

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaia



Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : - DAHOU Manel
- SOUILEM Messaouda

Thème

**Évaluation de l'effet herbicide de deux Euphorbiacées :
Caractérisation phytochimique et évaluation de l'impact sur
la germination d'une espèce adventice.**

Soutenu publiquement, le 17/06 /2025,

Devant le jury composé de :

M.CHIKHI Faredj	Maitre de conférences B	Univ. Ghardaia	Président
M ^{me} . HEROUINI Amel	Maitre de conférences B	Univ. Ghardaia	Encadrant
M ^{me} . CHERIF Reikia	Maitre de conférences B	Univ. Ghardaia	Co-encadrant
M. KRAIMT Mohamed	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Examineur

Année universitaire : 2024/2025



REMERCIEMENTS :

Nous remercions tout d'abord Dieu Tout-Puissant, pour Sa guidance, Sa force et Sa patience qui nous ont accompagnés tout au long de ce parcours, nous permettant d'achever nos études de master et d'atteindre des avancées notables sur les plans scientifique et académique.


Nous exprimons notre profonde gratitude à **Mme HEROUNI Amel**, Nous exprimons notre profonde gratitude à notre directrice de mémoire, également responsable de la spécialité Écologie à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa, pour la qualité de son encadrement, la pertinence de ses conseils et son accompagnement soutenu, qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements à **Mme CHERIF Rekia** pour son soutien constant et la richesse de ses conseils, qui nous ont accompagnés à chaque étape de ce projet.

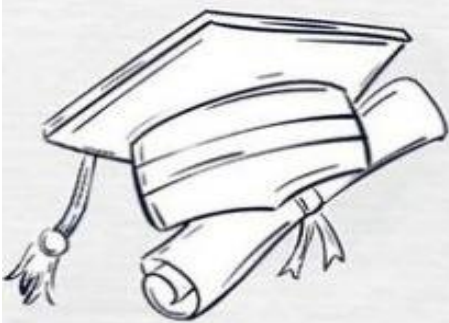
Nous remercions vivement **M. CHIKHI Faredj**, président du jury, ainsi que **M. KRAIMT Mohamed**, tant que examinateur, pour avoir accepté présider et Examiner ce jury
Nous remercions aussi **M. Attachi Slimane** et **M. Debbadi** pour leur assistance technique, leurs conseils pratiques et leur disponibilité, qui ont largement contribué à la réussite des phases expérimentales.

Nos remerciements s'adressent également à nos enseignants, en particulier **Mme Soumia Haddad**, **M. Ben Semaoune Youssef** et **M^{me} Biad Rahdia**, pour la qualité de leur enseignement, leur bienveillance et leur engagement pédagogique.

Nous n'oublions pas de remercier les chefs de département de biologie pour leurs efforts dans l'organisation et le bon déroulement de notre formation.



Nous adressons une pensée toute particulière à nos chères amies : **Rahma, Ichrak, Hedil, Nouciba, Sarah, Khadidja, Ferdaws, Ncéra** ainsi qu'à l'ensemble de nos camarades de la spécialité Environnement, avec qui nous avons partagé ce parcours dans ses joies comme dans ses difficultés. Leur présence, leur soutien et leur amitié ont grandement enrichi notre expérience universitaire.



"وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ"
(سورة التوبة، الآية 105)

Dédicaces

À moi-même

*Pour la patience et la persévérance,
Et pour avoir cru en mes capacités malgré la fatigue,
Je me dédie humblement ce travail,
Témoignage de ma fierté pour chaque instant d'effort silencieux.*

À mon père cher SOULEM Moussa

*Pour son soutien constant, ses conseils avisés,
Et son accompagnement sincère tant sur le plan moral que pratique,
je t'adresse ma profonde gratitude, tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin.*

À ma mère bien-aimée,

*Pour son amour inconditionnel, et ses prières qui ont été pour moi refuge et sécurité,
je t'offre ce travail en signe de reconnaissance et d'affection.*

À mes frères et ma sœur : Med Abdelsalam- Mouad- Hafsa

*Sur qui je peux toujours compter dans mes moments de faiblesse,
et de qui je puise force et courage,*

Je vous exprime tout mon amour sincère et ma gratitude.

À mes oncles respectés: SOULEM Abdelleh- Eddine - Med Kamel

Pilier solide et soutien indéfectible, recevez toute ma reconnaissance.

À mes tantes bien-aimées,

Merci pour votre affection constante, votre soutien et vos prières bienveillantes.

À ma grand-mère chérie,

*source d'amour et de sérénité, dont les prières et la tendresse m'accompagnent à chaque pas,
je t'offre ce travail avec tout mon respect.*

Enfin,

À ma chère amie Manal,

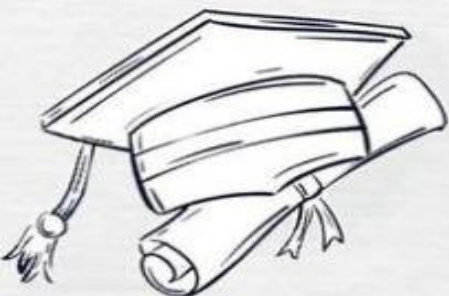
Compagnonne d'efforts et de longues étapes,

Avec qui j'ai partagé fatigue et persévérance pour mener à bien ce projet,

Ce succès est le fruit de notre collaboration, et je te témoigne tout mon respect et ma reconnaissance.

MESSAOUA





Dédicases

*À moi-même,
À Manel Dahou,*

*Je te dédie ce travail, fruit de ton combat et de ta patience,
Parce que tu y as cru, tu as réussi,
Parce que tu as persévéré, tu mérites pleinement ce moment de fierté.*

*À celle qui fut une source de tendresse et de force,
À ma chère maman,
Tes prières ont toujours été la lumière qui ne s'éteint jamais.*

*À celui qui m'a appris
que la patience et les efforts sont les clés de la réussite,
À mon cher papa,
Toute ma gratitude.*

*À mon soutien constant, mon cher frère,
À Mouad Dahou,
Merci d'avoir été là à chaque moment où j'avais besoin de toi.*

*À celui qui a été présent dans le silence,
Se contentant d'être une ombre douce en arrière-plan,
À mon fiancé,
Merci pour ta présence réconfortante.*

*À ma chère famille,
Et à tous ceux qui ont contribué, par un mot, un acte ou même une prière sincère...
Merci du fond du cœur.
Enfin,*





Table de matières

TABLE DES MATIERES		
Liste des tableaux.....		
Liste des figures.....		
Liste de photographie.....		
Liste des abréviations.....		
ملخص.....		
Résumé.....		
Abstract.....		
INTRODUCTION		01
Chapitre I : Méthodologie du travail		
I.1- Principe adopté		07
I.2- Choix de plant		07
I.3- Matériel biologique		07
I.3.1- Famille des Euphorbiaceae		07
I.3.1.1. Euphorbia retusa Forssk		08
I.3.1.1.1.Position systématique		08
I.3.1.1.2 Présentation et caractéristiques d'Euphorbia retusa		08
I.3.1.1.3 Répartition géographique :		09
I.3.1.2 Euphorbia guyoniana		10
I.3.1.2.1. Position Systématique		10
I.3.1.2.2 Présentation de l'espèce Euphorbia guyoniana.		10
I.3.2.Plantes adventice : Malva aegyptiaca		12
I.3.2.1 .Malva aegyptiaca.		12
1- Répartition géographique		12
2- Position Systématique :		12
3- Choix de l'espèce.		12
I.3.3. Présentation et caractéristiques d Malva aegyptiaca		13
I.4 .Plantes cultivées.		13
I.4.1.1. Position systématique blé dur (Triticum durum L).		13

I.4.1.2. Le blé dur : un modèle d'étude pertinent		14
I.5. Protocoles expérimentales	.....	14
I.5.1 Extraction par reflux	.....	14
I.5.2.- Choix de concentration	.....	15
I.6.- Protocole de germination	.....	16
I.6.1 Suivi de la germination, de la morphométrie et du poids des plantules	.....	16
I.6.2.- Criblage phytochimique	..... .....	17
I.7 Méthode d'exploitation des résultats	.....	19
I.7.1.- Les Paramètres étudiés	.....	19
I.7.1.1.- Rendement d'extraction	.....	19
I.7.2.- Taux maximal de germination (TG)	.....	19
I.7.3.- Taux d'inhibition (TI)	.....	19
I.7.4 Évaluation de l'effet allélopathique	.....	20
I.7.5. Cinétique de germination.	.....	20
I.7.6 Concentration d'efficacité (C.E.)	.....	20
Chapitre II : Résultat et discussion		
II.1 Rendement d'extraction	.....	21
II.2 Tests phytochimiques	.....	22
II.3.- Evaluation du potentiel allelopathique et bioherbicide	.....	24
II.3.1 Effet de l'extrait d'Euphorbia guyoniana Boiss. & Reut	.....	24
II.3.2 Effet de l'extrait d'Euphorbia retusa	.....	26
II.4 Cinétique de germination	.....	28
II.4.1.- L'effet de l'extrait d' <i>E.goyuniana</i> sur la cinétique de germination.		28
II.4.2.- L'effet de l'extrait d' <i>E.retusa</i> sur la cinétique de germination		32
II 4.3 Concentration d'efficacité (CE50%, CE90%)	.....	36
conclusion		
Annexe	.....

Liste des photographies :

Photographie 1: <i>Euphorbia retusa</i> Forssk, partie aérienne de la plante (Chaab Sbaa à Metlili wilya Ghardaïa 08/11/2024)	09
Photographie 2: <i>Euphorbia guyoniana</i> , partie aérienne de la plante (Oued Zergoun à Metlili wilya Ghardaïa 08/11/2024)	11
Photographie 3: . <i>Malva aegyptiaca</i> partie aérienne de la plante.....	13

Liste des Figures

Figure 01. Protocoles expérimentales des test de germination.....	20
Figure 02. Taux d'inhibition enregistrés au pour l'extrait aqueux de <i>E.guyoniana</i> sur la germination des grains de <i>Triticum durum</i> et <i>M.aegyptiaca</i>	25
Figure 03. Taux d'inhibition enregistrés au pour l'extrait aqueux d' <i>E.retusa</i> sur la germination des grains blé et <i>M.aegyptiaca</i>	28
Figure 04. Cinétique de germination de blé dur. Au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations d' <i>E.guyoniana</i>	30
Figure 05. Cinétique de germination de <i>M.aegyptiaca</i> . Au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations d' <i>E.guyoniana</i>	31
Figure 06. Cinétique de germination de blé dur. Au niveau des lots témoins et traités par différentes <i>E.retusa</i>	34
Figure 07. Cinétique de germination de <i>M.aegyptiaca</i> . Au niveau des lots témoins et traités par différentes <i>E.retusa</i>	34

Liste des tableaux

Tableau 1 Protocol de Criblage phytochimique	18
Tableau 2: Rendement d'extraction en métabolites secondaires des extraits foliaires des plantes étudiées.....	21
Tableau 3: Résultats des tests phytochimiques des extraits de la partie aérienne des plantes étudiées.	22
Tableau4: Concentration d'efficacité (DL50%, DL90%) des extrait aqueux de deux plantes étudiées appliquées la germination de <i>Malva aegyptiaca</i> et <i>Triticum durum</i>	36
Tableau5 : Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d' <i>E.guyoniana</i> de Sur <i>Malva aegyptiaca</i> et <i>Triticum durum</i>	38
Tableau6: Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d' <i>E.retusa</i> <i>Triticum durum</i> et <i>Malva aegyptiaca</i>	38

Liste des abréviations :

C E : Concentration d'efficacité

E.guyoniana : Euphorbia guyoniana

E.retusa : Euphorbia retusa

M.aegyptiaca : Malva aegyptiaca

Mg : milligramme

T(-) : témoin négatif

T(+) : témoin positif

TG : taux de germination

T.durum : Triticum durum

تقييم التأثير العشبي لنوعين من عائلة Euphorbiaceae : توصيف فيتوكيميائي وتقييم الأثر على إنبات نوع نباتي و عشبي ضار

الخلاصة.

في إطار تّثمين الموارد النباتية المحلية ومواجهة مشاكل الأعشاب الضارة بطريقة بيئية، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثير العشبي لنوعين من النباتات المنتمية إلى عائلة (Euphorbiaceae) ، وهما *Euphorbia* و *Euphorbia guyoniana* ، وذلك من خلال دراسة التركيب الكيميائي لمستخلصاتهما الورقية وتأثيرها على إنبات بعض النباتات المتطفلة (الضارة)، وبالأخص نبت *Malva aegyptiaca* ، إضافة إلى دراسة تأثيرها على نبت زراعي مهم وهو القمح القاسي (*Blé dur*).

تم تحضير المستخلصات المائية باستعمال تقنية الاستخلاص بالارتداد (reflux)، مما سمح باستخلاص مركبات فعالة بنسب معتبرة، بلغت % 6.5 بالنسبة لـ *E.guyoniana* و % 6 لـ *E. retusa*. وأظهر التحليل الكيميائي النوعي وجود مركبات ثانوية نشطة بيولوجيًا مع تسجيل غياب بعض المركبات في مستخلصات معينة، مثل غياب القلويدات في *E.guyoniana* ، والسابونينات في *E. retusa*.

تم تقييم الفعالية البيولوجية لهذه المستخلصات في شروط مخبرية مضبوطة، من خلال دراسة مجموعة من المؤشرات مثل نسبة الإنبات، معدل التثبيط، CE50، ومؤشر النشاط الحيوي. وقد أظهرت النتائج قدرة المستخلصات على تثبيط إنبات النباتات الضارة بشكل فعال وذو انتقائية، دون تأثير سلبي معنوي على إنبات القمح. كما تم تسجيل تحفيز للنمو في بعض الحالات عند استخدام تراكيز منخفضة، خصوصًا في نمو الجذور والأجزاء الهوائية. تشير هذه النتائج إلى الفعالية المحتملة لمستخلصات نباتات *Euphorbia* كمبيدات أعشاب طبيعية، مما يمثل بديلاً واعدًا للمبيدات الكيميائية، ويساهم في تطوير زراعة مستدامة وصديقة للبيئة

الكلمات المفتاحية: *Euphorbia guyoniana* ، *Euphorbia retusa* ، مبيد أعشاب حيوي، الإنبات، CE50، النباتات الضارة.

Évaluation de l'effet herbicide de deux Euphorbiacées _ Caractérisation phytochimique et l'évaluation de l'impact sur la germination d'une espèce adventice.

Résumé.

Dans le cadre de la valorisation des ressources végétales sahariennes et de la lutte Biologique contre les adventices, cette étude vise à évaluer l'effet herbicide de deux espèces appartenant à la famille des Euphorbiacées, *Euphorbia guyoniana* et *Euphorbia retusa*.

Le travail s'appuie sur une double approche notamment une étude phytochimique des extraits aqueux les partie aériennes, ainsi que l'évaluation de leur impact sur la germination de certaines plantes adventices, en particulier *Malva aegyptiaca*, et sur une culture céréalière stratégique, le blé dur (Les extraits ont été préparés par la technique de reflux, avec des rendements d'extraction respectifs de 6.5% pour *E. guyoniana* et 6% pour *E. retusa*).

L'analyse phytochimique qualitative a révélé une richesse en métabolites secondaires bioactifs .avec l'absence de certains composés comme les alcaloïdes dans *E. guyoniana* et les saponines dans *E. retusa*. L'évaluation biologique a été réalisée en conditions contrôlées, à l'aide de plusieurs indicateurs (taux de germination, pourcentage d'inhibition, CE₅₀%, et indice d'activité biologique). Les résultats montrent une inhibition marquée de la germination de *Malva aegyptiaca*, sans effet significatif selon l'analyse Probit. sur celle du blé dur. À faibles concentrations, des effets stimulants sur la croissance racinaire et aérienne ont été observés. Ces résultats mettent en évidence le potentiel des extraits d'Euphorbia comme bioherbicides sélectifs, représentant une alternative prometteuse aux herbicides chimiques dans une perspective d'agriculture durable.

Mots clés : *Euphorbia guyoniana*, *Euphorbia retusa*, , bioherbicide, germination, CE50.

Evaluation of the herbicidal effect of Two Euphorbiaceae species: Phytochemical characterization and assessment of their Impact on the germination of a weed species.

Abstract.

As part of the valorization of Saharan plant resources and the search for bio-control methods, this study focuses to evaluate the herbicidal effect of two species from the *Euphorbiaceae* family such as *Euphorbia guyoniana* and *Euphorbia retusa*.

The study encompasses both a phytochemical analysis of aqueous leaf extracts and an évaluation of their effects on seed germination. Particular attention was given to the weed species *Malva aegyptiaca* and to an important cereal crop, durum wheat (*Triticum durum*).

The extracts were obtained using the reflux method, yielding 6.5% for *E. guyoniana* and 6% for *E. retusa*. Phytochemical screening revealed richness in bioactive secondary metabolites. Some compounds are absent in specific extracts, including alkaloids in *E. guyoniana* and saponins in *E. retusa*. The biological evaluation under controlled conditions showed significant inhibition of *Malva aegyptiaca* seed germination, whereas wheat germination was not significantly affected according to Probit. Interestingly, low extract concentrations exhibited stimulatory effects on root and shoot growth. This study highlights the selective bioherbicidal potential of *Euphorbia* extracts and their promise as natural alternatives to synthetic herbicides in sustainable agriculture.

Keywords: *Euphorbia guyoniana*, *Euphorbia retusa*, , bioherbicide, germination, CE50.



