,8 mg EAG/g selon l'endroit où la plante pousse, montrant que l'origine géographique

affecte beaucoup l'accumulation des composés phénoliques (Sekkien et al., 2018a). Ces valeurs inférieures à celles obtenues dans notre échantillon B d'El Oued mais supérieures à celles de l'échantillon A de Ouargla.

Des études ont été effectuées sur l'échantillon de *Tamarix articulata* cultivés à Adrar montrent une richesse en polyphénols de $398,42 \pm 5,21$ à $262,26 \pm 1,96$ mg EAG/g (Tabet et al., 2018).

Les métabolites phénoliques sont reconnus pour être considérablement affectés par divers facteurs pédoclimatiques, notamment la température, l'intensité lumineuse, la disponibilité en eau, la salinité du sol ainsi que le stress oxydatif. Les végétaux soumis à des conditions environnementales rigoureuses ont tendance à synthétiser une quantité accrue de composés phénoliques, dans le but de garantir leur protection contre les radicaux libres et les stress abiotiques (Michalak, 2006; Selmar & Kleinwächter, 2013).



FigureIII- 01: Teneur en polyphénols totaux dans les deux extraits étudiés

3.2.2. Dosage de flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes totaux des extraits de *Tamarix* provenant des régions d'Ouargla et d'El Oued a révélé une variation notable entre les deux échantillons étudiés. L'échantillon B provenant d'El Oued présente la teneur la plus élevée avec une valeur de $55,708 \pm 1,8$ mg EQ/g d'extrait, tandis que l'échantillon A récolté dans la région de Ouargla montre une teneur de $40 \pm 0,84$ mg EQ/g d'extrait (Figure III-02). L'analyse statistique montre

l'existence d'une différence significative entre les deux échantillons étudiés. La teneur en flavonoïdes de l'échantillon B est supérieure de manière importante à celle de l'échantillon A.

Nos résultats sont similaires à plusieurs études sur différentes espèces de *Tamarix*. Une étude sur *Tamarix gallica* a trouvé des flavonoïdes entre 32 et 58 mg EQ/g selon la partie de la plante et le solvant utilisé, des valeurs similaires à celles de notre étude (Ksouri et al., 2009). Des études sur *Tamarix africana* ont montré que les feuilles contiennent 37,4 mg EQ/g de flavonoïdes dans les extraits méthanoliques (Khadtane et al., 2017), ce qui est moins que pour l'échantillon B d'El Oued, mais proche de l'échantillon A de Ouargla .

Une étude sur *Tamarix nilotica* a montré que les flavonoïdes varient entre 41 et 53 mg EQ/g selon l'endroit où la plante pousse, prouvant que l'origine géographique influence l'accumulation de ces composés (Sekkien et al., 2018b).

Les flavonoïdes constituent une catégorie majeure de composés phénoliques secondaires, largement identifiés pour leurs activités antioxydantes, antimicrobiennes anti-inflammatoires ainsi que pour leur rôle protecteur contre le stress oxydatif (Kumar & Pandey, 2013; Panche et al., 2016).

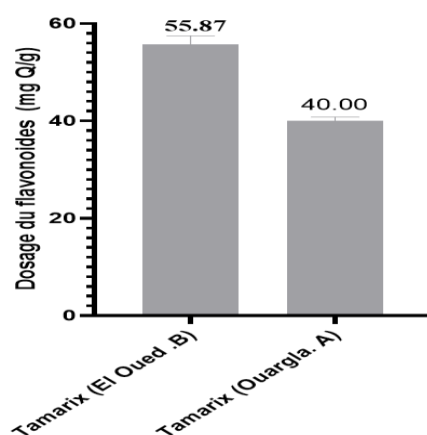


Figure III- 02 : Teneur en flavonoïdes de deux extraits étudiés

3.3. Activité biologique

3.3.1. Activité antioxydante

3.3.1.1. Test DPPH

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Tamarix* issus des régions de Ouargla (A) et d'El Oued (B) a été réalisée à l'aide du test de piégeage du radical libre DPPH.

Les résultats sont présentés en termes d'IC₅₀ (μg/mL), représentant la concentration requise pour inhiber 50 % du radical DPPH.

Les résultats obtenus indiquent que l'échantillon B présente une valeur d'IC₅₀ de 205,5 ± 0,320 μg/mL, tandis que l'échantillon A affiche une valeur supérieure de 253,838 ± 1,20 μg/mL. Ces valeurs demeurent inférieures par rapport à celle de l'acide ascorbique de référence, qui est de 29 μg/mL (Figure III-03).

Cette activité peut être attribuée à la présence de diverses molécules bioactives, notamment les acides phénoliques, les caroténoïdes, la phycocyanine ainsi que certaines vitamines aux propriétés antioxydantes (Belay, 2002 ; Khan et al., 2005).

Nos résultats présentent une activité antioxydante nettement inférieure à celle rapportée par Ksouri et al. (2009) pour les pousses de *Tamarix gallica* récoltées en Tunisie dont IC₅₀ égale 12,25 μg/mL (Ksouri et al., 2009). Cette différence majeure peut s'expliquer par une disparité au niveau de la composition qualitative en polyphénols (notamment la richesse en flavonoïdes hautement méthoxylés ou en acides phénoliques spécifiques chez *T. gallica*). En revanche, nos extraits (surtout celui d'El Oued : EC₅₀ = 205,50 μg/mL) sont plus puissants que l'extrait aqueux de *Tamarix africana* étudié par Mohammedi et Atik (2011) dans le Nord-Ouest algérien, qui avait une IC₅₀ = 320,15 μg/mL (Mohammedi & Atik, 2011). Cette supériorité de nos échantillons montre que notre solvant d'extraction est plus efficace qu'une simple décoction d'eau, qui peut dégrader certains principes actifs sensibles à la chaleur.

L'activité antioxydante constatée peut être liée à la teneur élevée des extraits en composés phénoliques et flavonoïdes. Effectivement, les polyphénols possèdent la capacité de neutraliser les espèces réactives de l'oxygène par leur aptitude à fournir des atomes d'hydrogène ou des électrons (Dai & Mumper, 2010).

L'activité antioxydante la plus élevée de l'échantillon B s'aligne avec sa concentration significative en polyphénols et flavonoïdes, comme cela a été constaté précédemment. De nombreuses études ont mis en évidence une corrélation négative entre la valeur d'IC₅₀ et la concentration en composés phénoliques : à mesure que la teneur en polyphénols augmente, la valeur d'IC₅₀ diminue et l'activité antioxydante s'accroît (Falleh et al., 2008).

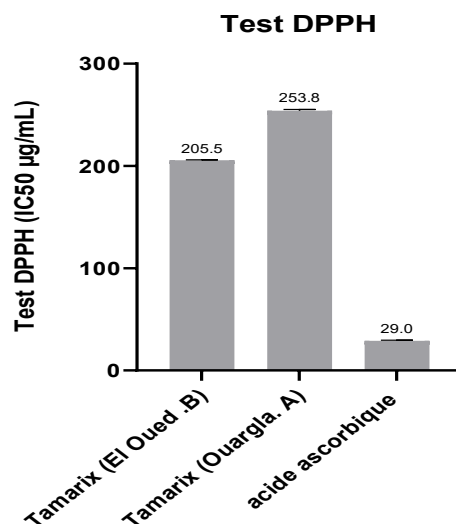


Figure III- 03 : Concentration d’inhibition de 50 % des radicaux libres par le test de DPPH

3.3.1.2. Test FRAP

Les résultats issus du test FRAP indiquent que l'extrait de *Tamarix* provenant de la région d'El Oued présente un pouvoir réducteur élevé ($684,833 \pm 1,28 \mu\text{g/mL}$), surpassant de manière significative celui de l'échantillon de Ouargla ($219,363 \pm 0,58 \mu\text{g/mL}$). Cette disparité atteste de la plus grande richesse de l'échantillon B en composés antioxydants, en particulier les polyphénols et les flavonoïdes (Figure III- 04).

En comparaison avec des travaux existants, des recherches menées sur *Tamarix boveana* ont révélé un pouvoir réducteur qui varie en fonction du type d'extrait, avec des valeurs $A_{0.5}$ oscillant entre 33 et $442 \mu\text{g/mL}$, ce qui témoigne d'une forte dépendance à la nature du solvant ainsi qu'aux conditions d'extraction (Lamera et al., 2025). Par conséquent, les valeurs obtenues pour nos extraits, notamment celui d'El Oued, se révèlent comparables, voire supérieures, à celles documentées pour *Tamarix boveana*, ce qui indique que nos échantillons présentent un potentiel antioxydant significatif.

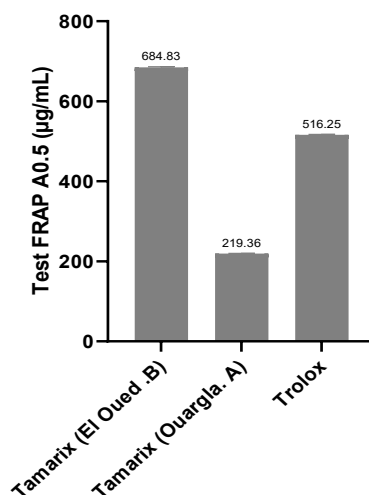


Figure III-04 : Résultats de l'activité antioxydante par le test de FRAP

3.3.2. Activité anti-inflammatoire

Les résultats obtenus indiquent que les extraits éthanoliques de *Tamarix sp.* présentent une activité anti-inflammatoire significative, évaluée par l'inhibition de la dénaturation des protéines. Cette activité s'accroît de manière progressive en fonction de l'augmentation de la concentration, ce qui témoigne d'un effet dépendant de la dose. L'extrait issu d'El Oued a révélé des pourcentages d'inhibition supérieurs à ceux observés pour l'extrait d'Ouargla, ce qui pourrait être attribué à sa concentration plus élevée en polyphénols et en flavonoïdes. Ces composés sont reconnus pour leur aptitude à inhiber les médiateurs inflammatoires et à préserver les protéines contre la dénaturation provoquée par la chaleur.

En effet, le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines augmente de manière progressive, passant de $21,43 \pm 1,12$ % à $84,36 \pm 2,31$ % pour l'extrait d'El Oued, tandis qu'il fluctue de $14,28 \pm 0,95$ % à $71,42 \pm 2,14$ % pour l'extrait d'Ouargla lorsque la concentration varie de 50 à 800 µg/mL (Tableau III.2).

Pour toutes les concentrations évaluées, l'extrait d'El Oued affiche des pourcentages d'inhibition supérieurs à ceux de l'extrait d'Ouargla, ce qui témoigne d'une capacité supérieure à prévenir la dénaturation des protéines. La distinction entre les deux extraits se révèle plus prononcée aux concentrations élevées, en particulier à 400 et 800 µg/mL, où l'extrait d'El Oued atteint respectivement 68,94 % et 84,36 % d'inhibition, tandis que l'extrait d'Ouargla enregistre des valeurs de 55,73 % et 71,42 %.

De plus, les résultats obtenus présentent une similarité avec ceux documentés pour d'autres plantes médicinales originaires du Sahara. Des recherches menées sur les extraits d'*Artemisia herba-alba* ont révélé une activité anti-inflammatoire significative attribuable à leur

teneur élevée en flavonoïdes et composés phénoliques (Boudjelal et al., 2013). De manière similaire, les extraits de *Ziziphus lotus* ont démontré une inhibition notable de la dénaturation des protéines, ce qui est attribuable à leur concentration élevée en tanins et en flavonoïdes (Benammar et al., 2010). Par conséquent, les extraits de *Tamarix sp.* pourraient représenter une source naturelle prometteuse de composés bioactifs présentant un potentiel anti-inflammatoire.

Tableau III.2 : Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de l'albumine par les extraits éthanoliques et leurs mélanges.

