



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECERCHE SCIENTIFIQ**



UNIVERSITE DE BLIDA 1

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES ET AGRO-ECOLOGIE**

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master 2 en science de la
nature et de la vie**

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

Thème

**Evaluation de l'activité biologique d'une huile
essentielle des plantes aromatiques**

Présenté par :

- Mechkour Moncef
- Trad Rayane
- Mezenner Sohaib

Devant le jury composé de :

Mme. Baba Aissa k.	MAA	U. BLIDA1	Examinatrice
Mme. Chaichi w.	MCA	U. BLIDA1	Présidente
Mr. Moussaoui k.	MCA	U. BLIDA1	Promoteur

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Avant toute chose, nous rendons grâce à Allah, le Tout-Puissant et Miséricordieux, pour nous avoir accordé la santé, la force et la persévérance nécessaires à l'aboutissement de ce travail.

Je souhaite exprimer mes sincères remerciements aux membres du jury **Mme. BABA-AISSA K., Mme. CHAICHI W. et Mr. MOUSSAOUI K.** pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer ce mémoire. Leurs observations pertinentes et leurs conseils éclairés ont contribué à enrichir et approfondir cette recherche. Je leur suis profondément reconnaissant pour le temps et l'attention qu'ils y ont consacrés.

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à Monsieur **MOUSSAOUI Kamel**, notre promoteur, pour sa confiance, sa rigueur et son accompagnement tout au long de ce projet. Ses conseils avisés et sa disponibilité ont été d'une aide précieuse.

Nous adressons également nos remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont accordé à ce travail et pour leurs observations et suggestions pertinentes qui vont contribuer à enrichir ce mémoire.

Nos remerciements vont également à toute l'équipe du laboratoire d'amélioration des plantes, en particulier Monsieur **BOUARAR Walid**, pour son soutien et ses conseils techniques qui ont facilité la réalisation de cette recherche.

Nous exprimons aussi notre reconnaissance à l'ensemble de nos enseignants pour leurs efforts et leur engagement tout au long de notre parcours académique, ainsi qu'à Monsieur **CHIKHI Hamid** pour son aide et son soutien.

Enfin, nous exprimons toute notre gratitude et notre affection à nos parents, pour leur soutien indéfectible et leur compréhension, qui ont été essentiels dans la réussite de ce travail.

Dédicace

À mes parents, **Mohamed et Nadia**

Qui m'ont toujours soutenu et encouragé tout au long de mon parcours. Merci pour votre amour et votre confiance.

À mon grand frère **Billel** qui a été d'un grand soutien et a su me donner les bons conseils dans les moments difficiles.

A mes amis **Rayan et Moncef**

Qui ont égayé ces années d'études et avec qui j'ai partagé ta de bons moments. Merci d'avoir été présents à mes côtés.

À tout ce que je connais sans exception.

À toute l'équipe enseignante, qui m'a transmis ses connaissances avec passion et m'a guidé tout au long de mon parcours

Cette réussite, je vous la dois à tous.

SOHAIB

Dédicace

Au terme de ce modeste travail il m'est particulièrement agréable d'adresser ces quelques lignes de dédicace, témoignage sincère de ma reconnaissance et de mon affection

Avant tout à mes parents dont l'amour, le soutien inconditionnel et les sacrifices silencieux m'ont toujours accompagné. Aucune parole ne saurait exprimer pleinement ma gratitude. Que Dieu vous protège et vous accorde santé et bonheur

A mon grand frère **Racim** pour sa présence, ses encouragements et sa bienveillance .

A **Raouf** mon ami d'enfance pour ses encouragements qui m'ont été d'un grand réconfort tout au long de ce parcours.

A mes collègues et amis **Sohaib** et **Rayane** avec qui j'ai eu la chance de réaliser ce travail. Merci pour votre sérieux, votre implication, votre patience et les bons moments partagés durant cette aventure académique.