INTRODUCTION

Introduction

Le désert algérien, qui couvre plus de 80% de la superficie du pays, constitue l'une des vastes régions encore insuffisamment explorées sur les plans botanique et biologique (Médail & Quézel, 2018). À l'échelle mondiale, les zones arides, représentant environ 41 % des terres émergées, présentent une diversité végétale remarquable. Les plantes qui y vivent ont développé des mécanismes d'adaptation uniques pour faire face à des conditions environnementales extrêmes, telles que la sécheresse, les températures élevées et la pauvreté des sols (Davies et *al.*, 2012 ; Le Houérou, 1995).

En Algérie, cette la diversité variétale revêt une importance particulière dans le cadre de la culture des céréales, un pilier fondamental de la sécurité alimentaire et de l'économie nationale. Les cultures de blé et d'orge à elles seules occupent environ 90 % des superficies céréalières (Djermoun, 2009).

Cependant, la productivité reste inférieure aux attentes, en raison de plusieurs facteurs, notamment les pressions climatiques sévères et les stress biologiques, en particulier les maladies fongiques et les mauvaises herbes, qui constituent des obstacles majeurs à la quantité et à la qualité des récoltes (Kayrallah & Hachemi, 1978).

Les plantes adventices figurent parmi les principaux problèmes en agriculture, car elles concurrencent les cultures pour les ressources vitales telles que l'eau, les éléments minéraux et la lumière, entraînant une baisse significative des rendements. Pour les contrôler, les agriculteurs ont souvent recours aux herbicides chimiques. Cependant, leur usage excessif a conduit à l'apparition de résistances chez certaines espèces, à une dégradation de l'environnement et à des risques sanitaires potentiels pour l'homme et les animaux (Duke et *al.*, 2002).

Dans ce contexte, l'utilisation de composés naturels d'origine végétale à effet herbicide représente une alternative prometteuse, avec des impacts secondaires moindres. Plusieurs études ont démontré la capacité de certains de ces composés à inhiber la germination et la

croissance des plants adventices contribuant ainsi au développement de pratiques agricoles plus durables (Dayan et Duke, 2014).

Le phénomène d'allélopathie s'inscrit dans cette même logique et se définit comme l'ensemble des effets biochimiques, positifs ou négatifs, exercés par une plante sur une autre à travers la libération de substances appelées allélochimiques (Rice, 1974 ; Weston, 1996 ; Macías et al., 2007). Ces composés, parmi lesquels l'acide salicylique, l'acide gibbéréllique et l'éthylène, sont produits par différentes parties des plantes, vivantes ou en décomposition, puis libérés dans l'environnement par divers mécanismes tels que la volatilisation, la lixiviation ou les exsudats racinaires (Cheng et Cheng, 2015). Plusieurs travaux ont mis en évidence l'efficacité d'extraits végétaux riches en allélochimiques dans la réduction de la germination des adventices, ce qui en fait des alternatives prometteuses aux herbicides chimiques (Ahmed et al., 2012 ; Bachheti et al., 2020).

Toutefois, l'efficacité de ces interactions demeure parfois difficile à démontrer dans des environnements naturels complexes, malgré leur rôle dans le succès écologique de certaines espèces invasives (Benmeddour, 2010 ; Novak et al., 2018).

Parmi les familles botaniques d'intérêt biologique, la famille des *Euphorbiaceae* se distingue. Elle est l'une des plus vastes, regroupant plus de 10 000 espèces réparties en environ 300 genres à travers le monde (Ozenda, 1991 ; Spichiger et al., 2000).

Le genre *Euphorbia*, en particulier, se caractérise par la production d'un latex riche en composés bioactifs, ce qui lui confère un intérêt particulier dans les recherches liées aux effets allélopathiques et à la mise au point d'herbicides naturels (Bruneton, 1996)

Cette étude s'inscrit dans une démarche de valorisation des plantes sahariennes endémiques d'Algérie, en explorant leur potentiel en tant que sources de composés naturels à activité biologique (Benariba et al., 2020). Elle vise particulièrement à évaluer l'effet bioherbicide des extraits foliaires de deux espèces appartenant à la famille des *Euphorbiaceae* dont *Euphorbia guyoniana* et *Euphorbia retusa* var. *fusca*, collectées dans différentes zones du désert algérien. L'espèce adventice ciblée est *Malva aegyptiaca* (famille des *Malvaceae*), souvent rencontrée dans les champs de cultures céréalières (Abdel-Monaim & El-Mougy, 2015).

L'étude repose sur des tests biologiques conçus pour mettre en évidence l'effet allélochimique potentiel de ces extraits, qu'il soit inhibiteur ou stimulateur, sur la croissance de la plante cible (Rice, 1984 ; Farooq *et al.*, 2011). En parallèle, des analyses phytochimiques, à la fois qualitatives sont réalisées afin d'identifier les composés actifs susceptibles d'être impliqués, tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, tanins et terpènes (Shi *et al.*, 2021 ; Wink, 2015). Cette approche s'inscrit dans une perspective de développement de solutions naturelles alternatives aux herbicides chimiques, contribuant ainsi à une agriculture plus durable et respectueuse de l'environnement (Dayan et Duke, 2014 ; Singh *et al.*, 2022).

La flore saharienne algérienne, bien qu'extrêmement riche en diversité biologique et en métabolites secondaires (Ozenda, 1983), demeure encore peu valorisée pour son potentiel bioactif, notamment dans le domaine de la lutte biologique contre les adventices.

Dans un contexte marqué par l'utilisation croissante des herbicides de synthèse et leurs impacts négatifs sur la santé humaine et les écosystèmes (Duke *et al.*, 2002 ; Gomes *et al.*, 2020), la recherche de solutions d'origine végétale apparaît aujourd'hui comme une nécessité urgente.

Face à cette situation préoccupante, la question centrale de ce travail est la suivante : dans quelle mesure les extraits foliaires de *Euphorbia guyoniana* et *Euphorbia retusa* var. *fusca*, deux espèces sahariennes algériennes, présentent-ils une activité bioherbicide vis-à-vis des adventices des cultures céréalières, et quels sont les composés phytochimiques impliqués dans cette activité ?



CHAPITRE I.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Chapitre I : Méthodologie de travail

I.1- Principe adopté.

Les Euphorbiacées désertiques se distinguent par une remarquable adaptation aux environnements extrêmes, caractérisés par une aridité exprimée et des variations thermiques importantes. Leur résistance aux ravageurs ainsi qu'aux pathogènes affectant les herbivores et les micro-organismes leur confère un rôle écologique majeur dans l'équilibre de leur habitat naturel (Govaerts, Frodin & Radcliffe-Smith, 2000)

Des études ont mis en évidence l'effet inhibiteur de certains de leurs métabolites sur la croissance des adventices avoisinants. C'est dans ce contexte, une étude phytochimique a été réalisé afin d'évaluer le pouvoir herbicide des extraits méthanoliques de deux Euphorbiaceae, dont *Euphorbia retusa* (Jerba) et *Euphorbia guyoniana* (Lébène). L'objectif principal est de déterminer leur capacité à inhiber la croissance des adventices et ainsi confirmer leur potentiel herbicide.

I.2- Choix des plantes.

Les plantes sahariennes se distinguent par des mécanismes d'adaptation uniques leur permettant de survivre dans des environnements arides et défavorables. Parmi ces végétaux, les espèces spontanées, incluant des plantes médicinales et toxiques, représentent une ressource précieuse pour l'identification de nouveaux composés bioactifs.

Les analyses phytochimiques ont révélé la présence de flavonoïdes, de tanins, de saponosides, d'alcaloïdes et de coumarines dans plusieurs de ces plantes, ce qui pourrait expliquer leur potentiel bioherbicide (Chehma et Djebbar, 2008). Toutefois, les recherches sur leurs métabolites secondaires demeurent limitées (Naz et Bano, 2013). Le Sahara abrite une flore diversifiée, comprenant environ 500 espèces de plantes supérieures (Ozenda, 1983), dont certaines sont encore exploitées par les populations locales à des fins thérapeutiques (Maire, 1933)

I.3 - Matériel biologique.

I.3.1 - Famille des Euphorbiaceae.

La famille des Euphorbiaceae comprend environ 10 000 espèces réparties en 300 genres (OZENDA, 1991). Elle figure parmi les familles les plus diversifiées et largement répandues

du sous-embranchement des Angiospermes .Présentes sur presque(Govaerts, Frodin & Radcliffe-Smith, 2000). tous les continents, à l'exception des zones antarctiques et des altitudes montagneuses extrêmes (BRUNETON), les Euphorbiaceae adoptent différentes formes biologiques, allant des arbres et arbustes aux lianes et plantes succulentes. Elles sont caractérisées par la sécrétion d'un latex blanc visqueux, dont les propriétés irritantes peuvent affecter les yeux et provoquer des réactions cutanées. (OZENDA, 1991)

I.3.1.1. *Euphorbia retusa* Forssk.

I.3.1.1.1.Position systématique.

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyte

Sous Embranchement : Angiosperme

Ordre : Euphorbiales

Famille : Euphorbiaceae

Sous famille : Euphorbioideae

Genre : Euphorbia

Espèce : *Euphorbia retusa* Forsk (OZENDA1991)

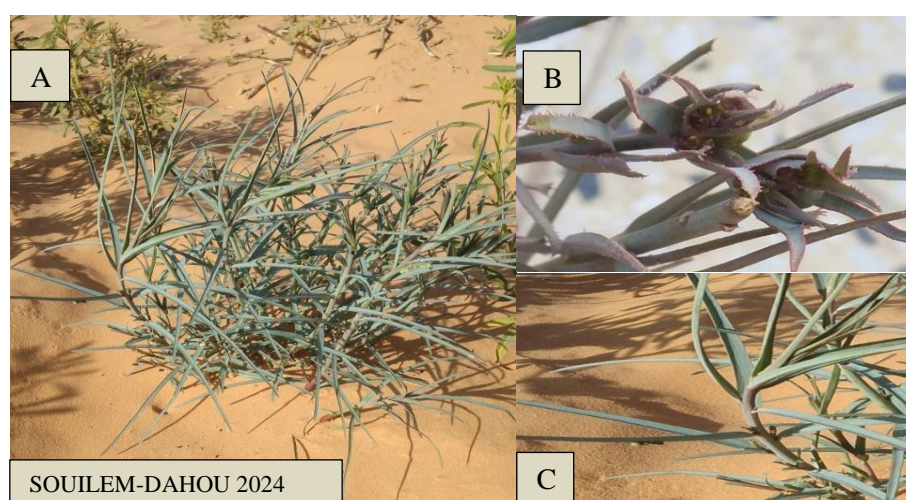
Noms communs : *Euphorbe rétuse* forssk (Français)

Noms vernaculaires : Jaraba (arabe).(chema 2006)

I.3.1.1.2 Présentation et caractéristiques générales de l'espèce

Euphorbia retusa est une plante annuelle endémique du Sahara et du Sahara indien, présente principalement dans le Sahara septentrional, où elle colonise les pâturages désertiques, les terrains rocailleux, les dépressions et les lits d'oueds, bien qu'elle soit plus rare dans la région centrale (Santa, 1963). Elle se caractérise par une taille variant de 5 à 20 cm, avec des tiges dressées et non charnues. Ses feuilles alternes arborent une teinte vert blanchâtre marbrée de rouge violacé, avec une extrémité atténuée, un bord denticulé dans leur partie supérieure et une base élargie en forme de cœur (Ozenda, 2004). Lorsqu'elles sont pliées, les tiges et les feuilles exsudent un latex très corrosif La floraison de cette espèce a lieu entre mars et avril (Santa, 1963).

Les fruits sont des capsules mesurant environ 4 à 5 mm de diamètre, avec une constriction annulaire au centre (Santa, 1963). Les graines, de couleur gris-bleuté, sont lisses et munies d'une caroncule présentant des côtes épaisses (Santa, 1963) ; (Ozenda, 2004). Des études chimiques ont révélé la présence de triterpènes tétracycliques et pentacycliques, de flavonoïdes ainsi que d'acides gras (Harraz et al. 1994) ; (Saif-Eldin, 1994); (Salah, 1985). Malgré sa toxicité pour le bétail, elle est utilisée en médecine traditionnelle pour traiter les verrues, extraire les épines et soigner certaines affections oculaires telles que le trichiasis. Elle est également réputée pour son efficacité contre les morsures de serpent et les piqûres venimeuses (Bellakhder, 1997). De nombreuses études scientifiques ont été effectuées sur le genre. Cependant, il reste moins exploré que d'autres genres au sein de sa famille. Des recherches récentes ont mis en évidence les multiples propriétés biologiques d'*Euphorbia retusa*. Par exemple, plusieurs études ont montré que cette plante exerce une inhibition significative contre des enzymes comme la collagénase, l'élastase, l'hyaluronidase et la tyrosinase, des enzymes qui jouent un rôle clé dans le processus de vieillissement cutané (Elgamal et al., 2021).



Photographie 1: *Euphorbia retusa* Forssk, partie aérienne de la plante (Chaab Sbaa à Metlili. Wilaya Ghardaïa Novembre 2024)

I.3.1.1.3 Répartition géographique :

Euphorbia retusa Forssk. est une espèce saharienne caractéristique des zones arides d'Afrique du Nord. Elle se développe principalement dans les oueds, les regs et les zones sablonneuses, où elle accompagne d'autres xérophytes adaptées aux conditions de sécheresse.

et de forte salinité. Selon Ozenda (1991), cette espèce fait partie des éléments floristiques typiques du Sahara septentrional, largement répandue en Algérie, Tunisie, Libye et Égypte.

Ces observations sont également confirmées par des bases de données récentes comme World Flora Online (2025), qui indiquent sa distribution allant de l'Afrique du Nord jusqu'à la péninsule Arabique

I.3.1.2 *Euphorbia guyoniana*.

I.3.1.2.1. Position Systématique.

Règne : Plantae-plants

Embranchement : Magnoliophyta

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida-dicotylidones

Ordre : Malpighiales

Famille : Euphorbiaceae

Genre : Euphorbia

Espèce : *Euphorbia guyoniana*

Nom scientifique: *Euphorbia guyoniana* Boiss et Reut.

Nom vernaculaire : lebbîn (Lebina) (Arabe).

Nom commun : (Français): Euphorbe de Guyon (Cronquist, 1981).

I.3.1.2.2. Présentation et caractéristiques générales de l'espèce

Euphorbia guyoniana, connue localement sous le nom de Lebina ou Oum El L'Bina (est une plante endémique du Sahara (Ozenda, 1991 ; Quezel & Santa, 1963), généralement observée en individus isolés ou en petits groupes dans les zones sablonneuses. Elle a également été signalée dans les régions sablonneuses de la zone tropicale (Ozenda, 1991 ; Maire, 1933). Cette plante vivace est relativement buissonnante et peut atteindre jusqu'à un mètre de hauteur, avec un système racinaire très développé. Ses tiges dressées et très ramifiées portent des feuilles étroites, clairsemées ou absentes, en particulier sur les branches fleuries. Les petites fleurs jaunâtres, appelées cyathes, fleurissent de janvier à février. Les fruits sont des capsules à trois compartiments, chacun contenant une graine. Les graines sont albumineuses et contiennent une caroncule (Chehma, 2006 ; Ozenda, 1991).

E. guyoniana est riche en métabolites, dont les triterpènes, les diterpènes, les stéroïdes, les composés aromatiques tels que les stérols, les flavones, les caroténoïdes, les alcaloïdes et les anthocyanes (Amar et *al.*, 2012 ; Boudiar et *al.*, 2010 ; Haba et *al.*, 2007). Il est à noter que, dans nos conditions expérimentales, les stérols et les alcaloïdes n'ont pas été détectés, probablement en raison des différences de méthodes d'extraction, de période de collecte ou des conditions écologiques. Selon la dernière classification, l'espèce est désignée sous le nom d'*Euphorbia guyonianus tithymalus* (*Euphorbia guyoniana* Boissier & Reuter) Klotzsch & Garcke (SMARA, 2014). *Euphorbia guyoniana* porte également divers noms régionaux, dont Lebbina ou Oum El L'bina (A. Kemassi, A. Herouini, et al.). Certaines espèces de la famille des Euphorbiacées sont particulièrement toxiques pour l'homme, provoquant des réactions telles que des irritations cutanées, des troubles des muqueuses, ainsi que des risques de tumeurs ou d'allergies cutanées, souvent dues à leurs composés lactoniques ou quinoniques. Parmi ces substances, les esters de phorbol (un diterpène) sont responsables de dermites sévères, de lésions buccales et d'œdèmes pharyngés en cas d'ingestion. Les blessures oculaires peuvent également être graves, avec des dommages à l'épithélium cornéen. Ces plantes sont également toxiques pour les animaux (Champy, 2008). *L'Euphorbia guyoniana*, en tant que plante laticifère, produit un latex riche en divers phyto constituants qui possèdent à la fois une valeur thérapeutique et commerciale. Ce latex, sécrété lorsqu'elle est blessée, a un goût désagréable et présente des propriétés toxiques qui protègent la plante contre les animaux herbivores. (Benjamaa, 2022)



Photographie 2: *Euphorbia guyoniana*, partie aérienne de la plante (Oued Zergoun à Metlili Wilaya Ghardaïa Novembre 2024)

I.3.2. Plante adventice.

I.3.2.1 .*Malva aegyptiaca*.

1- Répartition géographique.