Concentration ($\mu\text{g/mL}$)	% inhibition – Extrait d'El Oued	% inhibition – Extrait d'Ouargla
50	$21,43 \pm 1,12^{a***}$	$14,28 \pm 0,95^{b***}$
100	$35,67 \pm 1,45^{a***}$	$25,84 \pm 1,21^{b***}$
200	$52,18 \pm 1,73^{a**}$	$39,26 \pm 1,54^{b**}$
400	$68,94 \pm 2,05^{a*}$	$55,73 \pm 1,88^{b*}$
800	$84,36 \pm 2,31^{\text{ns}}$	$71,42 \pm 2,14^{\text{ns}}$

L'analyse statistique des données relatives à l'activité anti-inflammatoire des extraits éthanoliques de *Tamarix sp.* révèle des disparités significatives selon les origines géographiques, en particulier entre les échantillons issus d'El Oued et de Ouargla. À chacune des concentrations évaluées, la présence de lettres distinctes (a et b) témoigne d'une différence statistiquement significative ($p < 0,05$), démontrant que l'extrait d'El Oued exerce une inhibition de la dénaturation des protéines nettement supérieure à celle de l'extrait d'Ouargla.

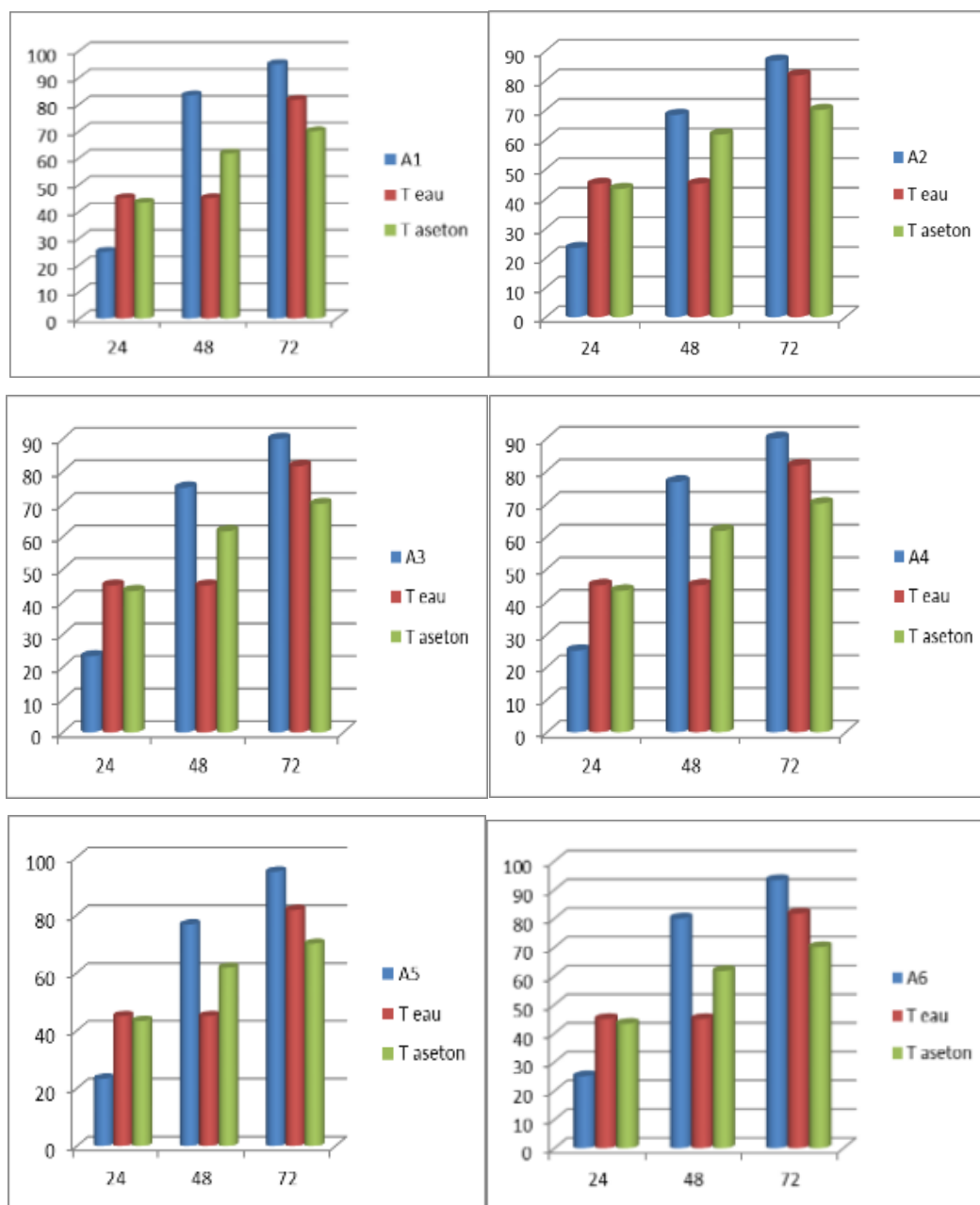
De surcroît, le degré de significativité fluctue en fonction de la concentration. À des concentrations faibles (cinquante et cent microgrammes par millilitre), la différence est extrêmement significative ($p < 0,001$), indiquant une supériorité marquée de l'extrait d'El Oued dès ces faibles doses. À des concentrations intermédiaires (200 et 400 $\mu\text{g/mL}$), la différence demeure significative bien qu'elle diminue légèrement ($p < 0,01$ et $p < 0,05$), ce qui indique que l'écart entre les deux extraits tend à se réduire avec l'augmentation de la concentration. Enfin, à la concentration de 800 $\mu\text{g/mL}$, la différence n'est plus significative (ns), ce qui suggère que les deux extraits atteignent une efficacité maximale équivalente à haute concentration.

3.3.3. Effet insecticide des extraits de *Tamarix sp.*

3.3.3.1. Effet insecticide des extraits de *Tamarix sp.* sur le puceron *Brevicoryne sp.* :

3.3.3.1.1. Effet insecticide de l'extrait 'A' de *Tamarix sp.* Sur *Brevicoryne sp.* :

La figure suivante présente les taux de mortalité des individus de *Brevicoryne sp.* obtenus 24 H, 48 H, 72 H après le traitement par différentes doses de l'extrait "A" de *Tamarix sp.*



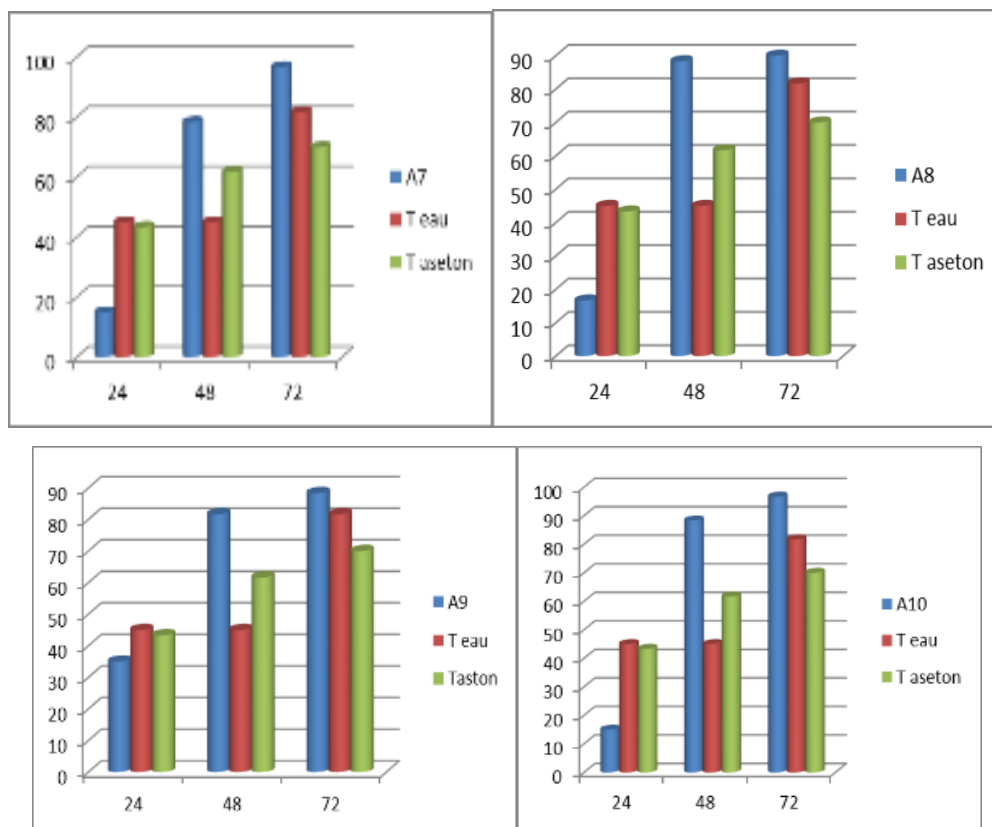


Figure III- 05: Évolution de la mortalité des individus de *Brevicoryne sp.* en fonction du temps et des doses de l'extrait "A" de *Tamarix sp.*

Les histogrammes de la Figure III-05 illustrent l'évolution du taux de mortalité des individus de *Brevicoryne sp.* Soumis à dix doses décroissantes de l'extrait "A" de *Tamarix sp.* (allant de A₁, la dose maximale à 100%, jusqu'à A₁₀ avec une dose de 0.39%), évaluée sur trois périodes (24 h, 48 h et 72 h).

D'une manière générale, les résultats révèlent une augmentation progressive du taux de mortalité avec l'augmentation du temps d'exposition et de la concentration de l'extrait.

Après 24 heures d'exposition, L'effet insecticide reste globalement modéré. Le taux de mortalité le plus élevé est enregistré à la dose maximale A₁ (100%) avec 25%. Ce taux diminue progressivement avec les doses intermédiaires (A₂ à A₉) pour atteindre ses valeurs les plus faibles à la dose A₁₀ avec un pourcentage de 15%. Durant cette même période, les témoins eau distillée et acétone enregistrent respectivement 45% et 43% de mortalité.