A **Nada** notre déléguée, pour son engagement sa responsabilité et sa disponibilité tout au long de notre parcours.

Enfin, à tous ceux qui m'ont accompagné de près ou de loin famille, amis, enseignants, camarade de classe : je vous adresse un grand merci.

MONCEF

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes parents **DJAMEL** et **RABIAA**, pour leur soutien inébranlable, leur patience et leur amour constant, qui ont été mes piliers tout au long de ce parcours.

Je pense également à mes deux sœurs et à mon frère **ADLEN**, dont la présence et les encouragements ont été essentiels pour avancer avec confiance.

Je tiens à remercier sincèrement mon trinôme, **Sohaib** et **Moncef**, pour leur collaboration précieuse, leur sérieux et leur implication constante dans la réalisation de ce travail.

A mon oncle **AHMED** pour ses encouragements qui m'ont été un grand réconfort tout au long de ce parcours

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui m'ont aidé et encouragé, qui m'ont donné du courage et de l'inspiration. À mes amis **Walid**, **Imad** et **Nada**, je suis reconnaissant pour leur soutien, leurs mots bienveillants et leur écoute toujours présente.

RAYANE

Résumé :

L'excès de l'utilisation des pesticides chimique en agriculture est à l'origine d'une pollution environnementale majeure et d'une destruction de la biodiversité. Face à ces impacts négatifs, l'utilisation des biopesticides d'origine végétale représente une alternative prometteuse plus respectueuse de l'environnement.

Cette étude consiste à estimer dans le temps l'effet des huiles essentielles de *Cedrus atlantica* et *Senecio angulatus*, extraites par hydrodistillation des plantes collectées dans la région de Blida sur la germination des graines de la tomate. Trois doses ont été testées : D1 de 0,1% ; D2 de 0,2% et D3 de 0,3% comparées à un témoin (eau). Les essais ont été réalisés dans les conditions de laboratoire et le le taux de germination a été suivi durant 15 jours.

Les résultats ont montré un effet variable selon l'huile et la dose appliquée. En effet, l'huile de *Cedrus atlantica* a révélé une efficacité stable avec une bonne tolérance à toutes les doses par contre l'huile de *Senecio angulatus* stimule la germination à faible et moyenne dose mais devient inhibitrice à forte dose probablement à cause des composés phytotoxiques. La moyenne dose D2 (95%) est identifiée comme la plus efficace tout en favorisant une germination rapide et homogène sans effet toxique.

Ces résultats mettent en évidence l'intérêt potentiel de ces huiles essentielles comme biostimulants ou bioherbicides selon les concentrations utilisées.

Mots clés : Biopesticides, *Cedrus atlantica*, Germination, huiles essentielles, *Senecio angulatus*, Tomate.

Evaluation of the biological activity of an essential oil from aromatic plants

Summary:

The excessive use of chemical pesticides in agriculture is at the root of major environmental pollution and the destruction of biodiversity. Faced with these negative impacts, the use of biopesticides of plant origin represents a promising alternative that is more respectful of the environment.

The aim of this study is to estimate the effect over time of *Cedrus atlantica* and *Senecio angulatus* essential oils, extracted by hydro distillation from plants collected in the Blida region, on the germination of tomato seeds. Three doses were tested: D1 of 0.1%; D2 of 0.2% and D3 of 0.3% compared with a control (water). The trials were carried out under laboratory conditions and the germination rate was monitored for 15 days.

The results showed a variable effect depending on the oil and dose applied. *Cedrus atlantica* oil showed stable efficacy with good tolerance at all doses, while *Senecio angulatus* oil stimulated germination at low and medium doses, but became inhibitory at high doses, probably due to phytotoxic compounds.

medium dose D2 (95%) was found to be the most effective, while promoting rapid, homogeneous germination with no toxic effect.

These results highlight the potential interest of these essential oils as bio stimulants or bioherbicides, depending on the concentrations used.