Cette plante est commune dans tout le Sahara septentrional et les régions pré-désertiques Elle est observée en pieds isolés et en petits groupes dans les zones ensablées et a été répertoriée également dans le sable de l'étage tropical (MAIRE, 1933; OZENDA, 1991). Cette espèce s'adapte à la sécheresse par la réduction de la surface foliaire et par le dessèchement de toute la partie aérienne, quant à la reprise de la croissance, elle se fait durant la saison suivante à partir des bourgeons enterrés dans ou au niveau du sol. Les feuilles de cette plante sont très petites ou parfois absentes, assure la diminution de la quantité d'eau perdue par transpiration (OZENDA, 1991).

2- Position Systématique :

Règne : Plantae

Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Malvales

Famille : Malvaceae

Genre : *Malva*

Espèce : *Malva aegyptiaca* (Fakhfakh, N., Jdir, H., Jridi, M., & Rateb, M. (2016)

Nom vernaculaire : khobize

Nom commun : *Malva aegyptiaca* (Chema 2006)

3- Choix de l'espèce.

Cette plante est très répandue dans la région où les échantillons ont été prélevés (Wilaya de Ghardaïa, région de Metlili), ce qui en fait un modèle approprié pour étudier son effet sur les cultures. Elle appartient à la famille Malvaceae, au genre *Malva*, ce qui facilite le lien entre ses caractéristiques biologiques et celles des autres plantes. Étant une plante adventice, elle est capable de concurrencer les autres plantes pour les ressources (eau, lumière, nutriments). C'est une plante facile à collecter et à cultiver en laboratoire, ce qui rend l'expérience facilement

réalisable. L'espèce adventice *Malva aegyptiaca* a été collectée dans la région de Sebseb (wilaya de Ghardaïa, Algérie), plus précisément sur le site de Regguiou El-Fard. Le point de prélèvement est localisé aux coordonnées géographiques suivantes : 32°10'26" N et 3°34'53" E (latitude : 32.1739° N ; longitude : 3.5814° E).

I.3.3. Présentation et caractéristiques de *Malva aegyptiaca*

Il s'agit d'une plante herbacée annuelle, à tiges ramifiées pouvant atteindre 20 à 30 cm de longueur, généralement droites ou parfois étendues sur le sol. Les feuilles, disposées sur de longs pétioles, ont une forme circulaire mais sont profondément découpées jusqu'à la base du limbe. Les fleurs, de couleur rosée, apparaissent à l'aisselle des feuilles. Cette plante se trouve principalement après les pluies, dans les dépressions sur des sols rocaillieux, souvent en isolation. On la rencontre sporadiquement dans les régions septentrionales et centrales du Sahara. La floraison se produit en février et mars. D'un point de vue utilitaire, elle est employée en pharmacopée pour la fabrication de compresses émollientes. Elle est également consommée par les nomades sous forme de couscous et sert de fourrage pour les chèvres et les dromadaires. (Chehma, 2006)



Photographie 03. . *Malva aegyptiaca* partie aérienne de la plante

I.4 .Plantes cultivées.

I.4.1.1. Position systématique blé dur (*Triticum durum* L).

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida (Monocotylédones)

Ordre : Poales

Famille : Poaceae

Genre : Triticum

Espèce : *Triticum durum* L.

I.4.1.2. Le blé dur : un modèle d'étude pertinent

Le blé dur constitue une culture stratégique en Algérie et à l'échelle mondiale, en raison de son rôle essentiel dans l'alimentation (pains, pâtes, couscous) et de sa large diffusion. Son choix comme espèce modèle permet d'examiner les effets allélopathiques et bioherbicides des extraits végétaux. Son appartenance aux Poaceae, groupe monocotylédone, autorise en outre une comparaison pertinente avec les adventices dicotylédones telles que *Malva aegyptiaca*, renforçant la valeur scientifique et appliquée de l'étude (FAO, 2017).

I.5. Protocoles expérimentales.

Pour la préparation des extraits aqueux, des échantillons de plantes appartenant à la famille des Euphorbiaceae ont été collectés dans différentes zones de la commune de Metlili. comprenaient la plante *E. guyoniana* collectée à Oued Zergoun, et la plante *Euphorbia retusa* collectée à ChaabSbaa. Après la collecte, les plantes ont été séchées dans un endroit ombragé, à l'abri de la lumière directe du soleil, pendant un mois complet. Suite au séchage, les échantillons ont été broyés à l'aide d'un broyeur mécanique. L'extraction des composés actifs a ensuite été réalisée en laboratoire pour des analyses et des études plus approfondies. Les broyats des parties aériennes des deux plantes ont été conservés dans des sacs en papier kraft, à température ambiante, en attendant leur utilisation pour la préparation des extraits aqueux.

I.5.1 Extraction par reflux.

L'extraction des principes actifs a été réalisée par reflux, en utilisant un mélange de solvants constitué de méthanol (2/3) et d'eau distillée (1/3). Un ballon de 2000 mL a été chargé avec 100 g de poudre végétale issue des parties aériennes, puis relié à un réfrigérant à reflux. L'ensemble a été chauffé à 50 °C pendant 6 heures, assurant la condensation des fractions volatiles (Bruneton, 1993).

Après refroidissement, le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre standard pour éliminer les résidus solides. Le filtrat obtenu est ensuite concentré par évaporation sous vide à l'aide d'un rotavapor, maintenu à 50 °C. L'extrait aqueux ainsi obtenu est conservé à l'abri de la lumière dans des flacons hermétiquement fermés.

Selon la littérature (Bruneton) l'eau, le méthanol et leurs mélanges à différents ratios sont largement utilisés pour l'extraction simultanée de plusieurs groupes de composés chimiques (Bruneton, 1993).

I.5.2.-Choix de concentration.

Afin de caractériser le potentiel allopathique et l'activité herbicide des extraits foliaires testés, la concentration minimale inhibitrice (CMI) a été déterminée. Pour ce faire, six concentrations décroissantes ont été préparées par dilutions successives : 100 %, 50 %, 25 %, 15 %, 7,5 % et 3,5 %.

I.6. - Protocole de germination.

Dans le cadre de cette étude, un dispositif expérimental a été mis en place pour évaluer l'effet allélopathique des extraits foliaires d'*E.guyoniana* et *E.retuca* sur la germination et la croissance du blé dur et une espèce adventice *Malva aegyptiaca*. Trois types de traitements ont été appliqués : un témoin négatif (eau distillée), un témoin positif (herbicide de référence au fluazifop à 1 L/ha), et des extraits végétaux à différentes concentrations, avec trois répétitions par traitement.

Le substrat, constitué de sable dunaire (tamisé à 2 mm), a été placé dans des pots en plastique standard (10×5 cm) à raison de 500 g par pot. Dix graines ont été semées manuellement par pot à 1 cm de profondeur. Les traitements ont été appliqués au semis : 4,5 mL d'extrait végétal dilués dans 100 mL d'eau distillée pour les lots expérimentaux, 104,5 mL d'eau distillée pour le témoin négatif, et 4,5 mL d'herbicide dans 100 mL d'eau pour le témoin positif. Un apport quotidien d'eau distillée a été fourni pour humidifier uniformément toute la surface, garantissant que l'eau atteigne toutes les graines.

L'expérience a duré 1 mois, durant lesquels ont été relevés quotidiennement le taux de germination et d'éventuelles anomalies de croissance. Au terme de l'expérience, des mesures morphométriques (longueur des racines et parties aériennes), et des observations phénotypiques (symptômes de stress) ont été réalisées sur les plantules de blé et les adventices.

Cette méthodologie rigoureuse permet d'évaluer objectivement le potentiel herbicide des extraits végétaux tout en garantissant des conditions expérimentales standardisées et reproductibles. Les résultats obtenus fourniront des données précieuses pour le développement d'herbicides naturels à base de plantes sahariennes.

I.6.1 Suivi de la germination, de la morphométrie et du poids des plantules.

Chaque boîte de Pétri et chaque pot ont été étiquetés avec les informations suivantes : nom de l'espèce testée, date, type d'extrait appliqué, concentration et numéro de répétition. La germination a été suivie quotidiennement pendant une période de 15 jours.

Le nombre de graines germées a été noté chaque jour, en prenant comme critère l'apparition de la radicule. Toute anomalie de croissance post-germination a également été consignée (retards, défauts morphologiques, nécroses, etc.). Un apport d'eau distillée a été réalisé quotidiennement de manière à humidifier uniformément toute la surface du substrat, assurant ainsi le contact de l'eau avec l'ensemble des graines.

À la fin de la période de suivi, des mesures morphométriques ont été effectuées sur les plantules. Des observations phénotypiques ont également été menées afin de détecter d'éventuels signes de stress ou anomalies de développement.

I.6.2- Criblage phytochimique.

Les différentes réactions chimiques sont réalisées dans le but d'identifier et de classer les principaux groupes chimiques présents, tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines, les tanins et les quinones, dans les extraits aqueux bruts d'*Euphorbia guyoniana* et d'*Euphorbia retusa*. Le criblage est effectué par une analyse phytochimique qualitative, fondée sur des tests de coloration et/ou de précipitation, suivant la méthode décrite par Harborne (1976).

Les résultats qualitatifs sont classés comme suit :





-  Réaction très positive (+++) : présence confirmée ;
-  Réaction positive (++) : présence modérée ;
-  Réaction faiblement positive (+) : trace ;
-  Réaction négative (-) : absence.

Tableau 01. Protocole de Criblage phytochimique.

Test	Protocole	Résultats positifs
Tanins	Selon Solfo (1973), on prend 5 mL de l'infusé et on ajoute goutte à goutte 1 mL de solution de chlorure ferrique (FeCl_3) à 1%. L'ajout du réactif doit être observé pour détecter un éventuel changement de couleur.	L'apparition d'une coloration verdâtre indique la présence de tanins catéchiques . L'apparition d'une coloration bleu noirâtre signale la présence de tanins galliques .
Flavonoïdes	Selon Harborne (1973) On macère 10 g de la drogue pulvérisée dans 150 mL d'HCl à 1% pendant 24 heures. Après filtration, on ajoute 3 mL d'alcool chlorhydrique (éthanol 95°, eau distillée, acide chlorhydrique concentré), 1 mL d'alcool isoamylique et quelques copeaux de magnésium dans un tube à essai	La présence des flavonoïdes est confirmée par l'apparition d'une coloration jaune claire .
Saponosides	Selon Dohou et <i>al.</i> , (2003) 2 g de matière végétale sont décoctés dans 100 mL d'eau pendant 30 minutes. Après filtration et ajustement du volume, on prépare 10 tubes avec des volumes croissants (1 à 10 mL). Après agitation et repos, on mesure la hauteur de la mousse.	La présence de saponosides dans la plante est confirmée si l'indice de mousse est supérieur à 100
Anthocyanes	Selon Solfo (1973), pour détecter les anthocyanes, on prépare un infusé à 10 %. On ajoute d'abord quelques gouttes d'HCl, puis quelques gouttes de NH_4OH .	le changement de la couleur indique la présence des anthocyanes.
Leuco anthocyanes	Selon Solfo (1973) À 5 mL de l'infusé, on ajoute 4 mL d'alcool chlorhydrique (mélange d'éthanol et HCl pur dans un rapport 3/1 V/V). On chauffe ensuite le mélange au bain-marie à 50°C pendant quelques minutes.	L'apparition d'une couleur rouge cerise indique la présence de leuco-anthocyanes
Alcaloïdes	Selon Bouquet (1972) On macère 5 g de la partie aérienne séchée et broyée dans 50 mL d'HCl à 1%. Après filtration, on ajoute quelques gouttes du réactif de Mayer ou de Dragendorff.	L'apparition d'un précipité blanc indique la présence d'alcaloïdes.
Terpènes	Selon Rimjhim et <i>al.</i> , (2014) On ajoute 2 mL de chloroforme et 3 mL d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) à 5 mL d'infusé. Le mélange doit être ajouté avec soin.	L'apparition d'un anneau brun rougeâtre à l'interphase indique la présence de terpènes .
Stérols	Selon Rimjhim et <i>al.</i> , (2014) On mélange 2 mL de l'infusé avec 2 mL de chloroforme et 1 mL d'anhydride acétique. Ensuite, on ajoute 2 gouttes d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4).	L'apparition d'une coloration rouge qui vire en bleu , puis devient verte , indique la présence de stérols

I.7 Méthode d'exploitation des résultats.

Afin d'exploiter les résultats portant sur la toxicité des différents extraits végétaux testés sur la germination des graines et la croissance des plantules, certains paramètres sont étudiés.


I.7.1.- Les paramètres étudiés.

I.7 1.1.- Rendement d'extraction.


Le rendement d'extraction correspond au pourcentage des principes actifs dissous dans le solvant organique utilisé pour l'extraction par rapport au poids de la poudre végétale utilisée pour l'extraction. Le rendement d'extraction (%) est déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$R (\%) = ((P1-P0)/E) \times 100 \text{ Avec :}$$

 **R** : Rendement exprimé en %.

 **P1** : Poids d'extrait après évaporation (g).

 **P0** : Poids vide de ballon (g).

 **E** : Poids de la poudre végétale (g).

I.7.2.- Taux maximal de germination (TG).

Correspond au pourcentage des grains germées par rapport au total des grains semis, il est estimé par la formule suivant:

$$TG(\%) = \frac{\text{Nombre des graines germées} \times 100}{\text{Nombre des graines semis}}$$






I.7.3.-Taux d'inhibition (TI).

Ce paramètre explique la capacité d'une substance ou préparation à inhibé la germination des graines. Il est évalué en calculant le rapport de nombre de graines semis moins le nombre de graines germées par rapport au nombre total des graines semis.

$$TI(\%) = \frac{\text{Nombre des graines semis} - \text{Nombre des graines germées} \times 100}{\text{Nombre des graines semis}}$$

I.7.4. Évaluation de l'effet allélopathique.

D'après RSAISSI et *al.*, (2013), l'évaluation de l'effet allélopathique est jugée selon l'échelle de la commission des essais Biologiques de la Société Française de Phytatrie et de Phytopharmacie:

-  95 à 100% = très bonne effet
-  80 à 95% = bonne effet
-  60 à 80% = effet moyen
-  40 à 60% = effet faible
-  < à 40% = effet sans intérêt pratique.

I.7.5.- Cinétique de germination.

La cinétique de germination décrit l'évolution, au cours du temps, du taux de germination des graines de la plante étudiée. Elle se traduit graphiquement par la représentation du pourcentage de germination en fonction du temps, offrant ainsi une vision claire et précise du déroulement de la germination d'un lot de semences placé dans des conditions expérimentales contrôlées (température, photopériode, substrat et humidité).

I.7.6.- Concentration d'efficacité (C.E.)

La C.E50% est la concentration à laquelle une substance engendre un effet spécifique équivalant à la moitié de l'effet maximal observé. C.E50% est la quantité d'une matière pouvant induire un pourcentage de succès de 50 % de la population traitée. C'est celle qui provoque la mort de 50 % de la population traitée ou un effet biologique équivalant à la moitié de l'effet observé chez le témoin (Cherif, 2020)

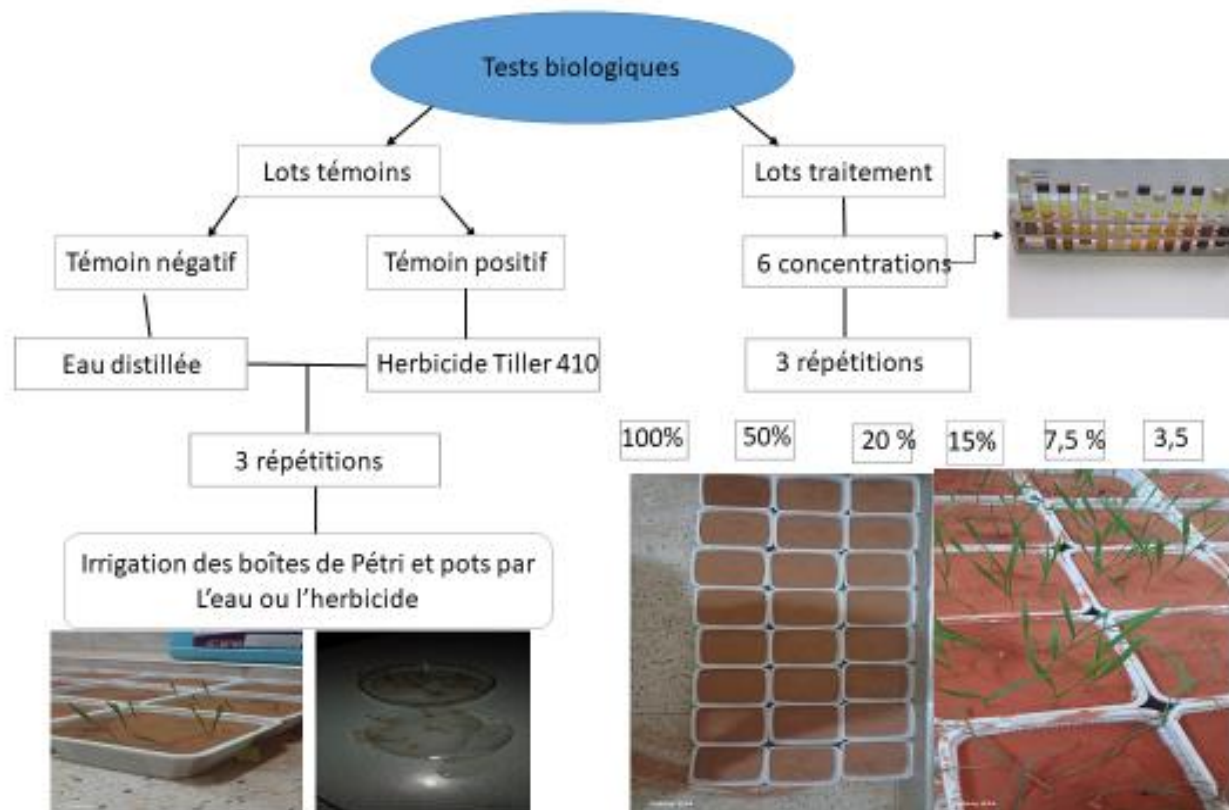


Figure 03. Protocoles expérimentales des test de germination



CHAPITRE II.