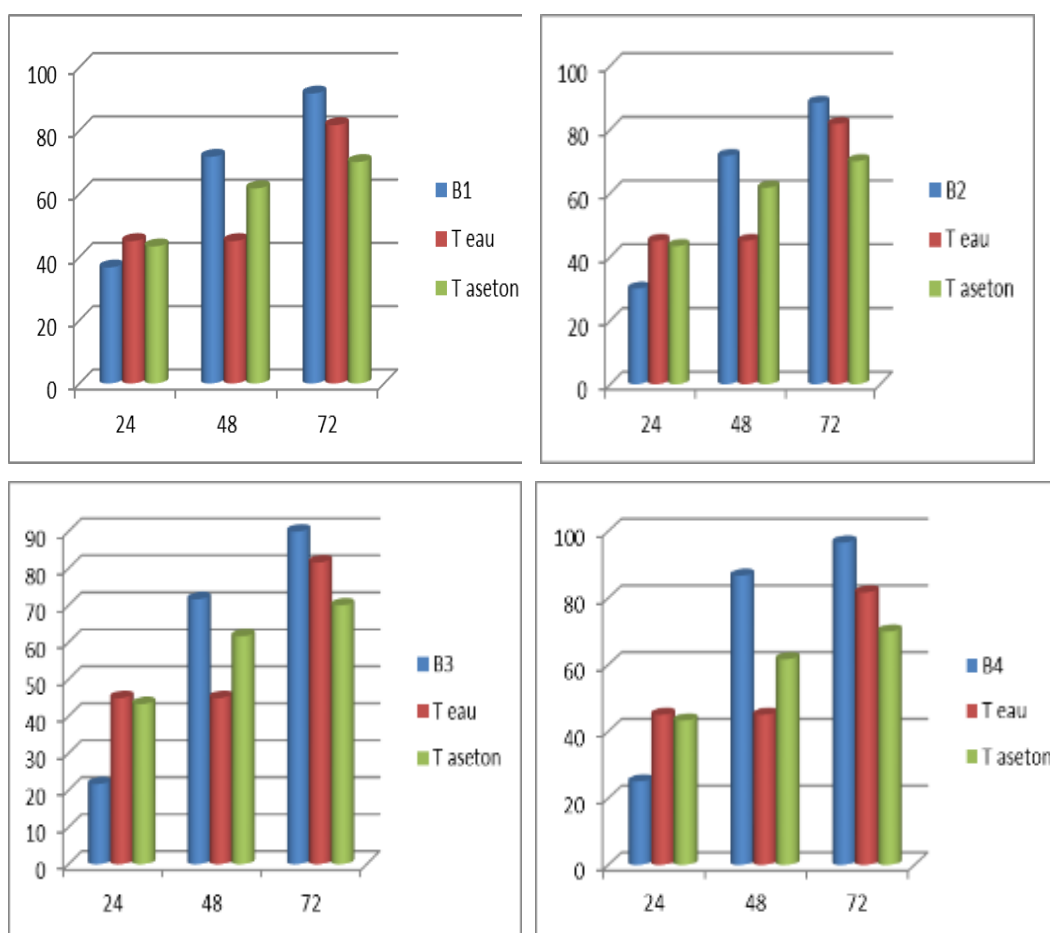
Après 48 heures d'exposition, une hausse notable de la mortalité est observée pour l'ensemble des traitements. Les taux de mortalité forment une courbe descendante allant de 83% pour la dose maximale A₁ jusqu'à atteindre les valeurs les plus basses pour la dose la plus faible A₇. Les témoins affichent quant à eux des taux de 65% (Eau) et 61% (Acétone).

Après 72 heures d'exposition, le pic de mortalité est enregistré à la dose maximale A₁ (100%) avec un taux de 95%. L'efficacité biocide décroît ensuite de manière régulière au fur et à mesure que l'extrait est dilué (de A₂ à A₁₀). À ce stade, les témoins eau et acétone affichent respectivement 81% et 70% de mortalité.

En conclusion, on observe une relation claire de type temps-dépendante et dose-dépendante concernant le taux de mortalité des individus traités.

3.3.3.1.2. Effet insecticide de l'extrait 'B' de *Tamarix* sp. Sur les Aphides de *Brevicoryne* sp. :

La figure suivante présente les taux de mortalité des individus de *Brevicoryne* sp. obtenus après 24 H, 48 H, 72 H après le traitement par différentes doses de l'extrait "B" de *Tamarix* SP.



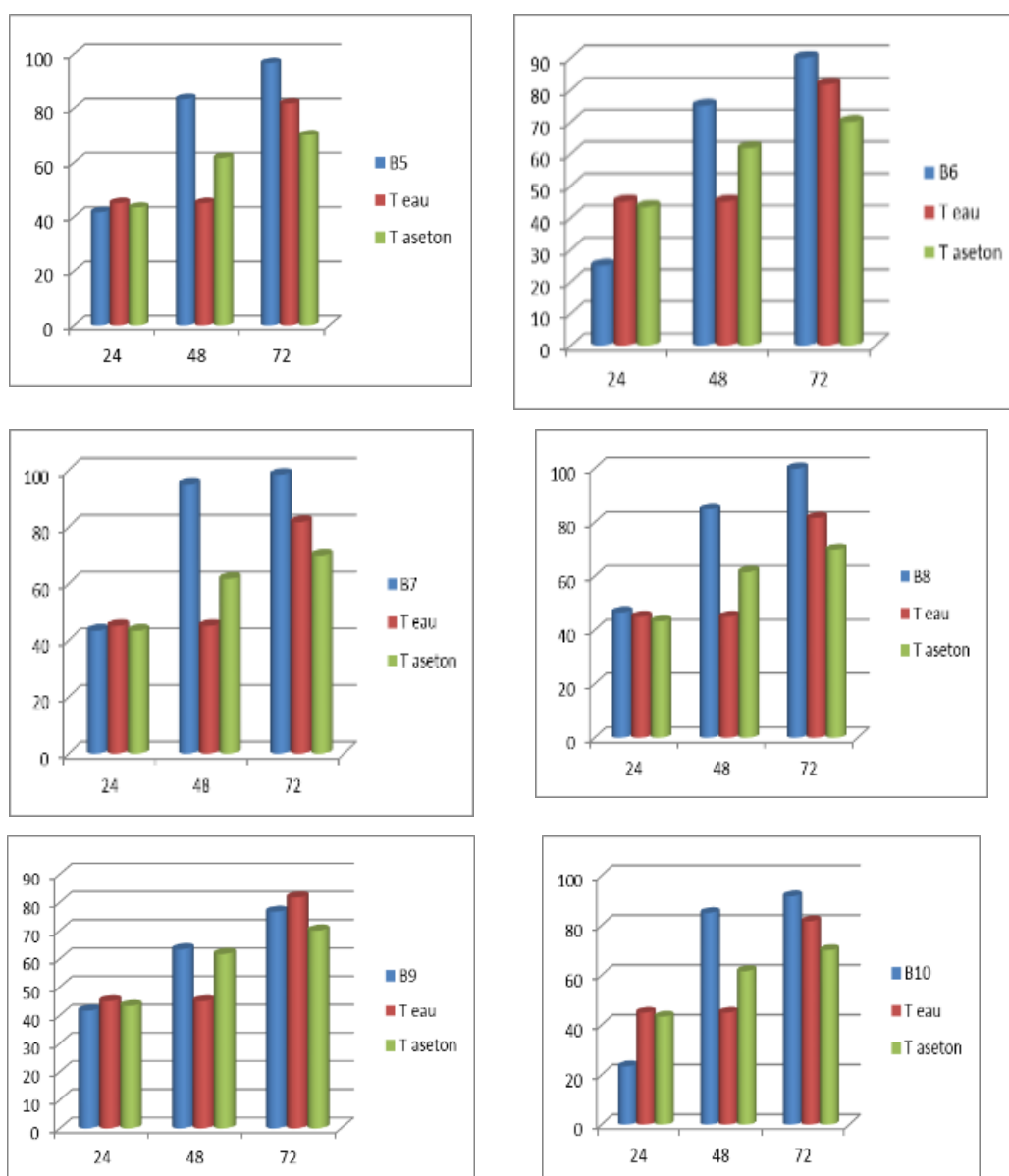


Figure III-06: Évolution de la mortalité des individus de *Brevicoryne* sp. en fonction du temps et des doses de l'extrait "B" de *Tamarix* SP.

Les histogrammes de la Figure III-06 illustrent l'évolution du taux de mortalité des individus de *Brevicoryne* sp. Soumis à dix doses décroissantes de l'extrait "B" de *Tamarix* sp. (allant de B₁, la dose maximale à 100%, jusqu'à B₁₀, la dose la plus diluée), évaluée sur trois périodes (24 h, 48 h et 72 h).

D'une manière générale, les résultats révèlent une augmentation progressive du taux de mortalité en fonction du temps d'exposition pour l'ensemble des doses testées. Cependant, l'efficacité biocide de l'extrait "B" montre une évolution inverse par rapport aux concentrations, où les taux de mortalité les plus élevés sont enregistrés aux faibles doses, tandis que les doses les plus fortes manifestent un effet relativement plus modéré.

Après 24 heures d'exposition, l'effet insecticide demeure globalement faible à modéré. Le taux de mortalité le plus bas est enregistré à la dose maximale B₁ avec environ 38%. Ce taux augmente progressivement à mesure que l'extrait est dilué, atteignant des valeurs intermédiaires fluctuant entre 30% et 48% pour les doses (B₂ à B₉), pour enregistrer environ 30% à la dose la plus faible B₁₀. Durant cette même période, les témoins eau distillée et acétone enregistrent respectivement des taux constants proches de 45% et 43% de mortalité.

Après 48 heures d'exposition, une hausse notable de la mortalité est observée pour tous les traitements. Les taux de mortalité forment une courbe ascendante globale en fonction de la dilution, allant de 70% pour la dose maximale B₁, et augmentant progressivement à travers les doses intermédiaires pour atteindre des pics remarquables aux doses les plus diluées, notamment à la dose B₇ avec environ 95% et 85% à la dose B₁₀. À ce stade, les témoins eau et acétone affichent quant à eux des taux de 65% et 61% respectivement.

Après 72 heures d'exposition, l'efficacité biocide atteint son maximum. Le taux de mortalité à la dose maximale B₁ est de 90%. On observe une progression nette de la mortalité avec la dilution, où la quasi-totalité des individus est éliminée aux doses intermédiaires et faibles, atteignant un pic de 100% de mortalité aux doses B₄ et B₈, et environ 90% à la dose la plus faible B₁₀. Les témoins eau et acétone affichent à ce terme des taux respectifs de 81% et 70% de mortalité.

En conclusion, l'extrait "B" de *Tamarix* sp. Présente une activité insecticide remarquable qui s'accroît fortement avec le temps, affichant une efficacité optimale aux doses les plus diluées, ce qui suggère un effet toxique particulier à faible concentration.

3.3.3.1.3. Discussion sur l'effet insecticides des extraits de *Tamarix* sp. sur les aphides

Brevicoryne sp

À la lumière de nos résultats, il ressort une divergence nette entre les modes d'action des deux extraits (A et B) de *Tamarix* sp. sur *Brevicoryne* sp..

D'une part, l'extrait "A" suit un profil classique (dose et temps-dépendant). Ce comportement s'accorde avec l'étude de SAHCI. & TAGHRAMT (2022) menée à l'Université d'Adrar sur le *Tamarix aphylla* ., qui confirme que la mortalité augmente de manière standard avec le temps d'exposition.

D'autre part, l'extrait "B" affiche une réponse inverse, avec une efficacité maximale aux fortes dilutions. Ce phénomène paradoxal trouve une confirmation chez Sahci et Tagheramt (2022), où l'extrait aqueux "ne dépend pas des doses", enregistrant une mortalité totale (100%) à la dose diluée (25%) par rapport à la dose pure (96,6%).

Comparativement à nos résultats, Baz et al. (2024) ont montré que l'extrait de feuilles de *T. aphylla*, appliqué à une concentration de 2,5 à 10 mL/100 mL d'eau, a entraîné une mortalité de 100 % des nymphes et des adultes du puceron vert du pêcher *Myzus persicae* en six jours. Ces mêmes auteurs déclarent que, la reproduction des pucerons a chuté à 0 nymphe par adulte au cinquième jour, ce qui indique une forte inhibition de la croissance de la population.