Keywords: Biopesticides, *Cedrus atlantica*, Essential oils, Germination, *Senecio angulatus*, Tomato.

تقييم النشاط البيولوجي لزيت أساسي مستخلص من نباتات عطرية

ملخص:

يسبب الاستخدام المفرط للمبيدات الكيميائية في الزراعة تلوثاً بيئياً كبيراً ويدمر التنوع البيولوجي. وفي مواجهة هذه التأثيرات السلبية، يمثل استخدام المبيدات الحيوية ذات الأصل النباتي بديلاً واعداً أكثر احتراماً للبيئة.

تتضمن هذه الدراسة تقدير التأثير بمرور الوقت للزيوت العطرية لنباتي *Cedrus atlantica* و *Senecio angulatus*، المستخرجة بالتقطير المائي من النباتات التي تم جمعها في منطقة البلدية، على إنبات بذور الطماطم

. تم اختبار ثلاث جرعات: D1 بنسبة 0.1%، D2 بنسبة 0.2% و D3 بنسبة 0.3% مقارنةً بجرعة ضابطة (ماء). أجريت التجارب تحت ظروف مختبرية وتمت مراقبة معدل الإنبات لمدة 15 يوم.

أظهرت النتائج تأثيراً متغيراً اعتماداً على الزيت والجرعة المطبقة. أظهر زيت *Cedrus atlantica* فعالية مستقرة مع قدرة تحمل جيدة في جميع الجرعات، في حين أن زيت *Senecio angulatus* حفز الإنبات عند الجرعات المنخفضة والمتوسطة، ولكن أصبح مثبطاً عند الجرعات العالية، ربما بسبب المركبات السامة للنباتات.

الجرعة المتوسطة D2 (95%) تم تحديدها على أنها الأكثر فعالية، في حين أن يعزز الإنبات السريع والمتجانس دون أي تأثير سام.

تسلط هذه النتائج الضوء على الفائدة المحتملة لهذه الزيوت العطرية كمحفزات حيوية أو مبيدات أعشاب حيوية، اعتماداً على التركيزات المستخدمة

الكلمات المفتاح: الزيوت الأساسية، المبيدات الحيوية، الإنبات، الطماطم، الزراعة المستدامة، *Cedrus atlantica*، *Senecio angulatus*

Liste des figures

Figure I. 1: Image représentative des arbres de <i>Cedrus atlantica</i>	18
Figure I. 2: Arbre de <i>Cedrus atlantica</i>	19
Figure I. 3: Les feuilles et les fleurs de <i>Cedrus atlantica</i>	21
Figure I. 4: Répartition actuelle du Cèdre d'atlas dans l'Afrique du Nord	27
Figure I. 5: Image représentative de <i>Senecio angulatus</i>	31
Figure I. 6: Tiges de <i>Senecio angulatus</i>	32
Figure II. 1: Les feuilles de <i>Cedrus atlantica</i>	24
Figure II. 2: l'extraction de l'huile essentielle de <i>Cedrus atlantica</i> dans un Alambic de 200L	38
Figure II. 3: Préparation de dispositif et installation des boîtes de petri dans le gerموir 25°C	40
Figure II. 4: Schéma récapitulatif du protocole expérimental	42
Figure III. 1: L'effet des différentes doses du traitement sur la germination de la tomate compare au témoin de <i>Cedrus atlantica</i>	45
Figure III. 2: Comparaison entre les différentes doses du traitement sur la vitesse de germination de la tomate de <i>Cedrus atlantica</i>	46
Figure III. 3: L'effet des traitements du bio produits a base de <i>Cedrus atlantica</i> sur la taux de germination.....	49
Figure III. 4: L'effet des defferents doses du traitements sur la germination de la tomate compare au temoin de <i>Senecio angulatus</i>	50
Figure III. 5: Comparaison entre les différentes doses du traitement sur la vitesse de germination de la tomate de <i>Senecio angulatus</i>	52
Figure III. 6 :L'effet des traitementsdu bio produits a base de <i>Senecio angulatus</i> sur le taux de germination de <i>Senecio angulatus</i>	35
Figure III. 7 :Comparaison entre les defferents traitements <i>Senecio angulatus</i> et <i>Cedrus atlantica</i> sur la germinationde la tomate	36
Figure III. 8: Comparaison entre les meilleurs deux doses des deux bioproduit <i>Senecio angulatus</i> et <i>Cedrus atlantica</i> sur le taux de gemination	38