RÉSULTAT ET DISCUSSION

Chapitre II. Résultats et discussion

Dans cette étude, nous avons évalué les effets allélopathiques de deux espèces d'Euphorbia sur la germination et la croissance initiale du blé dur (*Triticum durum*), et une plante adventice *Malva aegyptiaca*. Ce chapitre présente les résultats obtenus à partir de tests biologiques réalisés en laboratoire à partir d'extraits aqueux des deux plantes étudiées. Les paramètres analysés comprenaient le taux de germination, la croissance des racines et des tiges et la différence de réponses entre les traitements et les témoins.

II.1.- Rendement d'extraction.

Les rendements d'extraction correspondent au pourcentage du principe actif dissout dans le solvant organique utilisé pour l'extraction par rapport au poids du végétal utilisée pour l'extraction) (Kemassi, 2014)

Les rendements d'extraction sont estimés en fonction de la masse d'extraits par rapport à la masse de la poudre végétale ayant servi pour l'extraction :

$$\text{Rendements d'extraction (\%)} = (\text{poids de l'extrait obtenu} / \text{poids de la matière première}) \times 100$$

Les valeurs des rendements d'extraction des extraits foliaires montrent une grande variation entre les deux espèces. L'espèce *E.guyoniana* et *E.retusa*, les valeurs enregistrées sont de l'ordre de 6.5% et 6% respectivement.

Tableau 02. Rendement d'extraction en métabolites secondaires des extraits foliaires des plantes étudiées.

Plantes spontanées	Rendement (%)
<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	6.5%
<i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	6.0%

Le rendement d'extraction de l'extrait aqueux de la partie aérienne d'*Euphorbia guyoniana* a atteint **6,5 %**, un résultat légèrement supérieur à celui obtenu pour *E. retusa*, estimé à **6 %**. Cette différence suggère une teneur un peu plus élevée en composés secondaires polaires chez *E. guyoniana*, ce qui pourrait être lié à des différences phytochimiques ou physiologiques entre les deux espèces.

En comparaison aux travaux antérieurs, les résultats obtenus apparaissent cohérents. En effet, Kemassi (2014) rapporte un rendement de **0,95 %** pour un extrait aqueux obtenu par reflux, tandis que Ali et Bettayeb (2021) indiquent des rendements de **7 % (méthanolique)**, **5,20 % (chloroforme)** et **2,08 % (dichlorométhane)** à partir de plantes récoltées dans la région de Oued N'sa (Ghardaïa).

D'autres auteurs comme Herouini et al. (2015) et Kemassi et al. (2019) ont obtenu des rendements de **4,3 %** pour la partie aérienne et **6,3 %** pour la partie racinaire. Pour *E. retusa*, nos résultats (**6 %**) se rapprochent de ceux signalés par Haba (2008), qui a obtenu un rendement de **3 % (30 mg/g)** pour un extrait méthanolique de la même espèce récoltée dans le Sahara algérien.

Ces différences peuvent être attribuées à divers facteurs, notamment la période et le lieu de récolte, la nature du solvant, la technique d'extraction, ainsi que le rapport solvant/matière végétale. La littérature confirme que le rendement d'extraction dépend fortement de ces paramètres (Zerriouh, 2015 ; Belhadj-Tahar, 2018 ; Ali & Bettayeb, 2021).

II.2.- Tests phytochimiques.

Les tests phytochimiques effectués sur deux espèces végétales originaires du Sahara algérien ont permis d'identifier les principales classes de composés présents dans la partie aérienne à travers des réactions qualitatives spécifiques. Ces analyses ont mis en évidence la présence de multiples substances bioactives, soulignant ainsi la diversité chimique de ces plantes adaptées aux conditions environnementales extrêmes du milieu saharien.

Tableau 03. Résultats des tests phytochimiques des extraits de la partie aérienne des plantes étudiées.

Espèce végétal	<i>Euphorbia guyonyaina</i>	<i>Euphorbia retuca</i>
Des Tanins	+++	+++
Des Flavonoïdes	+++	+++
Des Saponosides	+	-
Des Anthocyanes	++	++
Des Leuco anthocyanes	+	+
Des Alcaloïdes	-	-
Des Terpènes	++	++
Des Stérols	-	-

Les tests de caractérisation phytochimique permettent l'évaluation préliminaire de la composition chimique et d'obtenir une vision qualitative sur la présence ou l'absence des constituants dans ces extraits végétaux.

Ces tests permettent également de comparer les profils phytochimiques entre différentes espèces ou différentes parties d'une même plante, en tenant compte des conditions d'extraction, du solvant utilisé et du stade de développement végétatif.

L'analyse phytochimique réalisée sur les deux extraits d'Euphorbiaceae a révélé une forte présence des tanins, flavonoïdes et terpènes chez les deux espèces. Les anthocyanes et les leuco-anthocyanes sont faiblement détectés, tandis que les alcaloïdes et les stérols sont absents dans les deux extraits.

Ces résultats sont globalement en accord avec ceux rapportés par plusieurs études. Par exemple, Lachekar et *al.*, (2021) ont observé une forte présence des alcaloïdes et des tanins dans l'extrait de la partie aérienne d'*Euphorbia guyoniana*, avec une présence moyenne des flavonoïdes. Toutefois, nos résultats ne montrent aucune présence des alcaloïdes, ce qui pourrait s'expliquer par la variation des méthodes d'extraction ou de la partie végétale utilisée (Lee et *al.*, 2003).

De même, Bourogaa et *al.*, (2014) ont détecté les flavonoïdes et les alcaloïdes, mais pas les stérols, ce qui correspond partiellement à nos résultats. Braz et Mohamed Hanchour (2018) confirment également la présence des flavonoïdes, saponosides et tanins, avec des alcaloïdes en quantité importante, ce qui diffère de notre étude.

Concernant *E.retusa*, El-Amier et *al.*, (2020) rapportent la présence des composés phénoliques tels que les tanins, flavonoïdes, terpénoïdes et saponosides, ce qui correspond bien avec nos résultats, à l'exception de l'absence de saponosides

Les plantes sahariennes représentent une source précieuse de molécules bioactives, notamment des métabolites secondaires complexes, majoritairement de nature phénolique. Contrairement aux métabolites primaires tels que les protéines, les lipides et les glucides, ces composés, présents dans l'ensemble des organes végétaux, jouent un rôle essentiel dans plusieurs processus physiologiques, tels que la germination, la croissance racinaire, la division cellulaire et la maturation des fruits. (Boizot et Charpentier, 2006). Les effets toxiques ou allélopathiques observés sont attribués à une minorité spécifique de ces métabolites (Herouini et *al.*, 2020)

II.3.- Évaluation du potentiel allelopathique et bioherbicide.

Les protocoles expérimentaux ont été conduites dans des conditions contrôlées afin d'évaluer l'effet allélopathique et bioherbicide des extraits aqueux de deux espèces sahariennes, sur la germination et la croissance de deux plantes tests : une espèce cultivée (*Triticum durum*) et une espèce adventice qui appartient de la famille de Malvaceae. L'évaluation de l'effet des extraits ont été évalués à travers plusieurs indicateurs : le taux de germination (TG), ainsi que la croissance des parties aériennes et racinaires des plantules.

II.3.1.- Effet de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut sur la germination.

La figure 01 montre clairement que l'extrait des feuilles d'*E. guyoniana* a un effet sur la germination des graines de blé dur (*Triticum durum*) et de la plante adventice *Malva aegyptiaca*. Pour tester son efficacité, on a utilisé plusieurs concentrations (100 %, 50 %, 25 %, 15 %, 7,5 % et 3,5 %), et on a comparé les résultats à deux témoins : un témoin positif T(+) traité avec un herbicide, et un témoin négatif T(-) arrosé seulement avec de l'eau distillée.

Les graines de *M.aegyptiaca* ont enregistré un taux d'inhibition de 100 % à travers toutes les concentrations de l'extrait utilisées (de 100 % à 3,5 %), ce qui témoigne d'une grande sensibilité de cette espèce végétale aux composés actifs présents dans l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana*. Par ailleurs, le traitement T(+) (herbicide chimique) a également montré un taux d'inhibition de 100 %, indiquant que l'extrait naturel a exercé une efficacité comparable à celle de l'herbicide conventionnel. En revanche, aucun effet inhibiteur sur la germination du blé dur (*Triticum durum*) n'a été enregistré à travers les différentes concentrations, le taux d'inhibition étant resté à 0.00 % dans tous les traitements avec l'extrait. Quant au témoin négatif un taux d'inhibition léger de 6,67 % a été observé, probablement dû à des facteurs naturels tels que la non-germination spontanée de certaine graine.

Les résultats obtenus mettent en évidence une sélectivité marquée de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana*, qui a totalement inhibé la germination de *Malva aegyptiaca* à toutes les concentrations testées, tout en n'exerçant aucun effet inhibiteur sur la germination du blé (*Triticum durum*). Ce comportement suggère une action allélopathique spécifique, potentiellement liée à la sensibilité différentielle des espèces aux composés bioactifs contenus dans l'extrait.

Ces observations confirment les travaux de Nasrine *et al.*, (2013), qui ont démontré que l'extrait aqueux de *E.guyoniana* inhibait complètement la germination de *Bromus tectorum* à une concentration de 10 %, tandis que *T. aestivum* montrait une tolérance notable. De même, une étude menée par Kemassi *et al.*, (2022) a révélé que l'extrait de *E. guyoniana* appliqué à 5 % entraînait un taux d'inhibition de 65 % chez *Dactyloctenium aegyptium*, une espèce adventice, alors que l'orge (*Hordeum vulgare*) était moins affectée.

La forte inhibition observée chez *M.aegyptiaca* pourrait s'expliquer par la présence de métabolites secondaires tels que les diterpènes, les flavonoïdes ou les composés phénoliques, bien connus pour leurs propriétés phytotoxiques. Ces composés peuvent perturber des processus physiologiques essentiels chez les plantes cibles, notamment la synthèse des protéines, l'activité enzymatique ou l'intégrité des membranes cellulaires (Othmani, 2024)

Il est également intéressant de noter que l'efficacité de l'extrait à inhiber *M. aegyptiaca* est comparable à celle de l'herbicide chimique utilisé comme témoin positif, ce qui confère à *E. guyoniana* un potentiel prometteur en tant qu'agent bioherbicide naturel, sélectif et respectueux de l'environnement.

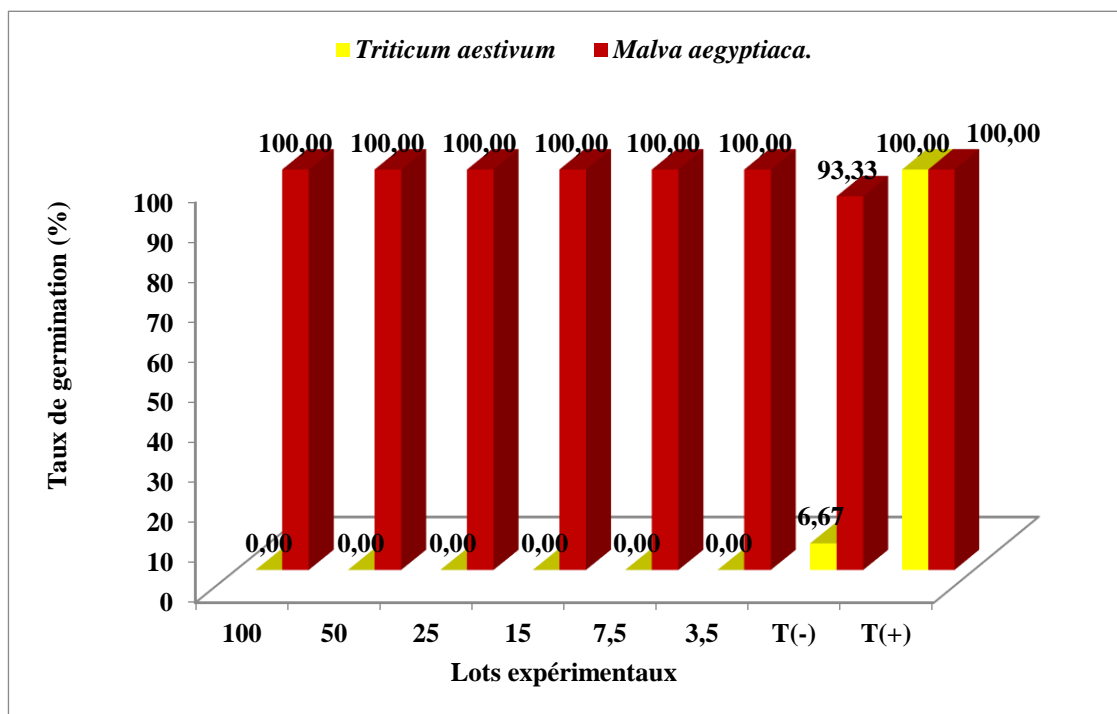


Figure 02. Taux d'inhibition enregistrés au pour l'extrait aqueux de *E.guyoniana* sur la germination des grains de *Triticum durum* et *M.aegyptiaca*

L'extrait foliaire d'*E.guyoniana* possède une forte activité allélopathique contre *M.aegyptiaca*, avec un taux d'inhibition atteignant 100 % à toutes les concentrations testées. Le blé (*Triticum durum*) a montré une résistance totale à cet effet, ce qui le rend compatible avec une culture associée à l'utilisation de cet extrait. L'évaluation de l'effet de l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* sur la germination de *Malva aegyptiaca* et de (*Triticum durum*) a mis en évidence une activité bioherbicide notable, particulièrement prononcée chez l'adventice. La germination de *M. aegyptiaca* a été totalement inhibée (100 %) à toutes les concentrations testées (100 %, 50 %, 25 %, 15 %, 7 %, 3,5 %), traduisant une forte sensibilité aux composés allélopathiques de l'extrait. En revanche, *T. durum* a présenté des taux d'inhibition plus faibles, variant entre 4,67 % et 40 %. Pour les témoins, une inhibition de 6,67 % a été observée chez le blé et de 93,33% chez l'adventice, tandis que le témoin positif a provoqué une inhibition totale (100 %).

II.3.2.- Effet de l'extrait d'*Euphorbia retusa* sur la germination.

L'étude de l'effet de l'extrait foliaire d'*E.retusa* sur le taux d'inhibition de la germination des graines de *Malva aegyptiaca* et de (*Triticum durum*) a révélé une activité bioherbicide significative, particulièrement marquée chez l'adventice. En effet, l'extrait a inhibé la germination de *Malva aegyptiaca* à 100 % pour toutes les concentrations testées (100 %, 50 %, 25 %, 15 %, 7 %, 3,5 %), ce qui traduit une forte sensibilité de cette espèce aux composés allélopathiques contenus dans cet extrait. En comparaison, (*Triticum durum*) a présenté des taux d'inhibition nettement plus faibles de l'ordre de 33,33 %, 33,33 %, 40,00 %, 33,33 %, 36,67 %, 4,67 % respectivement, tandis que pour le témoin négatif un taux d'inhibition de 6,67 % ont été enregistré pour le blé et 93% pour la plante adventiste, outre le témoin positif a provoqué une inhibition totale de 100 %.

Cette forte activité démontre l'intérêt potentiel d'*E. guyoniana* comme source des molécules bioherbicides naturels, capables d'éliminer efficacement les plants adventices sans affecter les cultures comme le blé. Ces résultats concordent avec ceux de Zahran & El-Amier (2013), qui ont observé un taux d'inhibition inférieurs de 97 % chez plusieurs espèces dicotylédones adventices, tandis que *Triticum durum* n'a montré que des inhibitions modérées, même à forte concentration.

Par ailleurs, des études comme celle d'Al-Sherif et *al.*, (2013) ont également démontré que les extraits de certaines espèces du genre *Euphorbia* exercent un effet inhibiteur plus

important sur les adventices que sur les plantes cultivées, renforçant l'idée d'une action sélective allélopathique. Le profil d'inhibition observé dans notre étude est donc cohérent avec ces travaux, et suggère que l'extrait foliaire d'*E.retusa* pourrait être utilisé comme alternative naturelle aux herbicides chimiques, dans une optique de gestion durable des adventices.

Plusieurs études antérieures ont mis en évidence l'effet inhibiteur important des extraits foliaires d'*E.retusa* sur la germination des plantes adventices. Selon Zahran et El-Hameir (2013), l'extrait aqueux de *E.retusa* provoque une inhibition presque totale de la germination supérieurs de 97 % chez les dicotylédones telles que *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*, et une inhibition significative atteignant 80 % chez les monocotylédones comme *Phalaris minor*.