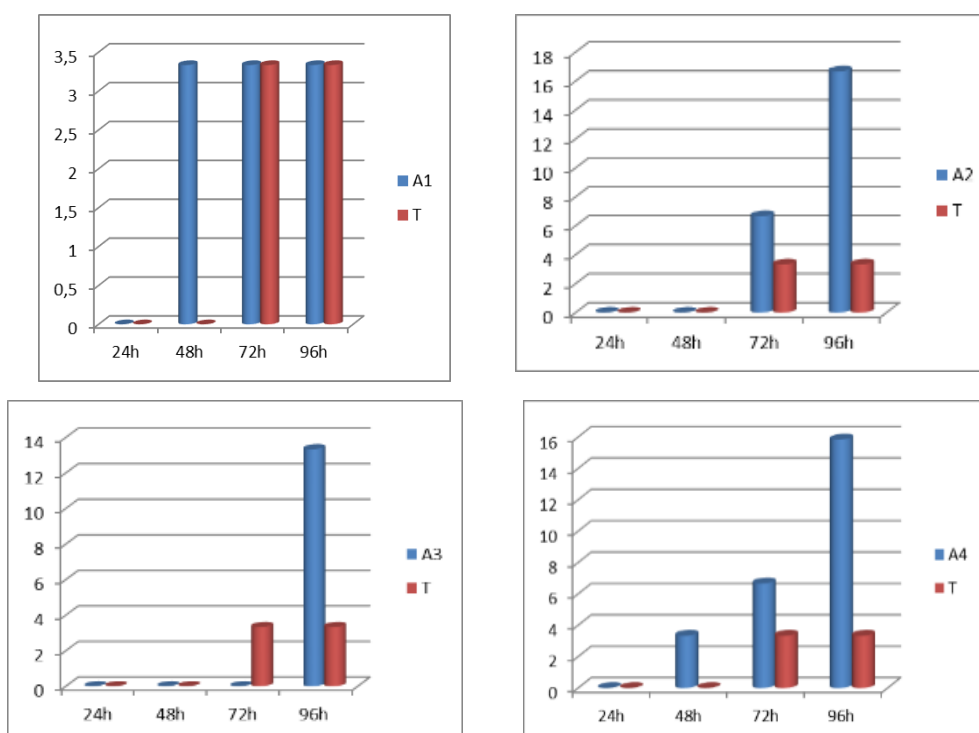
La plupart des études font état d'une relation dose-réponse monotone : la mortalité augmente avec la concentration pour les extraits de plantes, les huiles essentielles ou les insecticides synthétiques/biosourcés contre divers pucerons (Li et al., 2022 ; Liu et al., 2022 ; Guiré et al., 2024 ; Dolma et al., 2021).

Plusieurs travaux soulignent des pentes positives nettes, souvent abruptes, dans la relation dose-réponse, indiquant une mortalité plus élevée aux concentrations plus élevées plutôt qu'une inhibition (Dolma et al., 2021 ; Kumari et al., 2022).

3.3.3.2. Effet insecticide des extraits de *Tamarix* sp. sur le *tribolium castaneum* :

3.3.3.2.1. Effet insecticide de l'extrait 'A' de *Tamarix* sp. Sur Le *tribolium castaneum* :

La figure suivante présente les taux de mortalité des individus de *tribolium castaneum* obtenus après 24 H, 48 H, 72 H, 96 H après le traitement par différentes doses de l'extrait "A" de *Tamarix* sp.



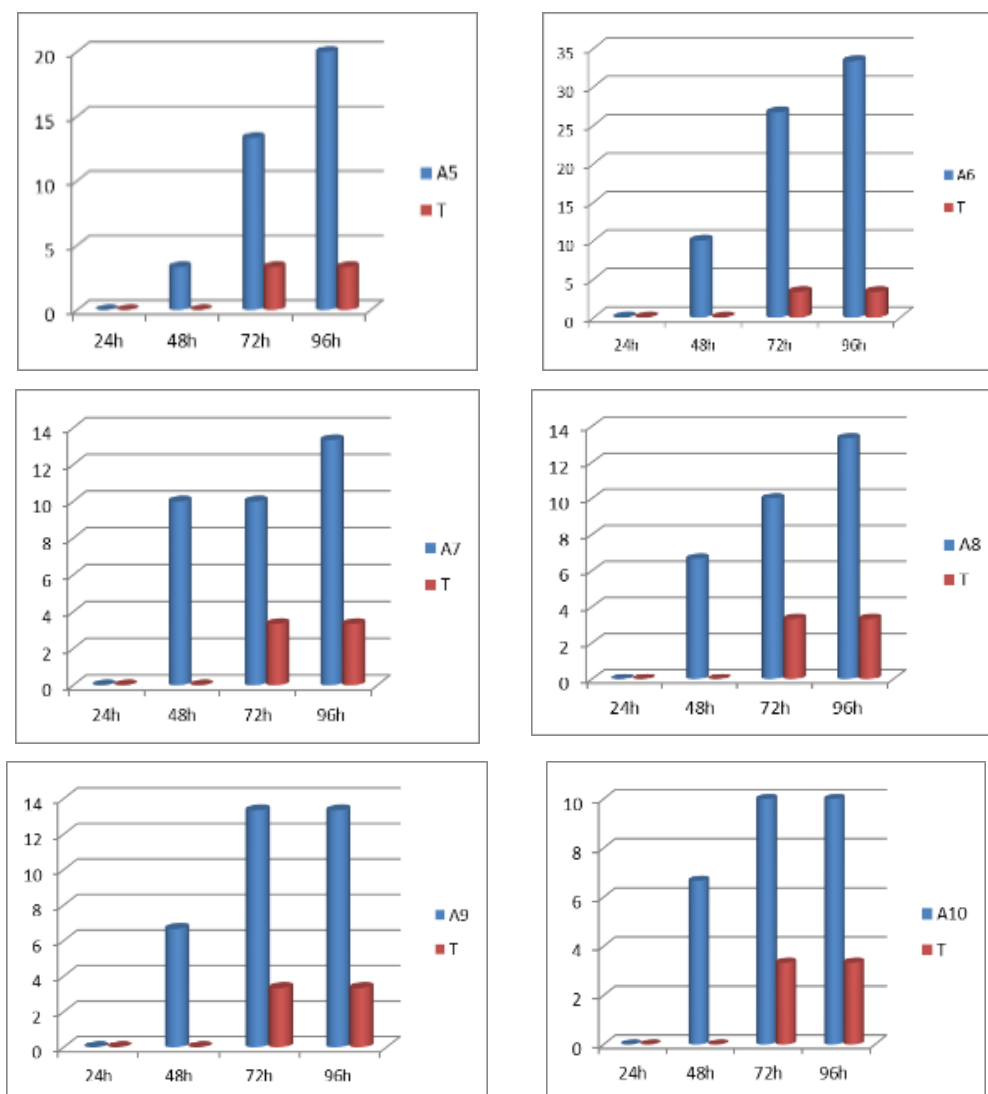


Figure III-07 : Évolution de la mortalité des individus de *tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses de l'extrait "A" de *Tamarix* sp.

Les histogrammes de la Figure III-07 illustrent l'évolution du taux de mortalité des individus de *Tribolium castaneum* soumis à dix doses décroissantes de l'extrait "A" de *Tamarix* sp. (allant de A₁, la dose maximale(100%), jusqu'à A₁₀, la dose la plus diluée (0.39%), évaluée sur quatre périodes (24 h, 48 h, 72 h et 96 h).

D'une manière générale, les résultats révèlent une augmentation progressive du taux de mortalité en fonction du prolongement du temps d'exposition et de la concentration de l'extrait appliqué.

Après 24 heures d'exposition, L'effet insecticide de l'extrait "A" reste globalement nul à ce stade initial. Pratiquement toutes les doses (A₁ à A₁₀) affichent des taux de mortalité faibles et presque nuls. Durant cette même période, les témoins enregistrent également une mortalité totalement nulle (0%).

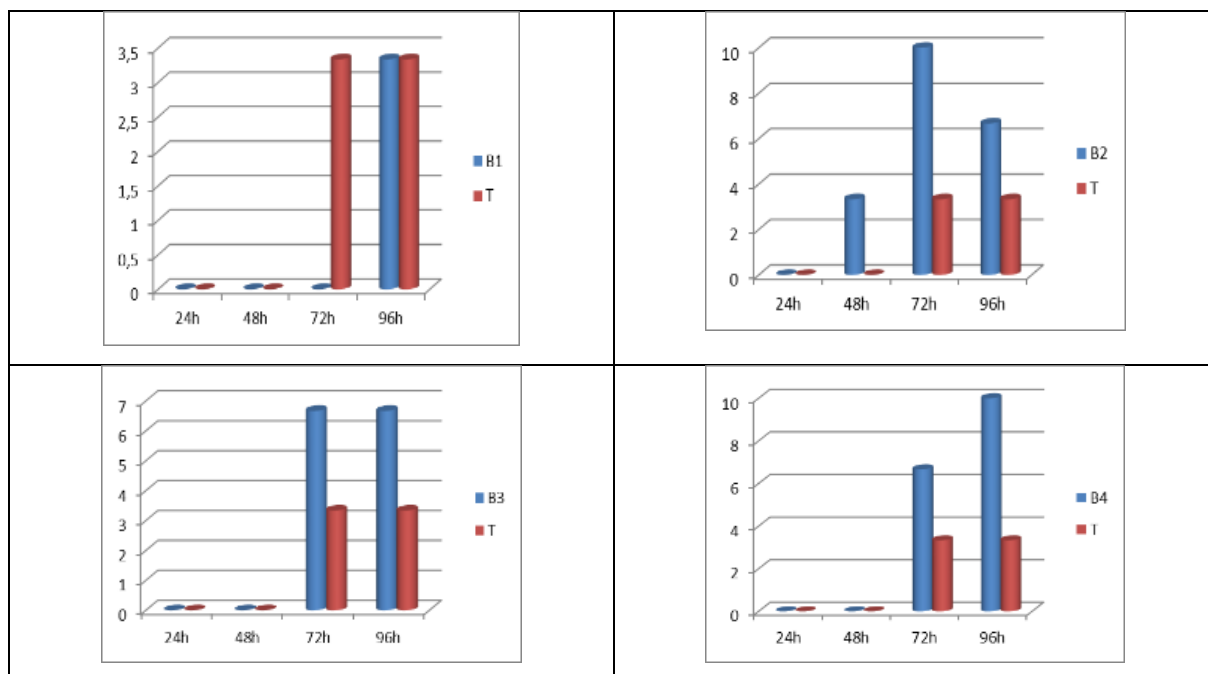
Après 48 heures d'exposition, Une amorce de mortalité commence à se manifester de façon notable pour plusieurs traitements. Contrairement à la période précédente, les taux de mortalité dessinent une courbe ascendante à mesure que la concentration augmente, montrant une sensibilité progressive des insectes face aux doses intermédiaires et maximales. Les témoins quant à eux commencent à afficher de faibles taux de mortalité.

Après 72 heures et 96 heures d'exposition, Une hausse remarquable et continue de la mortalité est enregistrée pour l'ensemble des doses testées, atteignant des valeurs maximales au cours de ces deux périodes. Les taux de mortalité forment une courbe dose-dépendante bien distincte, où les pics de mortalité sont observés au niveau des doses les plus élevées (notamment A₁, A₂, A₆, A₇ et A₉), tandis que les valeurs les plus basses sont enregistrées pour les doses les plus diluées. À ce stade, les témoins stabilisent leurs taux de mortalité à des niveaux nettement inférieurs à ceux des lots traités.

En conclusion, on observe une relation claire de type temps-dépendante et dose-dépendante concernant le taux de mortalité des individus traités, mettant en évidence une toxicité progressive et cumulative de l'extrait "A" au fil du temps.

3.3.3.2.2. Effet insecticide de l'extrait 'B' de *Tamarix* sp. Sur le *Tribolium castaneum* :

La figure suivante présente les taux de mortalité des individus de *Brevicoryne* sp. obtenus après 24 H, 48 H, 72 H, 96 H après le traitement par différentes doses de l'extrait "B" de *Tamarix* sp.