Liste des tableaux

Tableau I. 1: La classification taxonomique	19
Tableau I. 2: Les principales caractéristiques ombrothermiques des différents blocs de céraies naturelles du Maghreb	22
Tableau I. 3: Principaux alcaloides pyrrolizidiniques de <i>Senecio angulatus</i>	34
Tableau I. 4: Composition chimique des huiles essentielles de <i>Senecio angulatus</i>	35
Tableau II. 1: Graines de tomate traitée par l'huile essentielle de cedre de l'Atlas et Senecal Angulatus avec 03 doses déférentes et témoin	41

Liste des abréviations

C° : Le degré Celsius

Cd: *Cedrus atlantica*

D1: Dose 1

D2 : Dose 2

D3 : Dose 3

H1 : Huile essentielle 1(*Cedrus atlantica*)

H2 : Huile essentielle 2(*Senecio angulatus*)

HE: Huile essentielle

Si: *Senecio angulatus*

Tcd : *Témoin de Cedrus atlantica*

TG : Taux de germination

Tsi : *Témoin de Senecio angulatus*

Sommaire

Introduction générale.....	15
<i>Chapitre I : Rappel bibliographique</i>	17
I.1. Généralités sur le <i>Cedrus atlantica</i>	18
I.1.1. Définition de <i>Cedrus atlantica</i>	18
I.1.2. Classification	19
I.1.3. Dénomination	19
I.1.4. Origine.....	20
I.1.5. Caractéristiques	20
I.1.6. Cycle phénologique	23
I.1.7. Composition chimique	24
I.1.8. Répartition géographique	26
I.2. <i>Senecio angulatus</i> L.	30
I.2.1. Définition et importance écologique de <i>Senecio angulatus</i>	30
I.2.2. Classification de <i>Senecio angulatus</i>	31
I.2.3. Origine géographique et historique	31
I.2.4. Caractéristiques botaniques de <i>Senecio angulatus</i>	32
I.2.5. Composition chimique de <i>Senecio angulatus</i>	33
<i>Chapitre II : Matériel et méthodes</i>	36
Introduction	Error! Bookmark not defined.
II.1. Objectifs de l'expérimentation.....	37
II.2. Lieu et durée de l'étude	37
II.3. Périodes d'échantillonnages.....	37
II.4. Matériel végétal	37
II.5. Méthode d'extraction de l'huile essentielle	38
II.6. Préparation de dispositif	39
II.7. Suivi journalier.....	40
<i>Chapitre III : Résultats et discussion</i>	43
III.1. Résultats	44
III.1.1. L'huile de <i>Cedrus atlantica</i>	44

- III.1.1.2. Comparaison entre les différentes doses du traitement sur la vitesse de germination de la tomate de <i>Cedrus atlantica</i>	45
III .1.1.3.L'effet des traitements du bio produits a base de <i>Cedrus atlantica</i> sur le taux de germination	47
III.1.2. L'huile essentielle de <i>Senecio angulatus</i>	47
- III.1.2.1. l'effet des différentes doses du traitement <i>Senecio angulatus</i> et sur la germination de la tomate comparé au témoin	47
- III.1.2.2. Comparaison entre les différentes doses du traitement sur la vitesse de germination de la tomate.....	49
- III.1.2.3.L'effet des traitements du bio produits a base de <i>Senecio angulatus</i> sur le taux de germination :	50
- III.1.2.4. Comparaison entre les differentes doses sur la germination de la tomate des deux bioproduits formulés <i>Senecio angulatus</i> et <i>Cedrus atlantica</i>	51
- III.1.2.5. Comparaison entre les meilleurs deux doses des deux bioproduit sur le taux de germination.....	52
III.3. Discussion	54
III.4.Conclusion et perspectives :	57
Références bibliographiques	60
Annexes	66