En outre, l'étude montre que l'extrait pur ou faiblement dilué d'*E.retusa* conserve un fort pouvoir inhibiteur, ce qui confirme la présence de composés allélochimiques actifs dans les feuilles de cette plante. Ces résultats sont justifiés par les travaux de Parry (1982) et Cruz et al., (2000), qui ont montré que certaines plantes produisent des substances allélochimiques capables d'inhiber fortement la germination et la croissance des plantes sensibles avoisinantes.

Selon Friedman (1995), l'apparition de l'effet allélopathique dépend de la concentration des molécules bioactives, ce qui est en accord avec les résultats rapportés pour *E.retusa*, où une augmentation de la concentration entraîne une inhibition accrue de la germination. Enfin, comme l'ont souligné Hoagland et Williams (2004), la sensibilité des espèces traitées peut varier selon leur composition physiologique, la nature de l'enveloppe des graines et leur capacité à absorber ou résister aux composés allélochimiques ce qui explique la faible sensibilité observée chez le blé (*Triticum durum*) dans plusieurs expériences.

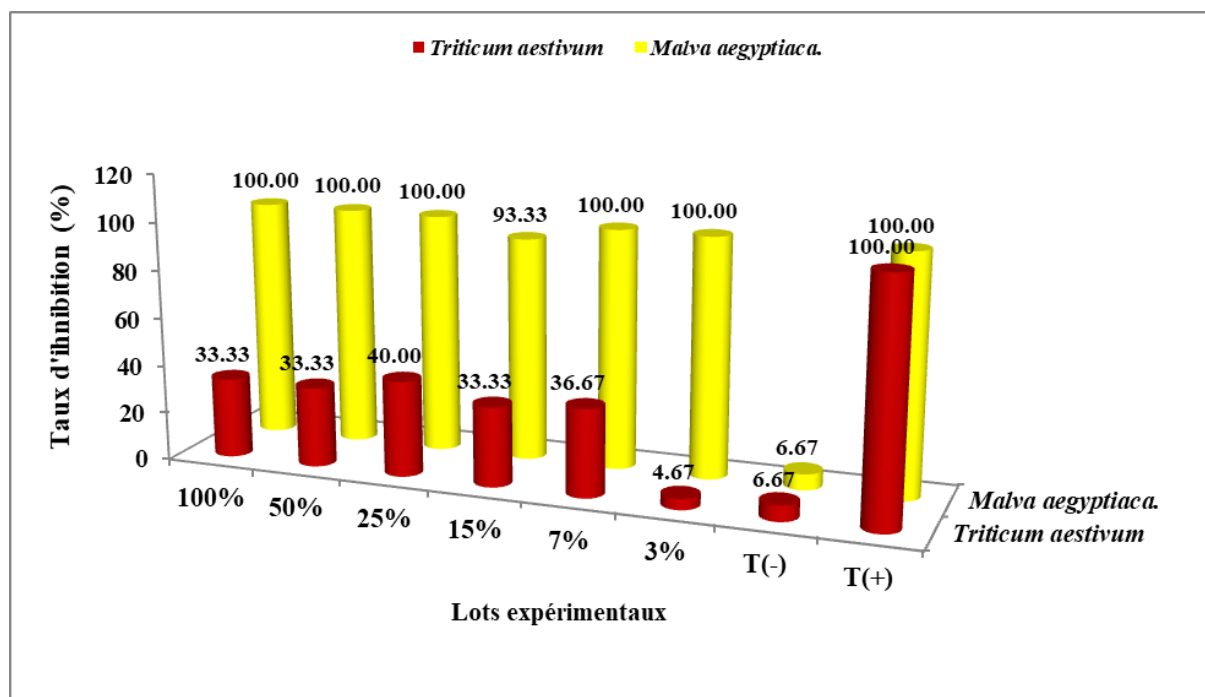


Figure 03. Taux d'inhibition enregistrés au pour l'extrait aqueux d'*E.retusa* sur la germination des grains blé et *M.aegyptiaca*

II.4.- Cinétique de germination.

II.4.1.- L'effet de l'extrait d' *E.goyuniana* sur la cinétique de germination.

Les figures **04** et **05** représentent l'évolution dans le temps de la germination des graines de blé dur et des graines de *M.aegyptiaca*. Les courbes relatives aux taux de germination des graines traitées.

La figure 06 et 07 présente la cinétique de germination des graines du blé dur vis-à-vis les doses de l'extrait *E.goyuniana*. L'évolution du taux de germination au cours du temps révèle une dynamique différenciée selon les concentrations de l'extrait appliqué. Durant les trois premiers jours du premier jour au troisième jour, aucune germination n'a été observée dans l'ensemble des lots expérimentaux, soit les lots témoins ou les lots traitements (100 %, 50 %, 25 %, 15 %, 7.5% et 3.5 %). Cette phase de latence pourrait être attribuée à l'effet initial des composés bioactifs présents dans l'extrait, susceptibles d'inhiber temporairement les mécanismes physiologiques de la germination, notamment l'imbibition ou l'activation enzymatique.

Au quatrième jour, une amorce de germination a été observée dans certains lots, traduisant une levée partielle de l'effet inhibiteur. Les taux de germination enregistrés étaient

respectivement de 10 % pour la concentration 100 %, 56,67 % pour 15 %, 26,67 % pour 7 %, 30 % pour 3 %, et 50 % pour le témoin négatif T (-). Cette variation indique que les concentrations intermédiaires (notamment 15 % et 3 %) permettent une reprise progressive de l'activité germinative, suggérant une atténuation de l'effet allélopathique avec le temps.

Au bout du le cinquième jour a marqué une accélération notable des germinations dans plusieurs lots. Les pourcentages relevés étaient de l'ordre de 43,33 % , 13,33 %, 56,67 %, 53,33 % et 50% pour les doses suivantes :(100 %), (25 %), (15 %), (7.5 %), (3.5 %) respectivement. Pour le témoin négatif un taux de germination de 56,67 % est enregistré. Cette progression traduit une tolérance partielle des graines vis-à-vis de certaines concentrations, avec une réponse graduelle selon l'intensité du stress allélopathique. Il est important de noter que la concentration 25 %, bien qu'intermédiaire, présente un retard significatif de germination à ce stade, ce qui pourrait indiquer une sensibilité développée à certains métabolites présents dans cet extrait.

À partir du sixième jour, la tendance à la germination devient généralisée et plus marquée. Les taux enregistrés atteignent 70 % pour 100 %, 76,67 % pour 50 % et 25 %, 96,67 % pour 15 %, 90 % pour 7 % et 3 %, ainsi que 76,67 % pour T(-).

Du septième au dixième jour, la germination atteint un taux maximal de 100 % dans l'ensemble des lots traités, indépendamment de la concentration de l'extrait. Cette homogénéité en fin de cycle laisse penser que l'effet allélopathique de l'extrait est transitoire et non létal, affectant principalement la vitesse de germination (délai d'initiation) plutôt que la capacité germinative finale. En revanche, le témoin positif n'a montré aucune germination durant toute la période d'observation (0 %), ce qui confirme la validité des conditions expérimentales et l'absence d'erreurs techniques.

En somme, cette cinétique de germination met en lumière un effet inhibiteur initial de l'extrait, variable selon la concentration, mais qui s'atténue au fil du temps, permettant aux graines de reprendre leur développement. Ce comportement suggère une activité allélopathique modérée à forte à court terme, mais réversible à long terme. De telles propriétés pourraient être exploitées dans le cadre de stratégies de lutte biologique contre les adventices, à condition de vérifier la sélectivité et la réversibilité de l'effet sur les cultures d'intérêt. (Figure3-1)

La cinétique de germination des graines de *M.aegyptiaca* soumises à différentes concentrations de l'extrait foliaire d' *E.guyoniana* révèle une inhibition complète et immédiate tout au long des dix jours d'observation. Aucun signe de germination n'a été observé, même

aux faibles concentrations (3 %, 7 %, 25 %, 50 %, 100 %), traduisant un effet allélopathique rapide et persistant qui a empêché le déclenchement des processus physiologiques nécessaires à la germination. En revanche, le témoin négatif, traité à l'eau distillée, a montré une dynamique normale de germination. Celle-ci a commencé au sixième jour, 13.33 atteignant un taux de 93,33 % au dixième jour. Cette différence marquée dans la cinétique de germination entre les traitements et le témoin met en évidence l'efficacité immédiate de l'extrait naturel, comparable à celle de l'herbicide chimique utilisé comme témoin positif, qui a également bloqué complètement la germination. Ces résultats suggèrent que l'extrait foliaire d'*E.guyoniana* exerce une action rapide et durable sur la dynamique germinative de *M.aegyptiaca*, soulignant son potentiel en tant qu'herbicide végétal naturel, sélectif et respectueux de l'environnement (Fig.04 et 05)

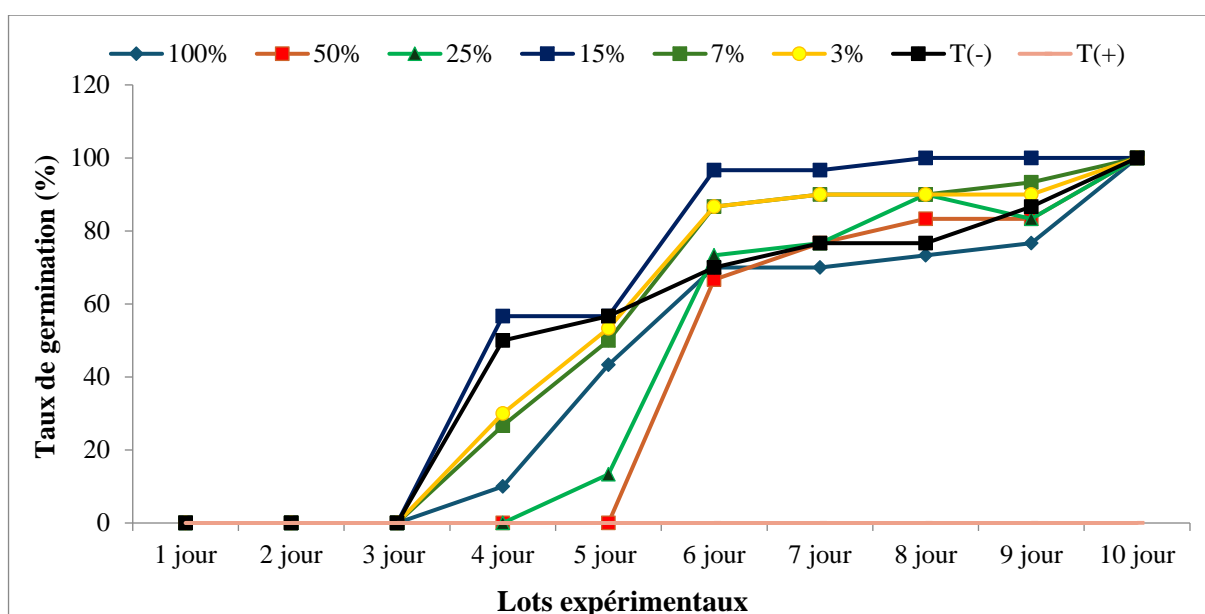


Figure 04. Cinétique de germination de blé dur. Au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations d' *E.guyoniana*

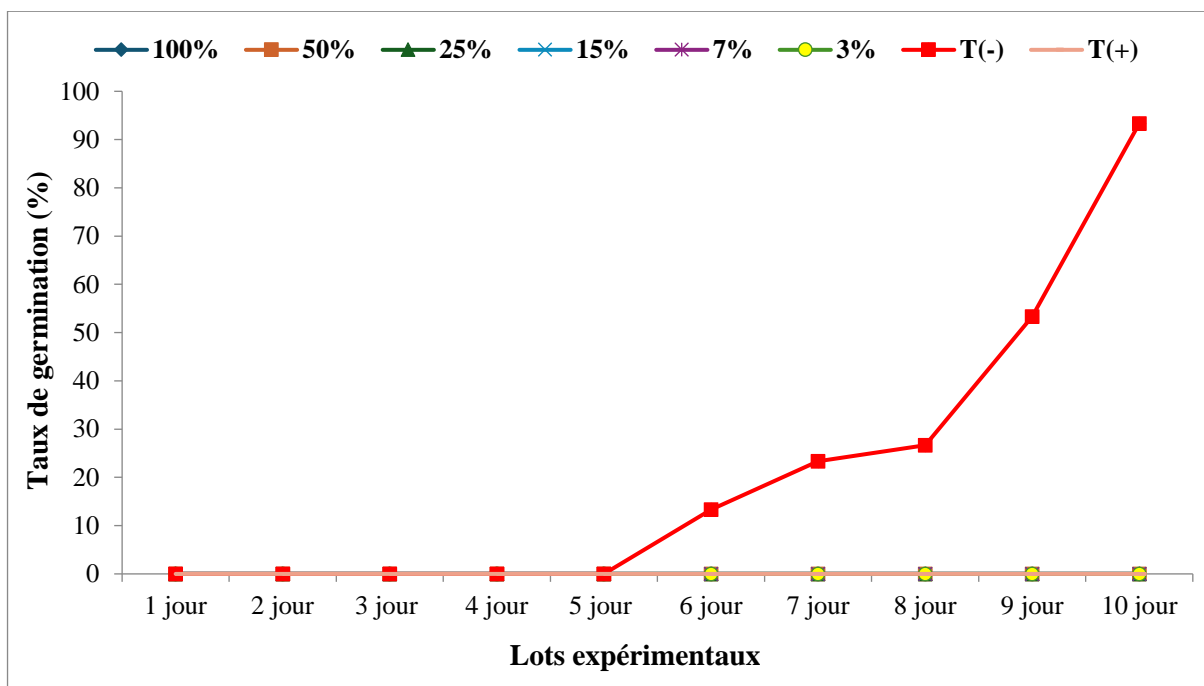


Figure 05. Cinétique de germination de *M.aegyptiaca*. Au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations d' *E.guyoniana*

II.4.2.- L'effet de l'extrait d '*E.retusa* sur la cinétique de germination.

Les résultats relatifs à la cinétique de germination du blé sous l'effet de l'extrait foliaire d '*E.retusa* montrent que la germination varie selon la concentration appliquée et le temps d'observation. Le témoin négatif a enregistré un taux de germination de 16,67 % au quatrième jour, atteignant progressivement 100 % au dixième jour, ce qui reflète des conditions favorables à la germination.

En revanche, les lots traitements avec l'extrait végétal ont montré des réponses variables en termes de vitesse et de pourcentage de germination. La meilleure performance a été observée à la concentration de 15 %, où la germination a commencé dès le quatrième jour avec un taux de 20 %, atteignant 66,67 % au dixième jour. Ce résultat indique une réponse relativement favorable à cette concentration.

D'autres concentrations ont montré une germination plus lente ou différée. Par exemple, à 3.5 %, la germination n'a commencé qu'au sixième jour avec un taux de germination de l'ordre de 3,33 %, atteignant 53,33 % au dixième jour. Pour la concentration de (100 %), la germination a commencé au sixième jour (13,33 %) pour atteindre 66,67 % à la fin de l'essai. Ce retard dans le démarrage de la germination pourrait être lié à la présence de composés allélopathiques dans l'extrait, susceptibles d'affecter l'équilibre hormonal et hydrique des graines.

Le témoin positif, traité avec un herbicide, n'a montré aucun signe de germination durant toute la période d'expérimentation, ce qui reflète une efficacité chimique totale, contrairement à l'extrait végétal qui a permis une germination plus ou moins importante selon la concentration.

Ces observations sont en accord avec celles rapportées par Ferhat et *al.*, (2018), qui ont souligné la présence de composés bioactifs tels que les phénols et les terpènes dans l'extrait d '*E. retusa*, capables d'influencer les processus physiologiques liés à la germination. Les travaux de Benhouhou (2002) et Bouazza et *al.*, (2010) soutiennent également l'idée d'un potentiel allélopathique chez plusieurs espèces du genre *Euphorbia*.

On conclusion Les résultats obtenus suggèrent que l'extrait foliaire d '*E. retusa* peut influencer la dynamique de germination sans toutefois l'inhiber totalement. La réponse dépend de la concentration appliquée. La concentration de 15 % a permis une germination rapide avec

un taux élevé, ce qui la rend prometteuse dans des approches futures visant à utiliser des extraits végétaux comme alternative naturelle dans la gestion sélective des mauvaises herbes.

L'évolution du taux de germination des graines de *M.aegyptiaca* a été suivie pendant dix jours afin d'évaluer l'effet de différentes concentrations de l'extrait foliaire aqueux de *Euphorbia retusa*.

Les résultats montrent une inhibition presque entièrement de la germination pour toutes les concentrations de l'extrait, à l'exception de la concentration de 15 %, qui a permis un léger taux de germination (environ 10 %) dès le 5^e jour. En revanche, aucune germination n'a été enregistrée aux concentrations plus élevées (100 %, 50 %, 25 %), ni aux concentrations plus faibles (7 %, 3 %), ce qui indique un effet inhibiteur fort et non-linéaire.

Le témoin négatif a montré une germination progressive à partir du 5^e jour, atteignant un taux maximal de 93 % au 10^e jour. Cette évolution contraste nettement avec les résultats obtenus pour les lots traités, démontrant ainsi l'effet toxique de l'extrait sur le processus germinatif. À l'opposé, le témoin positif n'a présenté aucune germination, confirmant l'efficacité de l'herbicide utilisé comme référence.

Ce profil de germination révèle une inhibition très marquée, indépendante parfois de la concentration, ce qui pourrait s'expliquer par la présence de composés allélopathiques puissants dans les extraits d'*E. retusa*. Ces composés, tels que les phénols, flavonoïdes ou alcaloïdes, sont connus pour perturber l'activité enzymatique et les mécanismes de division cellulaire essentiels à la germination.