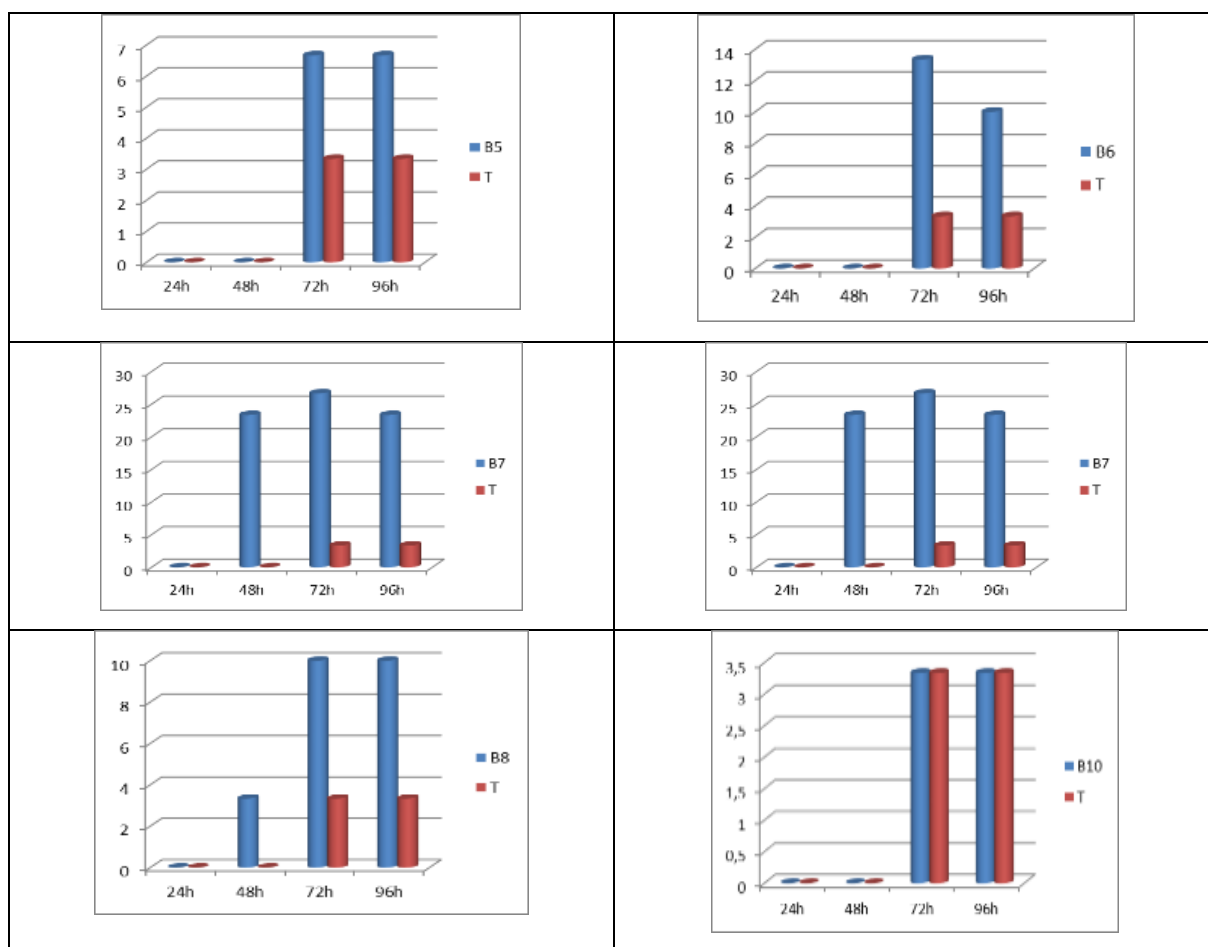


Figure III- 08 : Évolution de la mortalité des individus de *tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses de l'extrait "B" de *Tamarix* SP.

Les histogrammes de la Figure III-08 illustrent l'évolution du taux de mortalité des individus de *Tribolium castaneum* soumis à dix doses décroissantes de l'extrait "B" de *Tamarix* sp. (allant de B₁, la dose maximale, jusqu'à B₁₀, la dose la plus diluée), évaluée sur quatre périodes (24 h, 48 h, 72 h et 96 h).

D'une manière générale, les résultats révèlent une variation notable de l'efficacité biocide, où le taux de mortalité montre un comportement lié à l'augmentation du temps d'exposition et à la variation de la concentration de l'extrait.

Après 24 heures et 48 heures d'exposition, L'effet insecticide de l'extrait "B" reste globalement nul à très faible durant ces deux périodes. Pratiquement toutes les doses (B₁ à B₁₀) enregistrent des taux de mortalité minimales et proches de zéro, à l'exception d'une très légère réponse observée pour certaines doses intermédiaires après 48 heures. Durant cette même période, les témoins affichent une mortalité totalement nulle (0%).

Après 72 heures d'exposition, Une hausse soudaine et remarquable de la mortalité est observée pour l'ensemble des traitements. Les taux de mortalité forment une courbe fluctuante qui enregistre ses pics au niveau des doses maximales et intermédiaires (telles que B₁, B₂, B₇ et

B₈), avant de redescendre relativement pour atteindre ses valeurs les plus basses à la dose la plus diluée B₁₀. Les témoins affichent quant à eux une légère augmentation de mortalité, tout en restant nettement inférieure à celle des lots traités.

Après 96 heures d'exposition, Les résultats montrent une stagnation ou un léger fléchissement des taux de mortalité pour certaines doses intermédiaires par rapport à la période de 72 heures. En revanche, la dose maximale B₁ et la dose minimale B₁₀ maintiennent une stabilité de leurs taux enregistrés. À ce stade, les témoins stabilisent également leurs taux de mortalité à des niveaux faibles et variables.

En conclusion, on observe une relation claire de type temps-dépendante et dose-dépendante concernant le taux de mortalité des individus traités, avec une action biocide de l'extrait "B" caractérisée par une manifestation tardive qui commence principalement après 72 heures.

3.3.3.2.3. Discussion sur l'effet insecticides des extraits de *Tamarix sp.* sur *Tribolium castaneum*

À la lumière des résultats obtenus, il ressort une divergence nette entre les profils de toxicité et les cinétiques d'action biologique des deux extraits végétaux (A et B) de *Tamarix sp.* évalués sur les adultes de *Tribolium castaneum*. Ces résultats s'accordent parfaitement avec les données de référence rapportées par Laimeche (2018), qui a démontré que l'extrait aqueux de feuilles de *Tamarix gallica* L. induit un taux de mortalité de 53,33 % chez les adultes de cette même espèce (*T. castaneum*) à la forte dose après 4 jours (96 heures) de traitement. Ce comportement toxicologique tardif suggère que les substances actives de l'extrait "A" requièrent un temps d'incubation adéquat ou un mécanisme d'accumulation métabolique lente au sein de l'organisme de l'insecte avant de franchir le seuil de létalité, ce qui corrobore l'hypothèse d'un mode d'action lié à une ingestion lente ou à un effet anti-appétant à long terme, où les molécules toxiques agissent de manière progressive pour inhiber les fonctions digestives ou métaboliques dans le tube digestif des adultes, en parfaite convergence avec la cinétique décrite par Laimeche (2018).

3.3.4. Effet phagoréulsif et impact des extraits de *Tamarix sp.* sur les indices nutritionnels de *Tribolium castaneum*

La figure suivante présente les taux de consommation des disques de farine par *tribolium castaneum* en fonction des différents dilution des extraits A et B .

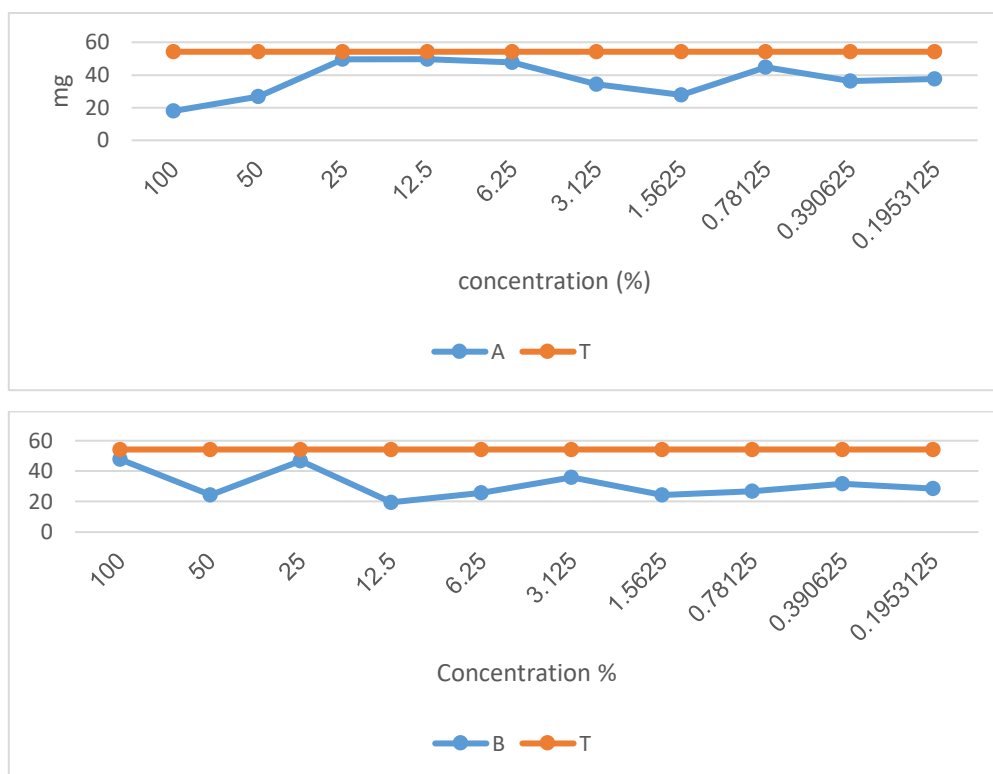


Figure III-09 :Évaluation de la consommation des disques de farine par *Tribolium castaneum* en fonction des différentes concentrations des extraits A et B .

Les résultats de l'évaluation des indices nutritionnels chez *Tribolium castaneum* traité avec les deux extraits végétaux (A) et (B) révèlent une divergence nette dans les taux de consommation des disques de farine préparés via la série de dilutions successives (allant de la concentration la plus élevée 100% à la plus faible 0.19% après 96 h de suivie, par rapport au traitement témoin (T) où la quantité de nourriture consommée est la plus élevée (environ 54 mg).

Dans l'extrait (A), Les résultats ont montré une réponse régulière dépendante de la dose (dose-dépendante) ; la courbe de consommation des disques a suivi une tendance proportionnelle avec la diminution des concentrations. L'inhibition de l'alimentation la plus élevée (consommation minimale de farine) a été enregistrée aux concentrations très élevées (100% et 50%), où les valeurs de l'indice ont diminué de manière significative par rapport au témoin, puis le taux de consommation a augmenté progressivement à mesure que les dilutions diminuaient vers les concentrations les plus faibles (0,195%).

Le traitement par l'extrait (B) a entraîné un profil de consommation oscillant et irrégulier (en zigzag) à travers la série des dix dilutions. Bien que les valeurs de consommation se soient éloignées de la ligne témoin (T) — ce qui confirme l'existence d'un effet biologique de l'extrait —, cet effet n'a pas suivi un comportement linéaire clair. En effet, une baisse prononcée de la

consommation a été observée à la concentration (2) et à la concentration (4), entrecoupée d'une augmentation soudaine des taux d'alimentation à d'autres concentrations intermédiaires.

3.3.5. Discussion Effet phagorépulsif et impact des extraits de *Tamarix* sp. sur les indices nutritionnels de *Tribolium castaneum*

L'efficacité phagorépulsive (inhibitrice de l'alimentation) observée sur les disques de farine est attribuée à la présence, dans les extraits testés, de métabolites qui agissent comme des substances répulsives ou des toxiques stomacaux contre les insectes.