Introduction

Introduction générale

Aujourd'hui, la demande pour des alternatives naturelles et respectueuses de l'environnement ne cesse de croître, en réponse aux préoccupations liées à la santé publique et à la préservation de notre planète. Dans ce contexte, les produits biologiques s'imposent comme une réponse concrète, responsable et durable **(Bakkali et al., 2008)**.

Parmi ces alternatives, les huiles essentielles biologiques incarnent une démarche exemplaire. Elles se distinguent nettement des formulations chimiques largement utilisées dans les cosmétiques, les produits de bien-être et l'agriculture conventionnelle. Issues de plantes cultivées sans pesticides ni engrais chimiques, et selon des méthodes respectueuses de l'écosystème, elles offrent une pureté et une traçabilité inégalées. Ces pratiques garantissent non seulement un impact environnemental réduit, aussi une meilleure qualité des extraits, en conservant l'intégrité des principes actifs et en maximisant leur efficacité pour la santé humaine, la peau, les cheveux et le bien-être global **(Burt, 2004)**.

À l'opposé, les produits de synthèse, bien que parfois efficaces à court terme, sont fréquemment associés à des risques sanitaires et à des impacts environnementaux préoccupants. Leur production peut générer des résidus toxiques et une pollution durable, tandis que leur usage prolongé expose à des irritations, allergies, voire à des perturbations endocriniennes **(FAO., 2021)**.

En adoptant les huiles essentielles biologiques, on privilégie une approche plus douce, plus sûre et fondée sur les vertus naturelles des plantes. Cette option s'inscrit dans une logique de consommation durable et éthique, valorisant les filières agricoles respectueuses de la biodiversité et des ressources naturelles **(Bakkali et al., 2008)**.

Dans ce cadre, la culture de la tomate revêt une importance économique-sociale majeure en Algérie, tant sur le plan de l'autosuffisance alimentaire que comme source de revenu pour des milliers de producteurs. Elle constitue l'un des piliers de l'agriculture maraîchère du pays, notamment dans les zones littorales et semi-arides, où elle génère de nombreux emplois directs et indirects. L'introduction de pratiques agroécologiques, comme l'usage raisonné des huiles

essentielles, pourrait permettre d'améliorer la durabilité de cette filière tout en réduisant la dépendance aux intrants chimiques **(IFOAM., 2020)**.

En somme, l'adoption des huiles essentielles biologiques représente bien plus qu'un simple choix technique ou de formulation : c'est un véritable engagement en faveur de la santé humaine, de l'environnement, et d'une agriculture durable. Il s'agit d'un retour à l'essentiel, où la qualité, la responsabilité et l'impact social priment sur la facilité et la rentabilité immédiate offertes par la chimie industrielle **(OMS, 2020)**.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude qui a pour objectif d'estimer dans le temps et à différentes doses le potentiel germinatif des graines de tomates traitées par des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de deux plantes dont la première est *Cedrus atlantica* et la seconde est *Senecio angulatus*.

Dans cette perspective, nous formulons les questions hypothèses suivantes :

- Les bioformulations testées ont-elles un effet sur la germination des graines de tomate ?
- Les fortes doses augmentent-elles l'efficacité des huiles essentielles et influencent-elles le taux et la vitesse de germination des graines de tomate ?
- Existe-t-il une dose optimale pour chaque huile ?