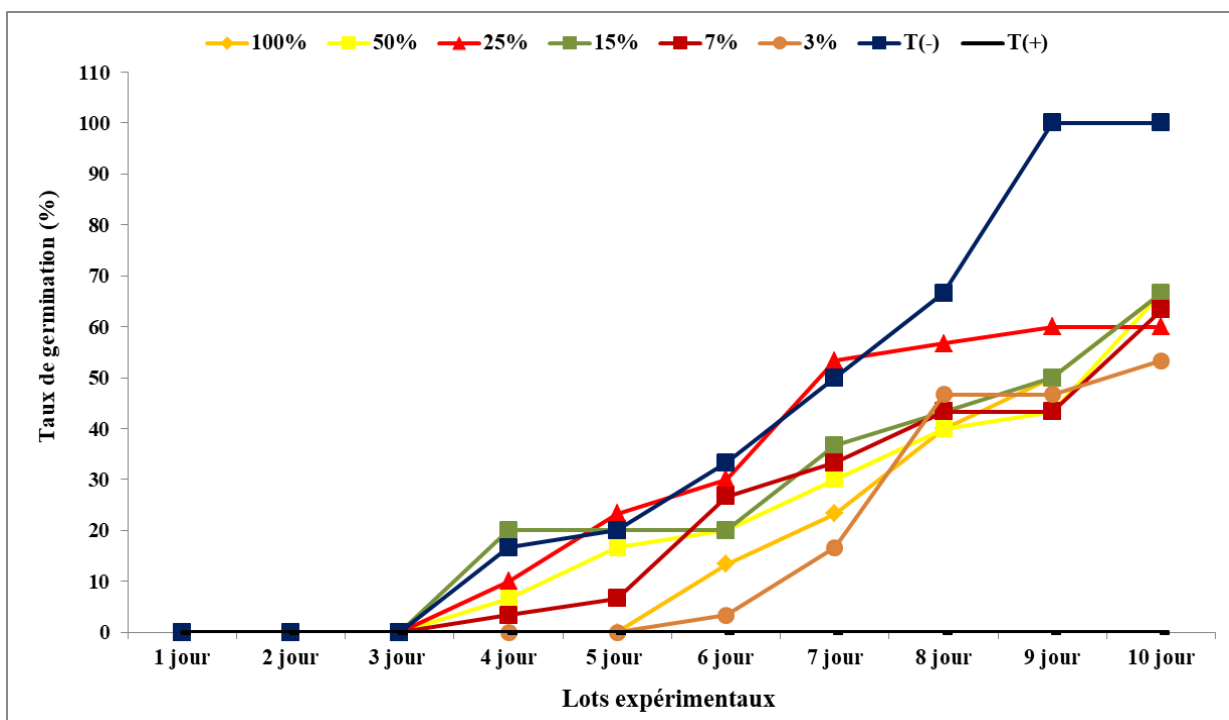


Figure 06. Cinétique de germination de blé dur. Au niveau des lots témoins et traités par différentes *E.retusa*

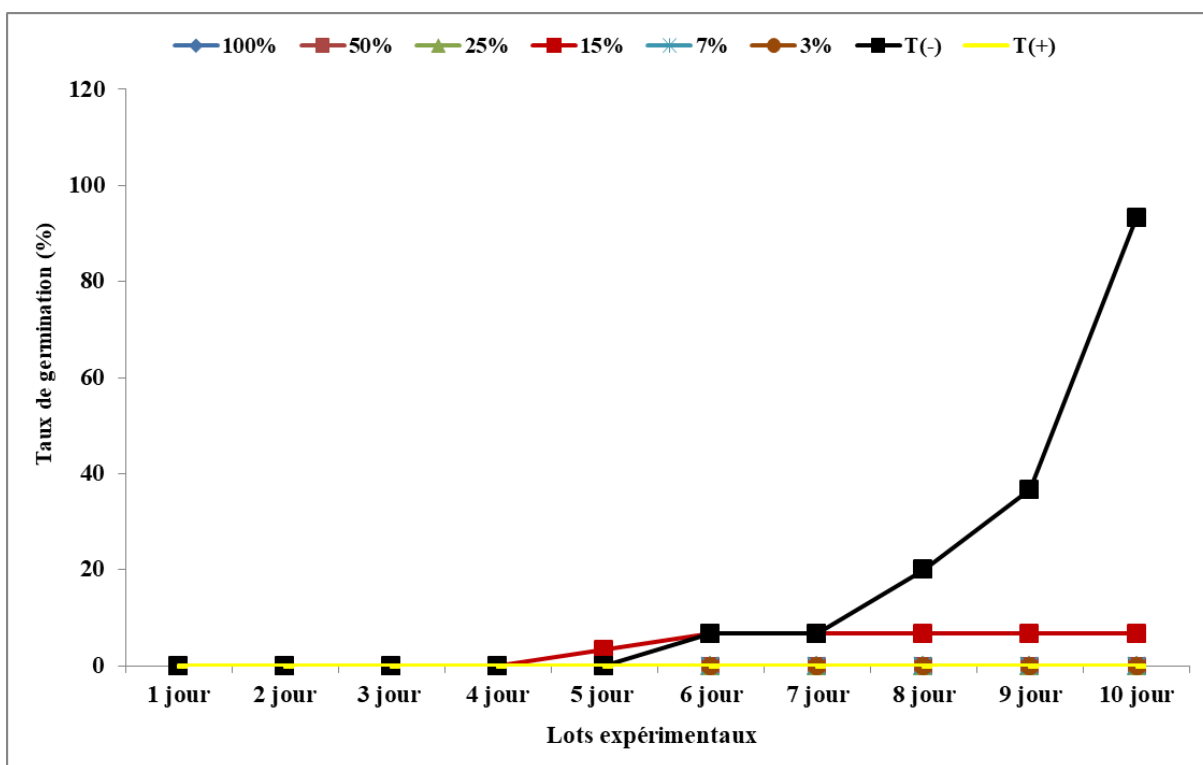


Figure 07. Cinétique de germination de *M.aegyptiaca*. Au niveau des lots témoins et traités par différentes *E.retusa*

L'analyse comparative des courbes de germination a mis en évidence des différences notables dans l'intensité et la sélectivité de l'effet inhibiteur exercé par les extraits foliaires aqueux des deux espèces d'Euphorbia.

Dans le cas d'*E. retusa*, la cinétique de germination montre une inhibition presque totale à toutes les concentrations testées, à l'exception de la concentration 15 %, où un faible taux de germination ($\approx 10\%$) a été observé à partir du 5^{ème} jour. Cette réponse uniforme, caractérisée par l'absence complète de germination, indique un effet allélopathique puissant, probablement dû à une forte teneur en métabolites secondaires toxiques, comme les phénols et les diterpènes, bien documentés dans cette espèce (El Ayeb-Zakhama et al., 2013 ; Benhouhou et al., 2017).

En revanche, les résultats obtenus avec *E. guyoniana* ont montré une absence totale d'effet inhibiteur sur *Triticum aestivum*. La germination s'est déroulée normalement à travers toutes les concentrations testées, avec des taux d'inhibition nuls et une courbe horizontale (Probit = 0), ce qui suggère une tolérance du blé à cet extrait ou bien une activité biologique sélective ciblant principalement les espèces adventices.

Ces observations soutiennent l'hypothèse d'un effet bioherbicide différentiel entre les deux espèces d'Euphorbia, où *E. retusa* exerce un effet plus toxique sur la germination du blé, tandis que *E. guyoniana* présente un effet sélectif, n'impactant pas le blé mais inhibant fortement *M. aegyptiaca*. Cette approche représente un intérêt agronomique majeur, notamment dans le cadre du développement de bioherbicides respectueux des cultures.

Ces résultats sont similaires avec ceux rapportés par Otmani et al., (2021) et Cherif (2020), qui ont montré que les extraits végétaux à base d'espèces riches en composés allélopathiques affectaient davantage les plantes adventices que les plantes cultivées. De même, An (1998) a souligné que la germination des adventices est souvent plus sensible aux composés secondaires d'origine végétale en raison de leur faible capacité de détoxification.

II.4.3.- Concentration d'efficacité CE₅₀%.

Les concentrations efficaces (CE₅₀ %) ont été estimées en traçant une droite de régression selon la méthode Probit afin de comparer les taux d'inhibition corrigés aux logarithmes des concentrations d'extraits foliaires de deux plantes (Tab.04, 05)

De nombreux chercheurs ont adopté cette méthodologie pour évaluer l'effet toxique des extraits végétaux (Otmani et *al.*, 2021 ; Cherif, 2020 ; Kemassi et *al.*, 2019).

L'analyse de la courbe dose-réponse des pourcentages d'inhibition de la germination des graines de *M.aegyptiaca* a été réalisée en utilisant le modèle Probit, dans le but de déterminer la concentration efficace médiane (CE₅₀). Les résultats ont montré que toutes les concentrations testées, allant de 100 % à 3,5 % de l'extrait foliaire d'*E.guyoniana* et *E.retusa* , ont entraîné une inhibition totale (100 %) de la germination.

Cependant, l'ensemble des concentrations testées, allant de 100 % à 3.5 %, a induit une inhibition totale (100 %) de la germination, sans aucune progression graduelle observable dans la réponse. Cette réponse biologique uniforme s'est traduite par une valeur constante du Probit égale à 7,614 pour tous les points expérimentaux, générant une droite parfaitement horizontale ($y = 7,614$) avec une pente nulle

Tableau 04. Concentration d'efficacité (DL50%, DL90%) des extrait aqueux de deux plantes étudiées appliquées la germination de *Malva aegyptiaca* et *Triticum durum*

Espèce végétale	CE ₅₀ [mL/mL]	
	<i>Malva aegyptiaca</i>	<i>Triticum durum</i>
<i>Euphorbia guyoniana</i>	IND	IND
<i>Euphorbia retusa</i>	IND	88.20

Cette inhibition maximale a donné lieu à des valeurs probit constantes de 7,614, correspondant à un taux d'inhibition d'environ 99,99%. Ce caractère invariant de la réponse a produit une équation de droite pratiquement horizontale ($y = 5E^{-15}x + 7,614$), avec une pente proche de zéro et sans coefficient de détermination (R²), indiquant une absence de relation graduelle entre la dose et la réponse. La valeur de CE₅₀ calculée étant négative (CE₅₀ = -5,23×10¹⁴), elle indique une absence de variation exploitable dans la réponse, rendant l'estimation biologiquement non interprétable et traduit l'impossibilité statistique de déterminer la CE₅₀ à partir de données ne présentant aucune variation de réponse. Ces résultats suggèrent une forte efficacité biologique de l'extrait foliaire vis-à-vis de cette espèce adventice, puisque même la concentration la plus faible (3,5 %) a permis une inhibition totale.

Les représentations graphiques des courbes de régression linéaire de l'effet des concentrations d'extraits foliaires des deux plantes étudiées sur la plante cultivée *Triticum*

durum et la plante adventice *Malva aegyptiaca* permettent de déterminer avec précision les concentrations efficaces (CE₅₀)

Les données relatives à l'inhibition de la germination des graines de blé (*Triticum aestivum*) ont été analysées à l'aide du modèle probit, dans le cadre d'une étude visant à évaluer la relation entre les concentrations de l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* et la réponse biologique. Les résultats ont montré que l'ensemble des concentrations testées n'a induit aucun effet inhibiteur sur la germination, le pourcentage d'inhibition restant constamment nul (0.00 %) quelque soit la concentration appliquée. En conséquence, les valeurs probit calculées sont demeurées constantes à null pour tous les lots expérimentaux.

Cette invariabilité complète de la réponse a conduit à l'obtention d'une courbe parfaitement horizontale au niveau de Probit = 0, traduisant l'absence totale de relation dose-réponse. Les résultats obtenus dans cette étude appuient l'hypothèse selon laquelle l'extrait foliaire de *E.guyoniana* possède un effet allélopathique et bioherbicide notable, en particulier vis-à-vis de *M.aegyptiaca*, comparativement au blé (*Triticum aestivum*). Des différences marquées ont été observées dans la réponse des deux espèces : le blé a montré une résistance relative à l'extrait, tandis que *M.aegyptiaca* a été fortement affectée, notamment à la concentration de 3,5 %, qui a entraîné une inhibition totale (100 %) de la germination. En revanche, aucune inhibition n'a été enregistrée pour le blé à cette même concentration.

Ces résultats concordent avec des études antérieures ayant montré que les plantes adventices ou parasites sont généralement plus sensibles aux extraits végétaux que les cultures agricoles. Elisante (2013) et An (1998) ont attribué ces effets à la présence de composés allélopathiques actifs tels que les phénols, les flavonoïdes, les tanins et les alcaloïdes, qui influencent des processus biochimiques liés à la germination, comme l'activité enzymatique, la perméabilité membranaire et la division cellulaire.

De plus, les travaux de Otmani et *al.*, 2021 ainsi que Cherif, 2020 ont montré que les graines des mauvaises herbes étaient plus susceptibles à l'inhibition par les extraits végétaux que celles du blé ou de l'orge, ce qui est en accord avec les observations de la présente expérience.

Tableau 05. Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d'*E.guyoniana* sur *Malva aegyptiaca* et *Triticum durum*

			Taux d'inhibition(%)		Probit
	Concentration	Log [mg/ml]			
Malva aegyptiaca	100	0.443	-0.6546263	100	7.614
	50	0.222	-1.9556563	100	7.614
	25	0.011	-1.177505	100	7.614
	15	0.066	-1.478535	100	7.614
	7	0.033	-1.8095282	100	7.614
	3.5	0.0156	-1.478535	100	7.614
	100	0.443	-0.3535963	0.00	0.00
Triticum aestivum	50	0.222	-0.6546263	0.00	0.00
	25	0.011	-1.9556563	0.00	0.00
	15	0.066	-1.177505	0.00	0.00
	7	0.033	-1.478535	0.00	0.00
	3.5	0.0156	-1.8095282	0.00	0.00

Tableau 06. Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d'*E.retusa* sur *Malva aegyptiaca* et *Triticum durum*

		Concentration	Log [mg/ml]	Taux d'ihnibition(%)	Probit	
Malva aegyptiaca		100	0.3700	-0.43179828	100	7.614
		50	0.1850	-0.73282827	100	7.614
		25	0.0925	-1.03385827	100	7.614
		15	0.0550	-1.25570702	100	7.614
		7	0.0278	-1.55673701	100	7.614
		3.5	0.130	-1.88773023	100	7.614
Triticum aestivum		100	0.443	-0.35359627	33.33	4.567
		50	0.2215	-0.65462627	33.33	4.567
		25	0.011075	-1.95565627	40.00	4.747
		15	0.06645	-1.17750501	33.33	4.567
		7	0.033225	-1.47853501	36.67	4.659
		3.5	0.015505	-1.80952823	4.67	3.3177

Cependant, l'ensemble des concentrations testées, allant de 100 % à 3 %, a induit une inhibition totale (100 %) de la germination, sans aucune progression graduelle observable dans la réponse. Cette réponse biologique uniforme s'est traduite par une valeur constante du Probit égale à 7,614 pour tous les points expérimentaux, générant une droite parfaitement horizontale ($y = 7,614$) avec une pente nulle.

Des phénomènes similaires ont été rapportés par Otmani et al., (2021) et Cherif (2020), qui ont observé une inhibition complète de la germination chez certaines mauvaises herbes exposées à des extraits végétaux riches en métabolites secondaires actifs tels que les phénols, flavonoïdes, alcaloïdes et tanins. D'autres travaux, notamment ceux d'An (1998) et Elisante (2013), ont mis en évidence la capacité de ces substances à perturber des processus cellulaires

clés comme la perméabilité membranaire, l'activité enzymatique et la division cellulaire. En conclusion, l'extrait foliaire aqueux d'*E.retusa* démontre un pouvoir allélopathique très élevé et une sélectivité marquée à l'encontre de *M.aegyptiaca*, même à de très faibles doses.

Ces résultats suggèrent un fort potentiel pour le développement de bioherbicides naturels, s'inscrivant dans une démarche de gestion durable et respectueuse de l'environnement pour la lutte contre les adventices. L'analyse du modèle Probit appliqué aux données de germination du *Triticum durum* traité par différentes concentrations de l'extrait aqueux foliaire d'*E.retusa* a permis de mettre en évidence une relation dose-réponse progressive mais faible.

Contrairement au cas de *M.aegyptiaca*, la réponse du blé n'a pas été uniforme, mais a montré une variabilité notable, avec des valeurs de Probit allant de 3,3177 à 4,747, témoignant d'un gradient biologique réel entre les concentrations.

La courbe d'ajustement suit l'équation de régression : $y = 0,2775x + 4,7465$, avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,1083$, ce qui traduit une dispersion importante des données autour de la droite, et donc une variabilité de la réponse.

Là CE_{50} a été estimée à 0,535 %, indiquant que cette concentration est suffisante pour inhiber 50 % de la germination. De même, une concentration avoisinant 1,945 % permettrait d'atteindre une inhibition proche de 90 % ($CE_{90} \approx 1,945$), en se basant sur les données observées (88,2 % d'inhibition).

Ce profil est caractéristique d'une tolérance relative de l'espèce cultivée, en l'occurrence le blé, vis-à-vis des composés allélopathiques présents dans l'extrait. Cette tolérance pourrait être attribuée à des mécanismes de défense physiologiques propres aux graminées, comme l'ont démontré les travaux de Soltys et *al.*, (2013) et de Dayan & Duke (2010), qui ont mis en évidence des stratégies de réduction de l'absorption ou de neutralisation des métabolites secondaires d'origine végétale.