Comparativement à notre étude, Liang et al. (2024) montrent que les huiles essentielles d'*Ajania* et des composés comme la sésamine et l'ériodictyol atteignent un Indice de Dissuasion Alimentaire d'environ 90 à 96 % chez les adultes et les larves de *Tribolium castaneum*. De même, selon Aboelhadid et Youssef (2021), Un mélange de clou de girofle et de citronnelle présente un un Indice de Dissuasion Alimentaire sur le blé et le maïs. D'autre par, Les huiles essentielles de thym et d'origan, l'extrait de saponine de quinoa et plusieurs plantes médicinales réduisent considérablement la consommation alimentaire chez *Tribolium castaneum* (Lima et al.2020 ; Annaz et al.2024 ; Hazzam et al.2025).

Conclusion

Conclusion:

L'évaluation des propriétés phytochimiques des extraits de *Tamarix* sp., issus de deux localités du Sahara algérien (El Oued et Ouargla), ainsi que la caractérisation de leur activité insecticide contre deux bioagresseurs modèles (*Brevicoryne* sp. et *Tribolium castaneum*), ont mis en évidence d'importants métabolites secondaires potentiellement responsables de la toxicité observée. Cette efficacité biocide s'est traduite par des taux de mortalité atteignant plus de 90% chez les pucerons.

Le criblage phytochimique qualitatif a révélé que l'extrait provenant d'El Oued présente une plus grande richesse en polyphénols, alcaloïdes, saponosides et tanins comparativement à l'extrait d'Ouargla, tandis qu'une absence totale d'anthocyanes a été consignée pour les deux extraits. Cette tendance a été confirmée par les analyses quantitatives. En effet, le dosage des composés phénoliques totaux a démontré une concentration significativement plus élevée dans l'échantillon d'Eloued ($129,029 \pm 0,78$ mg EAG/g d'extrait) par rapport à l'échantillon d'ouargla $73,512 \pm 0,1$ mg EAG/g d'extrait). De même, la teneur en flavonoïdes totaux s'est avérée supérieure pour l'extrait de plante collectée à la région El Oued, affichant une valeur de $55,708 \pm 1,8$ mg EQ/g d'extrait contre $40 \pm 0,84$ mg EQ/g d'extrait pour celui d'Ouargla.

Sur le plan des activités biologiques, l'évaluation du potentiel antioxydant a indiqué que les deux extraits possèdent des valeurs d'IC50 inférieures à celle du standard de référence, témoignant d'une forte activité de piégeage radicalaire. De surcroît, le pouvoir réducteur (FRAP) de l'extrait B s'est révélé nettement supérieur ($684,833 \pm 1,28$ µg/mL) à celui de l'extrait A ($219,363 \pm 0,58$ µg/mL).

Enfin, les bioessais toxicologiques ont démontré une relation dose-réponse et temps-dépendante claire, la mortalité des deux ravageurs augmentant proportionnellement avec la concentration des extraits et la durée d'exposition.

En perspective, il serait intéressant de renforcer cette études par des recherches futures concentrant sur l'étude des mécanismes physiologiques et biochimiques sous-jacents à la toxicité de *Tamarix* sp. en évaluant son impact sur les enzymes clés des insectes cibles. De plus, il serait intéressant de Modéliser l'impact du stress abiotique (salinité, stress hydrique et thermique du milieu saharien) sur le métabolisme secondaire de *Tamarix* sp. pour comprendre les variations de rendement en principes actifs observées entre les populations d'El Oued et d'Ouargla.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdu-Allah, G., Abou-Ghadir, N.M., Nasser, M., & Metwaly, M.R. (2015). Comparative efficiency of the fungi, *Beauveria bassinana*, *Metarhizium anisopliae* and the natural product spinosad, using three economic coleopterous stored grain insects. *Egypt Journal of Biology and Pest Control*, 25(3), 715.
- Aboelhadid, S., & Youssef, I. (2021). Control of red flour beetle (*Tribolium castaneum*) in feeds and commercial poultry diets via using a blend of clove and lemongrass extracts. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 30111 - 30120. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12426-7>
- Adebiyi, O. E., Olayemi, F. O., Ning-Hua, T., & Guang-Zhi, Z. (2017). In vitro antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of ethanol extract of stem and leaf of *Grewia carpinifolia*. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(1), 10-14.
- Ahmad, I., Ilahi, I., & Bano, A. (2022). Evaluation of antioxidant and larvicidal activities of selected *tamarix* species against the southern house mosquito “*Culex quinquefasciatus* (Say)”. *Pakistan Journal of Botany*. [https://doi.org/10.30848/pjb2022-4\(21\)](https://doi.org/10.30848/pjb2022-4(21)).
- Alford, D.V., (2011). *Plant pests*. Harper collins, Londres, Royaume uni. Harper collins Publishers Limited, 2011 ISBN : 0007338481,9780007338481.500P.
- Al-Kallabe, H., Mohammed, A., & Kareem, A. (2023). Evaluation of the Efficiency of *Tamarix aphylla* Leaves Extract in Controlling the Different Roles of Green Peach, *Myzus persicae*. *Arab Journal for Plant Protection*. <https://doi.org/10.22268/ajpp-41.4.361368>.
- Alnuqaydan, A. M., & Rah, B. (2019). *Tamarix articulata* (T. articulata)-an important halophytic medicinal plant with potential pharmacological properties. *Current pharmaceutical biotechnology*, 20(4), 285-292.
- Alshehri, S., Wahab, S., Abullais, S., Das, G., Hani, U., Ahmad, W., Amir, M., Ahmad, A., Kandasamy, G., & Vasudevan, R. (2021). Pharmacological Efficacy of *Tamarix aphylla*: A Comprehensive Review. *Plants*, 11. <https://doi.org/10.3390/plants11010118>.
- Annaz, H., Annaz, H., Ajaha, A., Bouayad, N., Fakhouri, E., Laglaoui, A., Bouhssini, E., Sobeh, M., & Rharrabe, K. (2024). Chemical profiling and bioactivities of essential

- oils from *Thymus capitatus* and *Origanum compactum* against *Tribolium castaneum*. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26102>.
- ANNONYME 2, 2002 : <http://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepote/aafc-aac/pfsgpge6-fra.htm>.
 - Ansel Salima, Bettiche Kawther 2012, l'effet du milieu sur la teneur en métabolite secondaire et leurs effet bactéricide chez tamarix sp dans les régions arides de khenchela, mémoire de master, université Abbes Laghrour de khenchela, 77p.
 - Bachrouch, O., Ben Jemba, J. M., Wissem, A. W., Talou, T., Marzouk, B., & Abderrab, M. (2010). Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 46, 242-247.
 - Bahramsoltani, R., Kalkhorani, M., Abbas Zaidi, S. M., Farzaei, M. H., & Rahimi, R. (2020). The genus *Tamarix*: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 246, 112245. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112245>
 - Baldwin, R., & Fasulo, T. R. (2014). Featured creatures. University of Florida. ENY-289.
 - Bastos, D. H. M., Saldanha, L. A., Catharino, R. R., Sawaya, A. C., Cunha, I. B., Carvalho, P. O., & Eberlin, M. N. (2007). Phenolic antioxidants identified by ESI-MS from yerba mate (*Ilex paraguariensis*) and green tea (*Camelia sinensis*) extracts. *Molecules*, 12(3), 423-432.
 - Batta, Y.A. (2018). Efficacy of two species of entomopathogenic fungi against the stored grain pest, *Sitophilus granarius* L. (Curculionidae: Coleoptera), via oral ingestion. *Egypt Journal of Biology Pest Control*, 28(1), 44.
 - Batta, Y.A., & Kavallieratos, N.G. (2018). The use of entomopathogenic fungi for the control of stored-grain insects. *International Journal of Pest Management*, 64(1), 77-87.
 - Baz, M., Selim, A., Radwan, I., Alkhaibari, A., Gattan, H., Alruhaili, M., Alasmari, S., & Gad, M. (2024). Evaluating larvicidal, ovicidal and growth inhibiting activity of five medicinal plant extracts on *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), the West Nile virus vector. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69449-6>.
 - BECHADDAD, C., & El MEDDAH, F. (2022). *Activité insecticide de l'huile essentielle d'Allium sativum sur le puceron du prunier Hyalopterus pruni*. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

- BELGUIDUM, F. Z. (2015). *Etude phytochimique et évaluation des tests Biologiques in vitro des extraits de la plante Tamarix sp.* université Abbes Laghrour- Khenchla.
- BELHADJ, M., & BENNAMIA, N. E. I. (2022). *Composition en métabolites bioactifs et propriétés biologiques de Tamarix gallica L. et Olea europaea L. récoltées dans le Sahara septentrional.* UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.
- Benammar, C., Hichami, A., Yessoufou, A., Simonin, A.-M., Belarbi, M., Allali, H., & Khan, N. A. (2010). Zizyphus lotus L. (Desf.) modulates antioxidant activity and human T-cell proliferation. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 10(1), 54. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-10-54>
- Bencherif, K., Trodi, F., Hamidi, M., Dalpé, Y., & Hadj-Sahraoui, A. (2020).
- Beta T, Nam S, Dexter J. E.Sapirstein HD.(2005), phenolic Content and Antiooxidant Activity of Pearled Wheat and Roller-Milled Frarctions.Cereal Chem. 82(4),390-393.
- Biological Overview and Adaptability Strategies of Tamarix Plants, T. articulata and T. gallica to Abiotic Stress. 401-433. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9380-2_14.
- BODNARYk, P. R., XIE, S. Y., & FIELDS, G. p. (1996). A RAPID AND SIMPLE FLOUR-DISK BIOASSAY FOR TESTING SUBSTANCES ACTIVE AGAINST STORED-PRODUCT INSECTS. *The Canadian Entomologist*, 128, 865-875.
- Boudjelal, A., Henchiri, C., Sari, M., Sarri, D., Hendel, N., Benkhaled, A., & Ruberto, G. (2013). Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of ethnopharmacology*, 148(2), 395-402.
- Boulaaba., M., Mkadmini., K., Zeineb., S., Medini., F., Isoda, H., Abdelly., C., & Ksouri., R. (2013). *Phytochemical characterization and anti-proliferative activity of Tamarix extracts as influenced by eco-environmental factors.* 49, 831-863.
- BOUROUBA, K., & BOULGHITI, A. (2019). *Contribution à l'étude des activités répulsives et insecticides des extraits végétaux contre les ravageurs : Étude d'un cas* [Mémoire de MASTER]. Université de Ghardaia.
- BRAULT, V., UZEST, M., MONSON, B., JACQUOT. E., BLANC, S. Aphids as transport devices for plant viruses. Les pucerons, un moyen de transport des virus de plante. C. R. Biologies. [en ligne]. 2010, 333 : 525-531.
- Brooke, J.P. (1958). The stabilization of pyrethrins by piperonyl butoxide in water, with special reference to their use as mosquito larvicides. *Annals of Applied Biology*, 46(1), 254-259.
- Bruneton J, 1993. Pharmacognosie et phytochimie plantes médicinales. Paris, France: Lavoisier. 278 - 279p.