Chapitre I :
Rappel bibliographique

I.1. Généralités sur le *Cedrus atlantica*

Cedrus atlantica, communément appelé cèdre de l'Atlas, est un conifère majestueux appartenant à la famille des Pinacées. Cette espèce, originaire des montagnes de l'Atlas au Maroc et en Algérie, est connue pour sa grande longévité, sa résistance aux conditions climatiques difficiles et son importance écologique et économique. Le *Cedrus atlantica* est largement apprécié pour son bois de qualité et ses huiles essentielles aux multiples propriétés thérapeutiques. En plus de jouer un rôle fondamental dans la stabilisation des sols et la conservation de la biodiversité, il est également utilisé dans diverses industries, notamment la construction, la parfumerie et la médecine traditionnelle (M'hirit, 1994).

I.1.1. *Cedrus atlantica*

Cedrus atlantica est une espèce de conifère endémique des montagnes du Maghreb, appartenant au genre *Cedrus*. Ce genre regroupe quatre espèces principales : *Cedrus libani* (Liban), *Cedrus deodara* (Himalaya), *Cedrus brevifolia* (Chypre) et *Cedrus atlantica*. La particularité de *Cedrus atlantica* réside dans son adaptation aux milieux arides et montagneux, où il joue un rôle écologique crucial en tant qu'espèce structurante des forêts locales. Son bois est riche en huiles essentielles, principalement en cédrol et en terpènes, ce qui lui confère des propriétés insectifuges, antimicrobiennes et antiseptiques (Farjon, 2010).



Figure I. 1: Image représentative des arbres de *Cedrus atlantica* (Ait Said et al., 2012)

Chapitre I : Rappel bibliographique

I.1.2. Classification

Le genre *Cedrus*, famille des Pinaceae, est un genre ancien connu depuis de tertiaire et de large répartition. Il comprend plusieurs espèces dont la valeur taxonomique a été longtemps controversée.

Tableau I. 1: La classification taxonomique

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Gymnospermes
Classe	Coniferospida
Famille	Pinaceae
Sous-famille	Abiétaceae
Genre	<i>Cedrus</i>
Espèce	<i>Cedrus atlantica</i>

(Arbez,1987)

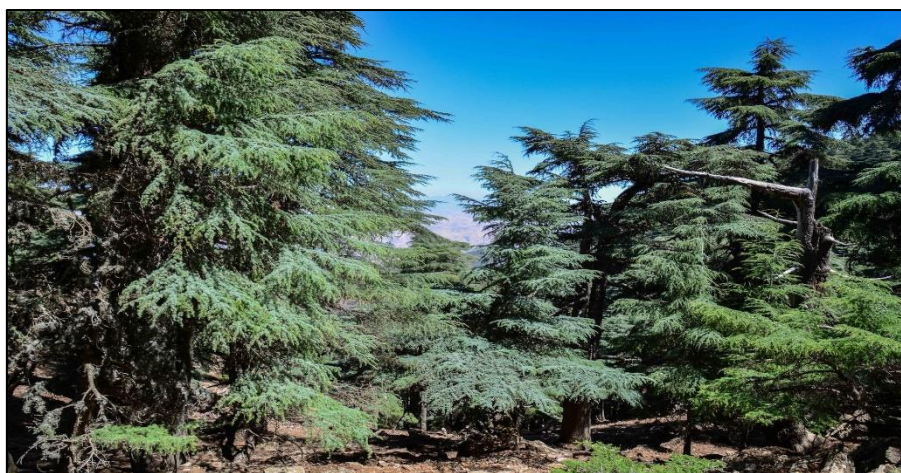


Figure I. 2: Arbre de *Cedrus atlantica* (Ismail et Sahki, 2022)

I.1.3. Dénomination

- Nom scientifique : *Cedrus atlantica*
- Nom français : Cèdre de l'Atlas
- Nom anglais : Atlas cedar
- Nom arabe : Meddad, El-raz

I.1.4. Origine

Le *Cedrus atlantica*, communément appelé cèdre de l'Atlas, est une espèce endémique des montagnes de l'Afrique du Nord, notamment du Maroc et de l'Algérie. Cette essence forestière tire son nom des chaînes montagneuses de l'Atlas, où elle forme des peuplements significatifs. Cette espèce est particulièrement bien adaptée aux conditions climatiques montagnardes et joue un rôle écologique crucial dans la conservation des sols et la protection des écosystèmes (**Génissel et al., 2015**).