D'une manière générale, l'extrait aqueux d'*E.retusa* exerce un effet allélopathique modéré sur *Triticum durum*, traduisant une sélectivité intéressante. Cette propriété pourrait être exploitée dans le cadre du développement de bioherbicides sélectifs, permettant de cibler efficacement les mauvaises herbes (*M.aegyptiaca*) tout en préservant les cultures céréalières.

L'analyse comparative des courbes dose-réponse, établies selon le modèle Probit, a permis d'évaluer l'efficacité phytotoxique de l'extrait aqueux foliaire d'*Euphorbia retusa* sur

deux espèces cibles : une plante cultivée (*Triticum durum*) et une adventice commune (*Malva aegyptiaca*).

Chez *M. aegyptiaca*, les résultats ont montré une inhibition totale de la germination dès les plus faibles concentrations testées, traduisant une sensibilité extrême à l'extrait. Cette réponse uniforme se manifeste par une valeur de Probit constante d'environ 7,614, sans variation selon les doses, ce qui signifie que même les faibles quantités d'extrait suffisent à bloquer complètement le processus de germination.

Les CE₅₀ obtenus révèle une variabilité importante des réponses biologiques, et une corrélation faible entre la concentration appliquée et l'effet observé. Cette pente très faible et la dispersion des points autour de la droite de régression reflètent une tolérance relative du blé dur aux composés allélopathiques de l'extrait.

Cette spécificité pourrait s'expliquer par la capacité du blé à mobiliser des mécanismes de défense biochimiques ou physiologiques, comme l'ont suggéré les travaux de Soltys et *al.*, (2013) et Dayan & Duke (2010).

Ce profil sélectif est particulièrement recherché dans le développement de bioherbicides d'origine naturelle, s'inscrivant dans une stratégie de lutte intégrée respectueuse de l'environnement.

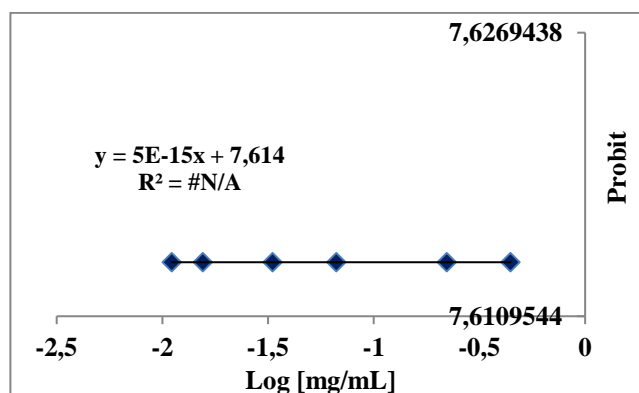


Figure08. Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*E.guyoniana* sur *M. aegyptiaca*.

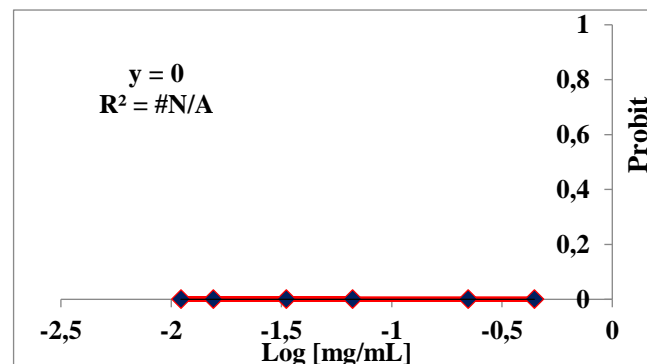


Figure 09. Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*E.guyoniana* sur *Triticum durum*

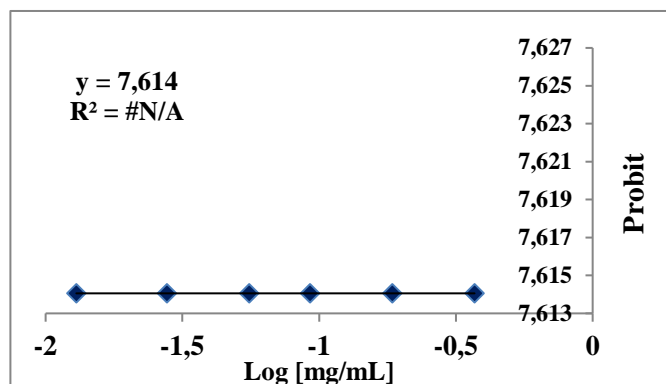


Figure 10. Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*E. retusa* sur *M. aegyptiaca*.

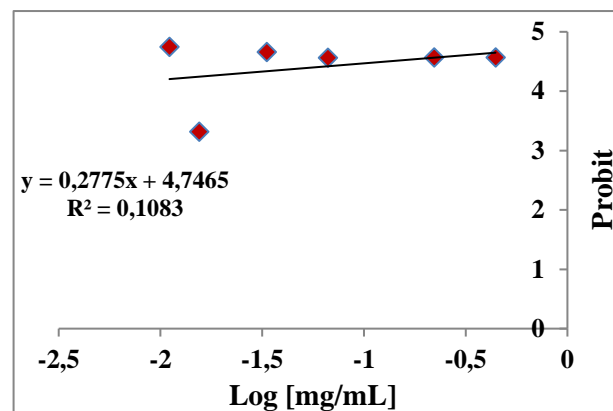


Figure 11. Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*E. retusa* sur *Triticum durum*

Les deux extraits se sont révélés efficaces pour inhiber la croissance de *M.aegyptiaca*, avec une supériorité marquée de l'extrait d'*E.guyoniana*. Cependant, *E. retusa* s'est montré moins nocif pour le blé que *E. guyoniana*, ce qui le rend potentiellement plus sûr pour une utilisation en culture. Ainsi, l'extrait d'*E.guyoniana* pourrait constituer un bon candidat comme bioherbicide spécifique, tandis que l'extrait d'*E.retusa* serait mieux adapté aux systèmes de culture nécessitant une préservation de la plante cultivée.



CONCLUSION

Conclusion

Cette étude expérimentale s'est inscrite dans une approche de valorisation des ressources végétales sahariennes à travers l'exploration du potentiel allélopathique de deux espèces appartenant au genre *Euphorbia* dont *Euphorbia guyoniana* et *Euphorbia retusa*.

L'objectif principal était d'évaluer leur effet inhibiteur sur la germination et la croissance de deux plantes cibles soient le *Blé dur*, une céréale d'intérêt économique majeur, et *Malva aegyptiaca*, une plante adventice fréquente dans les zones arides.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des effets biologiques marqués et différenciés selon l'espèce végétale et la plante cible. L'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* a montré une sélectivité remarquable, il a totalement inhibé la germination de *M. aegyptiaca* à toutes les concentrations testées, tout en épargnant complètement le blé.

Ce comportement témoigne d'une spécificité allélopathique prometteuse, offrant un intérêt réel dans le cadre d'une gestion durable et ciblée des mauvaises herbes. De son côté, *Euphorbia retusa* a également exercé une inhibition totale sur *M. aegyptiaca*, mais son effet sur *Triticum durum* a été modéré et dépendant de la concentration, ce qui pourrait limiter son usage direct en culture sans formulation adéquate.

L'analyse phytochimique qualitative a révélé que la richesse des deux espèces en métabolites secondaires bioactifs, notamment les tanins, les flavonoïdes et les terpènes.

Ces composés sont connus pour leurs propriétés phytotoxiques, et pourraient être à l'origine des effets observés. L'absence d'alcaloïdes et de stérols dans les extraits étudiés indique un profil chimique spécifique, qui mériterait une caractérisation plus fine par des méthodes chromatographiques et spectroscopiques pour identifier les molécules actives responsables de l'effet herbicide.

Les cinétiques de germination ont montré que l'effet des extraits, bien que parfois transitoire, peut avoir un impact significatif sur la vitesse et la réussite de la germination. De plus, les valeurs des CE_{50%} lorsqu'elles ont pu être calculées, confirment l'efficacité biologique de ces extraits, particulièrement vis-à-vis de l'espèce adventice.

Les résultats obtenus en conditions contrôlées démontrent le potentiel des extraits aqueux d'*Euphorbia retusa* et *guyoniana* en tant qu'agents bioherbicides naturels. Leur efficacité, particulièrement marquée sur l'adventice *Malva aegyptiaca*, confirme l'existence de

composés allélopathiques capables d'inhiber fortement la germination. L'utilisation de ces extraits pourrait ainsi constituer une alternative écologique aux herbicides chimiques, dont l'usage demeure problématique en raison de leur coût élevé, de leur persistance dans l'environnement et du risque de résistance chez les adventices.

Cette étude, fondée sur des extraits foliaires obtenus par reflux hydro-méthanolique, constitue une contribution originale à la valorisation des ressources végétales sahariennes. Elle met en évidence la possibilité d'intégrer la biodiversité locale dans des stratégies innovantes de gestion des adventices, au service d'une agriculture plus durable et respectueuse de l'environnement.

Pour envisager une application pratique à l'échelle agricole, plusieurs pistes de recherche méritent d'être explorées :

1. **Identification des composés bioactifs** : isoler et caractériser les molécules responsables de l'activité allélopathique, en vue de mieux comprendre leur mode d'action.
2. **Validation en conditions de terrain** : réaliser des essais en plein champ pour évaluer la performance, la persistance et la sélectivité des extraits dans des systèmes de culture réels.
3. **Études toxicologiques et écotoxicologiques** : analyser l'impact potentiel sur la santé humaine, la faune auxiliaire, les sols et les écosystèmes environnants.
4. **Optimisation des formulations et modes d'application** : tester différentes présentations (solutions, poudres, extraits concentrés) adaptées aux conditions pédoclimatiques locales.
5. **Approches comparatives** : élargir l'étude à d'autres espèces sahariennes présentant un potentiel allélopathique, afin d'identifier de nouvelles ressources végétales utilisables en biocontrôle.



RÉÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- ❖ Abdel-Monaim, M. F., & El-Mougy, N. S. (2015). Integrated management of weeds in cereal crops. *Plant Pathology Journal*, 14(3), 120–128.
- ❖ Abdul-Baki, A. A., et Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6), 630–633.
- ❖ Agrawal, A. A., et Konno, K. (2009). Latex: A model for understanding mechanisms, ecology, and evolution of plant defense against herbivory. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 311–331.
- ❖ Ahmed, R., Hoque, A. T. M. R., Hossain, M. K., & Khan, B. M. (2012). Allelopathic effects of *Leucaena leucocephala* leaf litter on germination and growth of agricultural crops. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(5), 749–755.
- ❖ Ali, H., & Bettayeb, A. (2021). Étude phytochimique comparative des extraits de plantes sahariennes de la région de Ghardaïa. *Revue des Sciences de la Nature et de la Vie*, 15(1), 45–53.
- ❖ Al-Sherif, E. A., et al. (2013). Allelopathic effect of *Euphorbia* species on germination and seedling growth of *Amaranthus* and *Triticum*. *Notulae Scientia Biologicae*, 5(2), 184–190.
- ❖ Al-Sherif, E. A., Hegazy, A. K., Gomaa, N. H., & Hassan, M. O. (2013). Allelopathic effect of black mustard tissues on germination and growth of some weeds. *Journal of Agricultural Technology*, 9(1), 253–271.
- ❖ Al-Taisan, W. A. (2010). Allelopathic effect of *Artemisia sieberi* Besser (Asteraceae) on seed germination of some native plant species in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 17(3), 237–240.
- ❖ Alvarado, V., & Bradford, K. J. (2002). A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell & Environment*, 25(8), 1061–1069.
- ❖ Amar, A., Bradai, M., & Meziane, R. K. (2012). Contribution à l'étude phytochimique et biologique d'*Euphorbia guyoniana*. *Revue des Sciences Biologiques*, 3(1), 25–30.
- ❖ Boudiar, T., Haba, H., & Boukhatem, M. N. (2010). Étude phytochimique et activité biologique d'*Euphorbia guyoniana*. *Journal Algérien des Régions Arides*, 7, 55–63.
- ❖ Haba, H., Boudiar, T., & Boukhatem, M. N. (2007). Analyse chimique des constituants d'*Euphorbia guyoniana*. *Bulletin de la Société Chimique d'Algérie*, 23, 31–38.
- ❖ SMARA. (2014). Flore endémique et plantes médicinales du Sahara algérien. Service de la Mise en Valeur des Ressources Agrobiologiques.
- ❖ An, M. (1998). Allelopathy in wheat: towards a sustainable wheat production. PhD Thesis, Charles Sturt University, Australia.
- ❖ Baameur, M. (2021). *Étude écologique de la flore spontanée du Sahara septentrional est-algérien* [Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah – Ouargla]. DSpace Université d'Ouargla.
- ❖ Bachheti, R. K., Rai, I., Joshi, A., Rana, V., & Pandey, D. P. (2020). Allelopathic potential of some plant extracts on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Archives*, 20(1), 2999–3003.

- ❖ Beentje, H. J. (Ed.). (1996). The Biology of the Euphorbiaceae. Royal Botanic Gardens, Kew.
- ❖ Belhadj, A., & Derbal, N. (2021). Sensibilité du blé dur à des extraits sahariens. Archives de l'Institut Agronomique, 48(2), 213–222.
- ❖ Belhadj-Tahar, H. (2018). Méthodes d'extraction et rendement d'extraits végétaux: paramètres influents. Université de Bejaia.
- ❖ Bellakhdar, J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle: Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press.
- ❖ Benariba, N., Djaziri, R., Bellakhdar, W., & Belkacem, N. (2020). Phytochemical analysis and allelopathic potential of Algerian endemic plants. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 18, 100255.
- ❖ Benhizia, Y., & Gherib, M. (2020). Activité phytotoxique d'Euphorbia guyoniana. Revue des Sciences Agronomiques, 43(2), 155–162.
- ❖ Benhouhou, S. (2002). Biodiversité floristique et phytogéographique du Sahara algérien. Thèse de doctorat, Université d'Alger.
- ❖ Benhouhou, S., Boudiar, T., & Haba, H. (2005). Effets phytotoxiques des Euphorbia sur des espèces adventices et cultivées du Sahara algérien. Actes du Congrès National de Phytopathologie, Alger.
- ❖ Benhouhou, S., et al. (2017). Potential allelopathic effects of desert Euphorbia species in arid agroecosystems. Journal of Arid Environments, 140, 20–28.
- ❖ Benkeblia, N. (2012). Allelopathic potential of plant extracts on seed germination and seedling growth. African Journal of Biotechnology, 11(85), 15102–15106.
- ❖ Benkherara, S., Bordjiba, O., Harrat, S., & Djahra, A. B. (2021). Antidiabetic Potential and Chemical Constituents of Haloxylon scoparium Aerial Part, An Endemic Plant from Southeastern Algeria. International Journal of Secondary Metabolite, 8(4), 398-413.
- ❖ Benmeddour, F. (2010). Effets allélopathiques d'espèces végétales envahissantes sur la germination et la croissance de plantes cultivées. Thèse de Magistère, Université de Tizi Ouzou, Algérie
- ❖ Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W., & Nonogaki, H. (2013). Seeds: Physiology of development, germination and dormancy (3rd ed.). Springer.
- ❖ Bigoniya, P., et Rana, A. C. (2008). A review on Euphorbia species: With special reference to traditional medicinal uses, phytochemistry, and pharmacological activities. Pharmacologyonline, 3, 111–133. [Disponible sur ResearchGate]
- ❖ Boizot, N., & Charpentier, A. (2006). Effets des composés allélopathiques végétaux sur la germination: une revue. Ecologie, 37(2), 153–164.
- ❖ Boukhari, K. (2013). *Activité biologique des extraits d'Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Metlili (Sahara algérien) [Mémoire de master, Université de Ghardaïa]. DSpace Université de Ghardaïa.
- ❖ Bourogaa, E., et al. (2014). Étude phytochimique et effet antioxydant de quelques plantes médicinales du Sud tunisien. Journal de Pharmacognosie et Phytothérapie, 6(4), 59–66.
- ❖ Bouzabata, A., & Khelil, M. A. (2016). Effet phytotoxique de plantes sahariennes. Revue des Bioressources, 6(1), 33–41.