- Cárdenas-Laverde, D., Barbosa-Cornelio, R., & Coy-Barrera, E. (2021). Antifungal Activity against *Fusarium oxysporum* of Botanical End-Products: An Integration of Chemical Composition and Antifungal Activity Datasets to Identify Antifungal Bioactives. *Plants*, 10. <https://doi.org/10.3390/plants10122563>.
- Chandra, S., Chatterjee, P., Dey, P., & Bhattacharya, S. (2012). Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1), S178-S180.
- Channaiah, L. H., Subramanyam, B., & Zurek, L. (2010). Survival of *Enterococcus faecalis* OG1RF: pCF10 in poultry and cattle feed: vector competence of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Food Protection*, 73, 568-73.
- Chaubey, M. K. (2023). Red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst): biology and management. *Int. J. Zool. Appl. Biosci*, 8(2), 11-21.
- Christelle L., 2007-Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons. Thèse Doctorat., Agro Paris Tech, Paris.p 43-44.
- Custódio, L., Martins, C., Castañeda-Loaiza, V., Pereira, C., & Rodrigues, M. (2022). Exploring seeds of *Tamarix africana* Poir as a source of bioactive natural products. GA – 70th Annual Meeting 2022. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1759227>.
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics : Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352., H.,
- Daniels, N. E. (1956). Damage and reproduction by the flour beetles *Tribolium confusum* and *T. castaneum* in wheat at three moisture contents. *Journal of Economic Entomology*, 49,244-7.
- Daulbayeva, A., Kadyrbayeva, G., Kozhanova, K., Shahrudin, S., Rakhymbayev, N., Allamberganova, Z., Anarbayeva, R., Alimova, U., Kantureyeva, A., Baidullaeva, A., An, V., & Kydyrbai, B. (2025). Morphological, phytochemical, and pharmacological properties of the genus *Tamarix* in Kazakhstan species: a review. *PeerJ*, 13. <https://doi.org/10.7717/peerj.20059>.
- Devi, M. B., & Devi, N. V. (2015). Biology of rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Biological Forum- An International Journal*, 7, 12-15.
- Dolma, S., Singh, P. P., & Reddy, S. (2021). Insecticidal and Enzyme Inhibition Activities of Leaf/Bark Extracts, Fractions, Seed Oil and Isolated Compounds from

- Triadica sebifera (L.) Small against Aphis craccivora Koch. *Molecules*, 27. <https://doi.org/10.3390/molecules27061967>
- Eaton. A., 2009 - Aphids. University of New Hampshire (UNH)., Cooperative Extension Entomology Specialist
 - Everette, J. D., Bryant, Q. M., Green, A. M., Abbey, Y. A., Wangila, G. W., & Walker, R. B. (2010). Thorough Study of Reactivity of Various Compound Classes toward the Folin–Ciocalteu Reagent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8139-8144. <https://doi.org/10.1021/jf1005935>
 - Fedina, T. Y. & Lewis, S. M. (2004). Female influence over offspring paternity in red flour beetle *Tribolium castaneum*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271 (1546), 1393-1399.
 - Fraval, A.,(2006). Aucune source spécifiée dans le document actif .les pucerons .2ème partie,N°142(3) :27-32. Et SORENSEN, J.T.2003). Aphids P32.
 - Gao, S., Liu, X., Liu, J., Xiong, W., Song, X., Wu, W., Wei, L., & Li, B. (2017). Identification and evolution of latrophilin receptor gene involved in *Tribolium castaneum* development and female fecundity. *Genesis*, 55(12), e23081.
 - GBIF Secretariat. (2026). *Tamarix L.* In: GBIF Backbone Taxonomy. Identifiant du taxon : <https://www.gbif.org/species/2874694> (Consulté le 31 mai 2026).
 - Godlewska, K., Pacyga, P., Najda, A., & Michalak, I. (2023). Investigation of chemical constituents and antioxidant activity of biologically active plant-derived natural products. *Molecules*, 28(14), 5572.
 - Golshan, H., Saber, M., Majidi-Shilsar, F., & Karimi, F. (2013). Efficacy of nine isolates of *Beauveria bassiana* against adults of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(2), 201- 206.
 - González-Gallego, J., García-Mediavilla, M. V., Sánchez-Campos, S., & Tuñón, M. J. (2010). Fruit polyphenols, immunity and inflammation. *British journal of nutrition*, 104(S3), S15-S27.
 - Guiré, R., Shah, N. A., Meda, R., Ghafoor, H., Haq, I. U., Salo, P., Yaseen, A., Al-Asmari, F., Zongo, E., Ramadan, M. F., Rizvi, S., & Turi, S. H. (2024). Insecticidal Activities of *Securidaca longepedunculata* Fresen Extracts and Feeding Behavior of *Schizaphis graminum* Rondani: Electropenetrography Approach. *ACS Omega*, 9, 32799 - 32806. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c03316>

- Hagstrum, D.W., & Subramanyam, B. H. 2000. Monitoring and decision tool. In: Subramanyam, B.H., & Hagstrum, D. W. (Ed.), Alternatives to pesticides in stored-product IPM. 1-28. Kluwer Academic Publishers.
- Halliwell B. 1994- Free radicals and antioxidants: A personal view. *Nutrition Reviews*. 52:253.
- Harbone J B, 1967. Comparative biochimistry of the flavonoides. Academic press. New York, 1-130 p.
- HARMEL N., FRANCIS F.,HAUBRUGE E., GIORDANENGO P., 2008.-Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons: vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. *Cahiers Agricultures*, vol. 17(4): 395-400.
- Harmel N., Haubruge E. et Francis F.,(2010). Etude des salives de puceron : un Environ.14(2), 369-378. Univ. Liège –Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique).42. Imbert E ., 2009 .Lesagrumes. *Fruits* 172, 1pp.5-50.
- Harmel, N., Haubruge, É., & Francis, F. (2010). Étude des salives de pucerons: un préalable au développement de nouveaux bio-insecticides. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14(2).
- Hazzam, K., Mhada, M., Bakrim, W., Taourirte, M., & Yasri, A. (2025). Antinutritional and insecticidal potential of Chenopodium quinoa saponin rich extract against *Tribolium castaneum* (Herbst) and its action mechanism. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90952-x>.
- HIDER, M., LI, Y., WANG, M., MAO, J., & ZHANG, L. (2022). INSECTICIDAL ACTIVITY OF ETHANOL AND AQUEOUS EXTRACTS OF MEDICINAL PLANTS AGAINST GREEN PEACH APHID (MYZUS PERSICAE). *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 20(3), 2329-2342. <https://doi.org/10.15666/aeer/2003-23292342>
- Hsu, H., Sheth, C. C., & Veses, V. (2021). Herbal extracts with antifungal activity against *Candida albicans*: A systematic review. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 21(1), 90-117.
- Hullé M., Turpeau Ait Ighil E., Robert Y., Monnet Y., 1999. Les pucerons des plantes maraîchères : cycles biologiques et activités de vol, INRA, Paris, pp. 28-58.
- Imenes S.D.L.,Bergmann F. C., Peronti A .L.B.G.,Die S. et Martin J.E.R.,(2002) .Aphids (Himeptera : Aphididas) and their parasitoids (Hymenoptera) on *Ixora* spp

- (Rubiaceae)in the states of Bahia and Sae Paulo, Brazil- Formal records interaction.Arq. Inst.Biol., Sao Pauulo, V.69, n4, P.55
- Iqbal, U., Daad, A., Ali, A., Gul, M. F., Aslam, M. U., Rehman, F. U., & Farooq, U. (2024). Surviving the desert's grasp: Decipherment phreatophyte *Tamarix aphylla* (L.) Karst. Adaptive strategies for arid resilience. *Plant Science*, 347, 112201..
 - JACKSON. NELROY E, 1996, Chemical Control of Salt cedar (*Tamarix ramosissima*), Saltcedar Management Workshop, The Agricultural Group, Monsanto Company Jacques B, and André R. (2004). Biochimie métabolique Ed ellipses .Paris. pp: 217-219- 220-223-225.
 - Jasim, A., Nawrooz, M., Hussein, T., Rahi, F., Hameed, H., & Oweid, A. (2022). Extraction, characterization and evaluation of the plant extract of *Tamarix* as an antibiotic to treat types of burns bacteria. International journal of health sciences. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns3.5243>.
 - Karlsen, A., Retterstøl, L., Laake, P., Paur, I., Kjølrsrud-Bøhn, S., Sandvik, L., & Blomhoff, R. (2007). Anthocyanins inhibit nuclear factor- κ B activation in monocytes and reduce plasma concentrations of pro-inflammatory mediators in healthy adults. *The Journal of nutrition*, 137(8), 1951-1954.
 - Karunakaran, C., Jayas, D. S., & White, N. D. G. (2004).Identification of wheat kernels damaged by the red flour beetle using x-ray images. Biosystem Engineering. 87,267-74.
 - Khabtane, A., Zeraib, A., Aouidane, L., ALI, W., Belguidoum, F. Z., & Rahmoune, C. (2017). In vitro evaluation of the anti-microbial activity and the anti-oxidant activity of the flavonoids extracted from the flowers of the *Tamarix africana* Poir. *Int J Biosci*, 11, 417-426.
 - Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus. Biologies*, 331(5), 372-379.
 - Ksouri, R., Falleh, H., Megdiche, W., Trabelsi, N., Mhamdi, B., Chaieb, K., Bakrouf, A., Magné, C., & Abdelly, C. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents. *Food and Chemical toxicology*, 47(8), 2083-2091.
 - Ksouri, R., Falleh, H., Megdiche, W., Trabelsi, N., Mhamdi, B., Chaieb, K., Bakrouf, A., Magné, C., & Abdelly, C. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents..

- Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 47 8, 2083-91 . <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.05.040>.
- Ksouri, R., Ksouri, W. M., Jallali, I., Debez, A., Magné, C., Hiroko, I., & 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>
 - Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids : An Overview. *The Scientific World Journal*, 2013(1), 162750. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>
 - Kumari, S., Dolma, S., A., Sharma, U., & Reddy, S. E. (2022). Insecticidal Activity of Extracts, Fractions, and Pure Molecules of *Cissampelos pareira* Linnaeus against Aphid, *Aphis craccivora* Koch. *Molecules*, 27. <https://doi.org/10.3390/molecules27030633>
 - Kursa, W., Jamiołkowska, A., Wyrostek, J., & Kowalski, R. (2022). Antifungal Effect of Plant Extracts on the Growth of the Cereal Pathogen *Fusarium* spp.—An In Vitro Study. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123204>.
 - Lamera, E., Mennai, I., Slougui, N., Bensouici, C., Hazmoune, H., Boulebd, H., Akkal, S., & Nieto, G. (2025). Chemical Constituents, In Silico Studies and In Vitro Antioxidant, Enzyme Inhibitory and Antibacterial Activities of the Algerian *Tamarix boveana* Essential Oil and Extracts. *Plants*, 14(16), 2497.
 - Leclant, F. (1982). *Les Pucerons des plantes cultivées: clef d'identification*. ACTA.Fournier A., 2010 - Assessing winter survival of the aphid pathogenic fungus *pandora neoaphidis* and implications for conservation biological control. Thèse Doctorat. Univ EthZurich.
 - Li, J., Kang, Z., Yu, H., Feng, Y.-C., Zhang, X., Zhao, Y., Dong, L., Zhang, L., Dong, J., Li, Y., & S. (2022). Potent insecticidal activity of *Eleocharis dulcis* (Burm. f.) Trin peel extract and its main components against aphids.. *Pest management science*. <https://doi.org/10.1002/ps.7282>
 - Li, L., & Arbogast, R. T. (1991). The effect of grain breakage on fecundity, development, survival and population increase in maize of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 27, 87-94.
 - Liang, J., Tang, Y., Zhang, Q., , Z., Zhou, F., Kong, W., & Zhang, J. (2024). Antifeedant and growth inhibitory effects of extracts from *Ajania potaninii* and *A. fruticulosa* against

- Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Crop Protection. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106906>.
- Lima, J., De Lima Chicuta, C., Costa, M., Costa, M., Grillo, L., Santos, A., & Gomes, F. (2020). Biototoxicity of aqueous extract of *Genipa americana* L. bark on red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). Industrial Crops and Products, 156, 112874. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112874>.
 - Liu, X., Xi, K., Wang, Y., J.-W., Huang, X., Liu, R., Cai, X., Zhu, Y., Yin, J., Jia, Q., & Liu, Y. (2022). Evaluation of the Contact Toxicity and Physiological Mechanisms of Ginger (*Zingiber officinale*) Shoot Extract and Selected Major Constituent Compounds against *Melanaphis sorghi* Theobald. *Horticulturae*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100944>
 - Lugasi A, Hovari J, Sagi K.V. et Biro L. (2003) The role of antioxidant phytonutrients In the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegediensis*.47(1-4), 119-125.
 - Mahroof, R. M., & Hagstrum, D. W. (2012). Biology behavior, and ecology of insect in processed commodity. In: *Stored Product Protection*. Hagstrum, D. W., Phillips, T. W. & Cuperus, G. (Eds). Kansas State University.
 - Majeed, M. Z., Javed, M., Khaliq, A., & Afzal, M. (2016). Estimation of losses in some advanced sorghum genotypes incurred by red flour beetle, *Tribolium castaneum* L. (Herbst.) (Tenebrionidae: Coleoptera). *Pakistan Journal of Zoology*, 48, 1133-1139.
 - Manach C., Scalbert A., Morand C., Jiménez L., 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition* 79:727 - 747.
 - Markowicz Bastos, D. H., Saldanha, L. A., Catharino, R. R., Sawaya, A.C.H. F., Cunha, I B.S., Carvalho, P. O. Eberlin, M. N. (2007) Phenolic Antioxidants Identified by ESI-MS from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) and Green Tea (*Camelia sinensis*) Extracts. *Molecules*. 12: 423-432.
 - Matrose, N., Obikeze, K., Belay, Z., & Caleb, O. (2020). Plant extracts and other natural compounds as alternatives for post-harvest management of fruit fungal pathogens: A review. *Food bioscience*, 100840. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100840>.
 - Michalak, A. (2006). Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish journal of environmental studies*, 15(4). <https://www.pjoes.com/pdf-87899-21758?filename=21758.pdf>
 - Mohamedi Zohra (2013) Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques

- Mohammadi, Z., & Atik, F. (2011). *Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from Tamarix aphylla (l.) karst.* <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113339730>
- Mullen, M. A. (1999). Special use pheromone -baited trap for the red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomology Science*, 34, 497-500.
- Nenaah, G. E. (2014). Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three *Achillea* species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Industrial Crops and Products*, 53, 252-260.
- Newete, S., Allem, S., Venter, N., & Byrne, M. (2020). Tamarix efficiency in salt excretion and physiological tolerance to salt-induced stress in South Africa. *International Journal of Phytoremediation*, 22, 3 - 9. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1633997>.
- Pai, A., Bennett, L., & Yan, G. (2005). Female multiple mating for fertility assurance in red flour beetles (*Tribolium castaneum*). *Canadian Journal of Zoology*, 83(7), 913-919.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids : An overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47.
- Pękal, A., & Pyrzynska, K. (2014). Evaluation of Aluminium Complexation Reaction for Flavonoid Content Assay. *Food Analytical Methods*, 7(9), 1776-1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>
- Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie these doctorat. Spécialité : substance naturelles Activités Biologiques et Synthèses Tlemcen.145P.
- Qubbaj, T., Reineke, A., & Zebitz, C. P. W. (2005). Molecular interactions between rosy apple aphids, *Dysaphis plantaginea*, and resistant and susceptible cultivars of its primary host *Malus domestica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115(1), 145-152.
- Rahimi, R., Bahramsoltani, R., Kalkhorani, M., Abbas Zaidi, S. M &., Farzaei, M.H.(2020). The genus *Tamarix* : Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 246, 112245. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112245>
- Ranga Rao, G. V., Rameshwar Rao, V. & Nigam, S. N (2010). Post-harvest insect pests of groundnut and their management. Information Bulletin No. 84. Patancheru 502324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics. ISBN 978-92-9066-528-1. Order code IBE 084. 20.

- Razaq A., Kashiwazaki T., Mohammed P. et Shiraishi M., (2000) .SEM Observation.
- Ridley, A., Hereward, J. P., Daglish, A., Raghu, G. J., Collins, P. J. & Walter, G.H. (2011). The spatiotemporal dynamics of *Tribolium castaneum* (Herbst): adult flight and gene flow. *Molecular Ecology*, 20, 1635-1646.
- Rijke, E., Out P., Niessen, W. M.A., Ariese, F., Gooijer, C., Brinkman, U.A.T. (2006) Analytical separation and detection methods for flavonoids. *J Chromatography A*. 1112: 31-63.
- Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2017). Use of entomopathogenic fungi for the control of stored- product insects: can fungi protect durable commodities? *Journal of Pest Control Science*, 90(3), 839-854.
- SAHCL., KHADIJA., & TAGHRAMT., YAMINA. (2022). *Contribution à l'étude de l'effet insecticide des extraits de Tamarix aphylla et Balanites aegyptiaca sur le puceron Aphis nerii (Hémiptera ; Aphididae)* [Mémoire de MASTER]. Université Ahmed DRAÏA-ADRAR.
- SAHCL., KHADIJA., & TAGHRAMT., YAMINA. (2022). Contribution à l'étude de l'effet insecticide des extraits de Tamarix aphylla et Balanites aegyptiaca sur le puceron Aphis nerii (Hémiptera ; Aphididae) [Mémoire de MASTER]. Université Ahmed DRAÏA-ADRAR.
- SAHCL., KHADIJA., & TAGHRAMT., YAMINA. (2022). *Contribution à l'étude de l'effet insecticide des extraits de Tamarix aphylla et Balanites aegyptiaca sur le puceron Aphis nerii (Hémiptera ; Aphididae)* [Mémoire de MASTER]. Université Ahmed DRAÏA-ADRAR.
- Salas-Salvadó, J., Fernández-Ballart, J., Ros, E., Martínez-Gonzalez, M. A., Fitó, M., Estruch, R., ... & PREDIMED Study Investigators. (2008). Effect of a Mediterranean diet supplemented with nuts on metabolic syndrome status: one-year results of the PREDIMED randomized trial. *Archives of internal medicine*, 168(22), 2449-2458.
- Sanchez-Moreno, C. (2002). Review : Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems. *Food Science and Technology International*, 8(3), 121-137. <https://doi.org/10.1177/1082013202008003770>
- Sefi M., Fetoui H., Makni M., and Najiba Zeghal N. (2010). Mitigating effects of antioxidant properties of *Artemisia campestris* leaf extract on hyperlipidemia, advanced glycation end products and oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. *J. Food. Chem. Toxicol.* 48: 1986–1993.

- Sekkien, A., Swilam, N., Ebada, S. S., Esmat, A., El-Khatib, A. H., Linscheid, M. W., & Singab, A. N. (2018a). Polyphenols from *Tamarix nilotica* : LC–ESI-MSn profiling and in vivo antifibrotic activity. *Molecules*, 23(6), 1411.
- Selmar, D., & Kleinwächter, M. (2013). Stress enhances the synthesis of secondary plant products : The impact of stress-related over-reduction on the accumulation of natural products. *Plant and Cell Physiology*, 54(6), 817-826.
- Sewify, G., El Shabrawy, H., Eweis, M. & Naroz, M.H. (2014). Efficacy of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for controlling certain stored product insects. *Egypt Journal of Biology Pest Control*. 24(1), 191.
- Shukla, S., Mehta, A., John, J., Singh, S., Mehta, P., & Vyas, S. P. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract of *Caesalpinia bonducella* seeds. *Food and chemical Toxicology*, 47(8), 1848-1851.
- Souheila, N., Lamia, E., Rania, E., & Rebai, B. (2020). Evidence Based Efficacy of Three Medicinal Plant Extracts Against *Culex quinquefasciatus* (Say) Larvae. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23, 776-781. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.776.781>.
- Suleiman, M. (2019). Ethnobotanical, Phytochemical, and Biological Study of *Tamarix aphylla* and *Aerva javanica* Medicinal Plants Growing in the Asir Region, Saudi Arabia. *Tropical Conservation Science*, 12. <https://doi.org/10.1177/1940082919869480>.
- Sultanova. N. Makhmoor. T.Abilov. Z.A. Parween. Z Omurkamzinova. V.B. Atta- ur Rahman. Iqbal Choudhary. M. (2001). Antioxidant and antimicrobial activities of *Tamarix ramosissima*. *J. Ethnopharmacol.* 78 : 201–205.
- Sutton, A. E., Arthur, F. H., Zhu, K. Y., Campbell, J. F., & Murray, L. W. (2011). Residual efficacy of synergized pyrethrin and methoprene aerosol against larvae of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) *Journal of Stored Products Research*, 47, 399-406.
- Tabet, A., Boukhari, A., & Nouidjem, Y. (2018). Phenolic content, HPLC analysis and antioxidant activity extract from *Tamarix articulata*. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*, 8(4). https://www.researchgate.net/profile/Abbes-Boukhari/publication/332154323_Phenolic_content_HPLC_analysis_and_antioxidant_activity_extract_from_Tamarix_articulata/links/610d32a70c2bfa282a2866e3/Phenolic-content-HPLC-analysis-and-antioxidant-activity-extract-from-Tamarix-articulata.pdf

- Tang, B., Wei, P., & Zhao, L. (2016). Knockdown of five trehalase genes using RNA interference regulates the gene expression of the chitin biosynthesis pathway in *Tribolium castaneum*. *BMC Biotechnology*, 16, 67.
- Tanya. D.,(2002). Aphids. Bio-Integral Resource Center, Berkeley.
- Tapas A. R., Sakarkar D. M. et Kakde R. B. 2008. Flavonoids as nutraceuticals. *Topical journal of pharmaceutical research.*, 7 (3) : 1089-1099
- Tian, F., Woo, S., Lee, S., Park, S., Zheng, Y., & Chun, H. (2022). Antifungal Activity of Essential Oil and Plant-Derived Natural Compounds against *Aspergillus flavus*. *Antibiotics*, 11. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11121727>.
- Tran, H., Le, D., Nguyen, V., Vu, T., Thanh, N., Giang, D., Dat, N., Pham, H., Muller, M., Nguyen, H., & Tran, V. (2022). *Penicillium digitatum* as a Model Fungus for Detecting Antifungal Activity of Botanicals: An Evaluation on Vietnamese Medicinal Plant Extracts. *Journal of Fungi*, 8. <https://doi.org/10.3390/jof8090956>.
- Villaverde, M. L., Juárez, M. P. & Mijailovsky, S. (2007). Detection of *Tribolium castaneum* (Herbst) volatile defensive secretions by solid phase microextraction-capillary gas chromatography (SPME-CGC). *Journal of Stored Products Research*, 43(4), 540-545.
- Wakil, W., Kavallieratos, N. G., Usman, M., Gulzar, S., El- Shafie, H. A. (2021). Detection of phosphine resistance in field populations of four key stored-grain insect pests in Pakistan. *Insects*. 12(4), 288.
- Wang, L.-F., & Zhang, H.-Y. (2003). A theoretical investigation on DPPH radical-scavenging mechanism of edaravone. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 13(21), 3789-3792.
- Younos. C.. Soulimani. R.. Seddiqui. N.. Baduri. O.. Dicko. A. (2005). Etude ethnobotanique et historique des tamaris (*Tamarix* sp.. *Tamaricaceae*) et leurs usages actuels en Afganistan. *Phytothérapie*. 6 : 248–251.
- Yun, T. S., Park, S. Y., Yu, J. Y., Hwang, Y. J, & Hong, K. J. (2018). Isolation and identification of fungal species from the insect pest *Tribolium castaneum* in rice processing complexes in Korea. *Plant Pathology Journal*, 34,356-66.
- Zamani, Z., Aminae, M. M., & Khaniki, G.B. (2013). Introduction of *Beauveria bassiana* as a biological control agent for *Tribolium castaneum* in Kerman province. *Archives Phytopathology Plant Protection*, 46, 2235–2243.
- Zhang, I., Dai, Y., Abdureyim, A., & Kang, J. (2024). Effects of different surface water flow frequencies on water use characteristics of *Tamarix ramosissima* in the

hinterland of the Taklimakan Desert. Journal of Hydrology.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132200>.