L'origine géographique du cèdre de l'Atlas est étroitement liée à l'évolution des forêts méditerranéennes. Cette espèce a trouvé refuge dans les zones montagnardes durant les périodes glaciaires, ce qui explique sa répartition morcelée actuelle. Le *Cedrus atlantica* est considéré comme un témoin vivant des changements climatiques passés et constitue une ressource génétique importante pour les forêts méditerranéennes (**Benabid et al., 2017**).

I.1.5. Caractéristiques

I.1.5.1. Caractéristiques botaniques

Il est de première grandeur, dépassant 50 m de hauteur. Il peut même atteindre les 60 m dans les conditions écologiques les plus favorables (**Abdessemed, 2010**).

Son unité architecturale est caractérisée par cinq catégories d'axes végétatifs qui sont :

- Le tronc, la branche, le rameau long, la ramille et le rameau court (**Krouchi, 2010**). Son écorce est de couleur grise et de forme écailleuse lisse qui se crevasse avec l'âge (**M'hirit, 1994**).
- Les racines du cèdre de l'Atlas sont très étendues et ramifiées. De plus elles sont pivotantes, elles assurent la stabilité de l'arbre. Elles sont rarement pivotantes et la stabilité de l'arbre est assurée. Les racines obliques sont très fortes car elles colonisent les sols profonds et humides (**Krouchi, 2010**).
- Les feuilles ont des formes d'aiguilles (aciculaires), raides et fines, peu aigues et de couleur verte ou glauque. Généralement sont arquées et groupées en rosettes denses de 30 à 40 aiguilles sur des rameaux courts (**M'hirit, 1994**). Leur longueur et légèrement variable généralement elle est de 10 à 25 mm. D'après (**M'hirit, 1994**), elle est de 1 à 2 cm. (**Krouchi, 2010**) a fait des mesures de la longueur des aiguilles au niveau de la cédraie de

Chapitre I : Rappel bibliographique

Tala-Guilef sur deux échantillons, l'un est de 30 arbres et l'autre est de 79 arbres ; les résultats obtenus sont respectivement 17mm et 19,32 mm.



Figure I. 3: Les feuillies et les fleurs de *Cedrus atlantica* (Farjon A., 2010)

Selon (Khanfouci, 2005), le cèdre de l'Atlas devient fructifère à partir de l'âge de 20 à 30 ans. En revanche, (M'hirit, 1994) indique que sa fructification aura lieu à partir de 15 à 20 ans. En effet, les deux auteurs affirment que l'âge de fructification du cèdre de l'Atlas est lié étroitement à la station. Cependant la fructification est précoce si les facteurs du milieu sont favorables ou tardive en cas de conditions rudes ou défavorables.

- D'après Krouchi, (2010) les organes mâles (chatons) et les organes femelles (Inflorescences) se retrouvent sur le même arbre (espèce monoïque). Ensuite, ils se développent progressivement en cônelets puis en cônes. Le même auteur ajoute, qu'on peut observer une dioécie fonctionnelle chez les arbres dont certains tendent à être plutôt femelles et d'autres plutôt mâles.
- D'après Toth, (2005) l'inflorescence mâle se présente en chatons solitaires de 4 à 5 cm de longueur et de 1 cm de diamètre environ à maturité, elles sont de couleur jaune verdâtre.
- L'inflorescence femelle est solitaire. Elle est de 1 cm de longueur et quelques millimètres de diamètre avec une couleur vert pâle, ensuite elle se développe en cône.