- ❖ Braz, M. M., & Mohamed Hanchour, L. (2018). Activité biologique de quelques Euphorbiaceae du Sud algérien. *Revue Bioressources*, 5(1), 88–98.
- ❖ Bruneton, J. (1996). *Pharmacognosie: Phytochimie, plantes médicinales* (2e éd.). Lavoisier.
- ❖ caractéristiques. *Nature & Technology*, (1), 45.
- ❖ Benjamaa, R. (2022). Euphorbia species latex: A comprehensive review on chemical composition and biological activities. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 958325
- ❖ Chehma, A. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien.
- ❖ Chehma, A., & Djebbar, M. R. (2008). Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien : distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 17, 36-45.
- ❖ Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1020
- ❖ Cherif, R. (2020). Effets allélopathiques d'extraits végétaux sur la germination des adventices. *Revue des Sciences Agronomiques*, 12(2), 75–84.
- ❖ Cherif, R. (2020). *Étude comparative des activités biologiques des extraits aqueux de deux plantes spontanées récoltées au Sahara Algérien* [Thèse de doctorat, Université de Ghardaïa].
- ❖ Cruz, O., et al. (2000). Allelopathy: New concepts and perspectives. *Plant Ecology*, 4(3), 169–175.
- ❖ Cronquist, a. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia university press.
- ❖ Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and antioxidant properties. *Molecules*, 15(10), 7313–7352.
- ❖ Daloze, D., Braekman, J. C., & Declercq, J. P. (1995). Chemical defense in the Euphorbiaceae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 23(7–8), 803–807.
- ❖ Davies, K. W., Bates, J. D., & Boyd, C. S. (2012). Effects of long-term livestock grazing on fuel characteristics in rangelands: An example from the sagebrush steppe. *Rangeland Ecology & Management*, 65(3), 292–298.
- ❖ Dayan, F. E., & Duke, S. O. (2010). Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant Physiology*, 166(3), 1090–1105.
- ❖ Demir, I., & Mavi, K. (2008). Germination, viability and priming responses of aged watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds. *Seed Science and Technology*, 36(3), 621–632.
- ❖ Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature & Technology*, (1), 45.
- ❖ Dohou, R., Yamni, K., Tahrouch, S., Hassani, L. I., Badoc, A., & Gmira, N. (2003). Screening phytochimique d'une endémique iberomarocaine, *Thymelaea lythroides*. *Bulletin Société de Pharmacie de Bordeaux*, 142(1/4), 61-78.
- ❖ Duke, S. O., Dayan, F. E., Rimando, A. M., Schrader, K. K., Aliotta, G., Oliva, A., & Romagni, J. G. (2002). Chemicals from nature for weed management. *Weed science*, 50(2), 138-151.
- ❖ Dayan, F. E., & Duke, S. O. (2014). Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant Physiology*, 166(3), 1090-1105.

- ❖ Éditions du CNRS. (s.d.). Études sur l'activité biologique des plantes et l'allélopathie. Éditions du CNRS, 662 p
- ❖ Einhellig, F. A. (1996). Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal*, 88(6), 886–893.
- ❖ El Ayeb-Zakhama, A., et al. (2013). Allelopathic and antioxidant activities of *Euphorbia* species essential oils. *Industrial Crops and Products*, 49, 305–311.
- ❖ El-Amier, Y. A., et al. (2020). Phytochemical screening and allelopathic effect of *Euphorbia retusa*. *Egyptian Journal of Botany*, 60(2), 407–417.
- ❖ Elgamal, A. M., Abdelrahman, A. H., El-Aasr, M., & Al-Abd, A. M. (2021). Anti-aging potential of *Euphorbia retusa* via inhibition of matrix-degrading enzymes. *Journal of Ethnopharmacology*, 267, 113495.
- ❖ Elisante, F. (2013). Allelopathic effects of selected weeds on maize and beans. MSc thesis, Sokoine University of Agriculture, Tanzania.
- ❖ El-Rokiek, K. G., et Eid, R. A. (2009). Allelopathic effects of *Eucalyptus globulus* on germination and growth of *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album*. *International Allelopathy Journal*, 3(2), 125–132.
- ❖ Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z. A., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2011). The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science*, 67(5), 493–506.
- ❖ Ferhat, S., et al. (2018). Impact de l'extrait de plantes médicinales sur la germination de graines de céréales. *Revue des Bioressources*, 6(2), 55–62.
- ❖ Friedman, J. (1995). Allelopathy in desert plants. *International Journal of Plant Sciences*, 156(2), 122–127.
- ❖ Finney, D. J. (1971). Probit analysis (3rd ed.). Cambridge University Press.
- ❖ Fujii, Y., Shibuya, T., Nakatani, K., Itani, T., Hiradate, S., & Parvez, M. M. (2004). Assessment method for allelopathic effect from leaf litter leachates. *Weed Biology and Management*, 4(1), 19–23. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2003.00093.x>
- ❖ Fakhfakh, N., Jdir, H., Jridi, M., & Rateb, M. (2016). The mallow, *Malva aegyptiaca* L. (Malvaceae): Phytochemistry analysis and effects on wheat dough performance and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 1-8
- ❖ FAO. (2017). Le blé dur : production, utilisation et perspectives mondiales. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Rome
- ❖ Gniazdowska, A., & Bogatek, R. (2005). Allelopathic interactions between plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27(3), 395–407.
- ❖ Gomes, M. P., Le
- ❖ Govaerts, R., Frodin, D.G., Radcliffe-Smith, A. (2000). World Checklist and Bibliography of Euphorbiaceae. Royal Botanic Gardens, Kew
- ❖ HABA H., 2008. Etude phytochimique de deux Euphorbiaceae sahariennes: *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. et *Euphorbia retusa* Forsk. Thèse de doctorat en sciences, université de Batna, p.160.305
- ❖ Haba, H. (2008). Étude phytochimique d'*Euphorbia retusa* du Sahara algérien. Mémoire de Master, Université de Ouargla.
- ❖ Hampton, J. G., & TeKrony, D. M. (1995). Handbook of vigour test methods (3rd ed.). International Seed Testing Association.

- ❖ Handa, S. S., Khanuja, S. P. S., Longo, G., & Rakesh, D. D. (2008). Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. International Centre for Science and High Technology – UNIDO.
- ❖ Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd ed.). Springer.
- ❖ Harraz, F. M., El-Din, S. A. S., & Salah, S. M. (1994). Chemical constituents and bioactivity of *Euphorbia retusa*. *Fitoterapia*, 65(3), 217–222.
- ❖ Herouini, A. (2015). *Étude de l'activité biologique des extraits aqueux d'Euphorbia guyoniana (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algérien)* [Mémoire de master, Université de Ghardaïa].
- ❖ Herouini, A. (2021). *Évaluation du pouvoir biocide des huiles de graines de Citrullus colocynthis Schard. (Cucurbitaceae), Pergularia tomentosa L. (Asclepiadaceae) et Datura stramonium L. (Solanaceae) récoltées dans la région de Ghardaïa* [Thèse de doctorat, Université de Ghardaïa].
- ❖ Herouini, A., et al. (2015). Effet allélopathique d'*Euphorbia guyoniana* sur la germination de graines cultivées. *Revue des Sciences de la Nature et de la Vie*, 13(1), 77–85.
- ❖ Herouini, A., et al. (2020). Allélopathie et métabolites secondaires chez les Euphorbiacées sahariennes. *Actes du Congrès National des Plantes Médicinales*, Biskra.
- ❖ Houérou, H.N. (1995). Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: Diversité biologique, développement durable et désertification. *Options Méditerranéennes*, série B, No 10, pages 1–396
- ❖ Hussain, F., Abidi, N., et Zia, M. (2011). Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. *African Journal of Biotechnology*, 10(51), 10549–10556. Imprimerie" La Typo-Litho".
- ❖ Hussain, F., et al. (2011). Allelopathic effects of plants on wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 43(6), 2763–2767.
- ❖ improvement and development: proceedings.... IDRC, Ottawa, ON, CA.
- ❖ Inderjit, & Duke, S. O. (2003). Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta*, 217(4), 529–539. <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1054-z>
- ❖ ISTA. (2023). *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association.
- ❖ Kayrallah, W., & Hachemi, L. (1978). Food legumes in Algeria. In *Food legume*
- ❖ Kemassi, A. (2014). *Activité biologique de l'extrait aqueux d'Euphorbia guyoniana*. Mémoire de Master, Université de Ghardaïa.
- ❖ Kemassi, A. (2014). *Toxicité comparée des extraits d'Euphorbia guyoniana (Stapf.) (Euphorbiaceae), Cleome arabica L. (Capparidaceae) et de Capparis spinosa L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Doctoral dissertation)*.
- ❖ Kemassi, A., et al. (2019). Effets insecticides et allélopathiques d'*Euphorbia guyoniana* sur les mauvaises herbes. *Lebanese Science Journal*, 20(1), 55–70.
- ❖ Kemassi, A., et al. (2022). Étude comparative des effets allélopathiques d'*Euphorbia guyoniana* sur différentes espèces cibles. *Actes du 3^e Colloque d'Agrobiologie*, Biskra.

- ❖ Kemassi, A., Gherib, M., et Rahmoune, C. (2022). Effets allélopathiques d'extraits de plantes sahariennes sur la germination de quelques mauvaises herbes. *Journal of Applied Biosciences*, 175, 18260–18268
- ❖ Kemassi, A., Herouini, A., Seyd, S. A. H., Cherif, R., & Ould El Hadj, M. D. (2019). Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara algérien) sur le *Tribolium castaneum*. *Lebanese Science Journal*, 20(1), 55–70.
- ❖ Konno, K. (2011). Latex and plant defense. *Phytochemistry*, 72(13), 1510–1530.
- ❖ Lachekar, A., et al. (2021). Profil phytochimique et effets biologiques de *Euphorbia guyoniana* récoltée dans le Sud algérien. *Revue Phytothérapie Maghreb*, 8(2), 22–28.
- ❖ Le Houérou, H. N. (1995). *Bioclimatology and natural vegetation of the Sahara and Sahel*. Springer-Verlag.
- ❖ Lee, C. W., et al. (2003). Flavonoids and other phenolics in plant defense mechanisms. *Phytochemistry*, 64(4), 365–375.
- ❖ Macías, F. A., Molinillo, J. M. G., Varela, R. M., & Galindo, J. C. G. (2007). Allelopathy: A natural alternative for weed control. *Pest Management Science*, 63(4), 327–348.
- ❖ Maire, R. (1933). *Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central* (Vol. 1). Imprimerie "La Typo-Litho"
- ❖ Mandal, V., Mohan, Y., & Hemalatha, S. (2007). Microwave assisted extraction. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 7–18.
- ❖ Matthews, S., & Powell, A. A. (2011). Towards the validation of the controlled deterioration vigour test for small-seeded vegetables. *Seed Testing International*, 141, 38–43.
- ❖ Médail, F., & Quézel, P. (2018). *Biogéographie et biodiversité des plantes vasculaires de la Méditerranée nord-occidentale*. IRD Éditions.
- ❖ Meddah, B., & Zerguini, A. (2019). Germination de *Triticum durum*: étude comparative. *Journal Algérien des Régions Arides*, 14(1), 77–84.
- ❖ Moghadam, M. S., Esmaeili, M., et Hamidoghli, Y. (2020). Phytotoxicity and allelopathic activity of *Euphorbia* species. *Journal of Plant Interactions*, 15(1), 1–9.
- ❖ Moghadam, P. R., et al. (2020). Allelopathic effects of *Euphorbia* spp. extracts on seed germination of some weeds. *Iranian Journal of Weed Science*, 16(1), 55–68.
- ❖ Nasrine, B., Farida, K., et Amina, Z. (2013). Activité allélopathique de quelques extraits de plantes sahariennes sur la germination de deux espèces de graminées. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 82, 100–107.
- ❖ Nasrine, N., et al. (2013). Effets inhibiteurs des extraits d'*Euphorbia* sur la germination. *Journal Algérien de Biologie*, 5(2), 60–70.
- ❖ Naz, R., & Bano, A. (2013). Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial activity of *Nigella sativa* and *Euphorbia helioscopia*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(5), 337–341.
- ❖ Novak, J., Müller-Schärer, H., & Karrer, G. (2018). Allelopathic effects of invasive alien plant species on seed germination of native species: A review. *Journal of Plant Ecology*, 11(2), 245–256.
- ❖ Otmani, R. (2024). *Évaluation du pouvoir herbicide des extraits aqueux de trois plantes spontanées récoltées au Sahara* [Thèse de doctorat, Université de Ghardaïa].

- ❖ Otmani, R., et al. (2021). Estimation de la CE50 des extraits végétaux appliqués sur la germination des adventices. *Revue de Biotechnologie Végétale*, 9(3), 99–108.
- ❖ Ozenda, P. (1977). *Flore du Sahara* : Editions CNRS.
- ❖ Ozenda, P. (1983). *La végétation saharienne: Étude phytogéographique*. CNRS Éditions.
- ❖ Ozenda, P. (1991). *Flore de Sahara* (3e édition mise à jour et augmentée). Paris, Éditions du CNRS, 662.
- ❖ Ozenda, P. (2004). *Flore et végétation du Sahara* (3e éd.). CNRS Éditions.
- ❖ Parry, D. W. (1982). Allelopathy in tropical plants. *Tropical Pest Management*, 28(4), 365–370.
- ❖ Rice, E. L. (1984). *Allelopathy* (2nd ed.). Academic Press.
- ❖ Riina, R., Berry, P. E., & Haevermans, T. (2013). Proposal to conserve the name *Euphorbia retusa* Forssk. against *E. retusa* (L.) Forssk. (Euphorbiaceae). *Taxon*, 62(1), 181–182.
- ❖ Saif-Eldin, A. E. (1994). *Phytochemical and pharmacological studies on some Euphorbia species from Egypt*. [Doctoral dissertation, Cairo University].
- ❖ Salah, S. M. (1985). *Étude phytochimique et pharmacologique d'Euphorbia retusa* Forssk. [Thèse de doctorat, Université du Caire].
- ❖ Salomé-Abarca, L. F., Salazar, D., et Ballesteros, G. I. (2021). Latex metabolome of *Euphorbia* species: Geographical and inter-species variation and its proposed role in plant defense against herbivores and pathogens. *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 1008881. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1008881>
- ❖ Santa, S. (1963). *Flore d'Algérie et de la Tunisie: Angiospermes-Dicotylédones-Gamopétales*. CNRS, Paris.
- ❖ Screening phytochimique d'une endémique iberomarocaine, *Thymelaea lythroides*. *Bulletin*
- ❖ Seefeldt, S. S., Jensen, J. E., & Fuerst, E. P. (1995). Log-logistic analysis of herbicide dose–response relationships. *Weed Technology*, 9(2), 218–227.
- ❖ Shi, Y., Luo, W., & Liu, X. (2021). Phytochemical screening and biological activities of medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 273, 113962.
- ❖ Singh, H. P., Batish, D. R., et Kohli, R. K. (2022). *Allelopathy for sustainable weed management*. Springer Nature.
- ❖ Singh, H. P., Batish, D. R., Kaur, G., Arora, K., & Kohli, R. K. (2022). Allelopathy for sustainable weed management: Advances and challenges. *Ecological Indicators*, 144, 109504.
- ❖ Société de Pharmacie de Bordeaux, 142(1/4), 61-78.
- ❖ Sofowora, A. (1993). *Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa* (2nd ed.). Spectrum Books Ltd.
- ❖ Soltys, D., et al. (2013). Detoxification strategies of cereals exposed to allelochemicals. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 1203–1214.
- ❖ Spichiger, R., Calenge, C., Bise, B., & Rouvinez, D. (2000). *Systématique des plantes vasculaires: Une approche phylogénétique*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- ❖ Streibig, J. C., Rudemo, M., & Jensen, J. E. (1993). Dose–response curves and statistical models. In *Herbicide Bioassays* (pp. 29–55). CRC Press.

- ❖ Telli, A, Ali, R., & Bettayeb, I. (2021). *Activités biologiques de différents extraits d'Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. [Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla]. DSpace Université de Ouargla.
- ❖ Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., & Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and extraction: A review. *Internationale Pharmaceutica Scientia*, 1(1), 98–106.
- ❖ Trease, G. E., & Evans, W. C. (2002). *Pharmacognosy* (15th ed.). Saunders.
- ❖ Weston, L. A. (1996). Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal*, 88(6), 860–866.
- ❖ Wink, M. (2015). Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. *Medicines*, 2(3), 251–286.
- ❖ Wink, M. (2016). Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet. In M. Wink (Ed.), *Annual Plant Reviews Volume 40: Biochemistry of Plant Secondary Metabolism* (2nd ed., pp. 1–19). Wiley-Blackwell.
- ❖ WFO (2024). *Triticum durum* Desf. In: World Flora Online. Published on the Internet
- ❖ Yassine, M., & Sahki, A. (2020). Extraits de plantes sahariennes et germination du blé. *Revue AgroMaghreb*, 62, 24–30.
- ❖ World Flora Online (2025). *Euphorbia retusa* (Forssk.). Disponible sur : <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000964416> (consulté le 08 septembre 2025)
- ❖ Zahran, M. A., & El-Amier, Y. A. (2013). Allelopathic potential of *Euphorbia retusa* on seed germination of some weeds. *Life Science Journal*, 10(1), 1152–1160.
- ❖ Zahran, M. A., et El-Amier, Y. A. (2013). Allelopathic effects of *Euphorbia retusa* on seed germination and seedling growth of some crop and weed species. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(11), 5884–5891.
- ❖ Zaidi, S., & Benslama, M. (2022). Évaluation du pouvoir herbicide d'*Euphorbia retusa*. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, 87, 48–56.
- ❖ Zeghada, F. (2009). *Activité allélopathique et analyse phytochimique* [Mémoire de magistère, Université d'Oran Es-Sénia].
- ❖ Zerriouh, A. (2015). Comparaison du rendement d'extraction des plantes aromatiques. Mémoire de Master, Université de Mostaganem.

Extraction par reflux

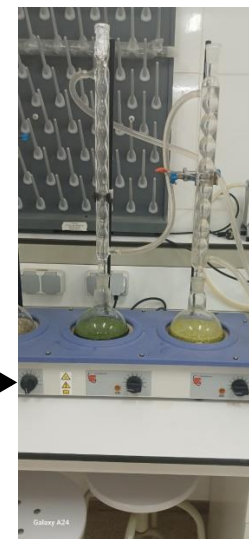
Collecte



Broyage



Extraction par reflux



Rota vapeur

Extraction pur



Filtration a pompe vide



Blé

M.aegyptiaca



Après 30 jours



Protocol de germination