Chapitre I : Rappel bibliographique

- Le poids du cône, à l'échelle des provenances algériennes, est en moyenne de 55.83 g, sa longueur de 6.28 cm et son diamètre de 5.17 cm.
- Les graines du cèdre ont une forme triangulaire de taille de 10 à 15 mm de longueur, prennent des couleurs ternes tendant vers le marron, et munies d'aile longue, tendre et enveloppées d'une pellicule résineuse protectrice ; si cette pellicule est lésée, la germination devient impossible (**Benssaci, 2006 in Rahmani, 2010**).
- La longévité du cèdre de l'Atlas est impressionnante, elle dépasse certainement 600 à 700 ans, on lui attribue 1000 ans et plus. Il peut donner des graines fertiles jusqu'à un âge avancé.

I.1.5.2. Caractéristiques altitudinales

Au point de vue de l'altitude, **Aussenac et Guehl, (1990)** soulignent que le cèdre dans son aire d'origine pousse à des altitudes variant de 1400 à 2200, ses limites supérieures et inférieures diffèrent d'une cédraie à l'autre en fonction des conditions climatiques du relief. Elle se situe entre 1400 et 1500 mètres en versant Nord et à partir de 1600 m en versant Sud (**Houamel, 2012**).

Il existe en moyenne un décalage de 200 m ; c'est-à-dire qu'il débute à partir de 1600 mètres. Au Djurdjura, elle est située à 1400 m en versant Nord et à 1600 m en versant Sud d'après. Pour la limite supérieure du cèdre de l'Atlas, indique que les plus hauts sommets portent des forêts de cèdre ; elles sont toutes plus ou moins dégradées (**Houamel, 2012**).

Les limites supérieures et inférieures diffèrent d'une cédraie à l'autre, il distingue dans les cédraies eurasiennes deux étages bioclimatiques :

- L'étage subhumide supérieur à hiver froid, de 2200 à 200m.
- L'étage subhumide inférieur à hiver froid, de 2000 à 1600m.

Correspondant respectivement à des pluviométries annuelles de 700/800 mm et 500/600mm.

Tableau I. 2: Les principales caractéristiques ombrothermiques des différents blocs de cédraies naturelles du Maghreb

Blocs de cédraies	Limite altitudinales	Précipitation annuelles (mm)	Température	
			M	m

Chapitre I : Rappel bibliographique

Rif occidental	1400-2300	1390-1786	28.3-24.1	-5.6 a 0.2
Rif central	1500-2400	1257-1707	28.8- 3.7	-5.6 a -0.4
Rif oriental	1700-2200	906-1311	26.6 – 4.6	-5 a -1
Moye atlas Tabulaire	1500-2000	871-1066	30,8-27,6	-4.7 a -0.5
Moyen atlas oriental	1800-2000	615-927	28,7-26,5	-6,4a-3
Haut Atlas Oriental	1800-2400	499-799	29,6-23,2	-8,3a-3,1
Aures et Belezma	1350-2300	499-790	29,6-23,2	-8,3a-3,1
Djurdjura et Babors	1400-2200	1200-1700	16	16,8a-8,5

(M'hirit 1994)

I.1.6. Cycle phénologique

Le cycle phénologique de *Cedrus atlantica* est un mécanisme finement adapté aux conditions climatiques méditerranéennes montagnardes. Chaque étape est influencée par des facteurs biotiques et abiotiques, jouant un rôle clé dans la régénération et la résilience de cette espèce emblématique (Bariteau & Quézel, 1989).

- **Reprise végétative**

La phase de reprise végétative débute au printemps, lorsque les températures augmentent et que la dormance hivernale prend fin. Les bourgeons latents, formés l'année précédente, commencent à se développer en nouvelles pousses. Cette phase marque une activité accrue de la photosynthèse, essentielle pour soutenir la croissance rapide des aiguilles et des rameaux. Les conditions climatiques, comme la température et les précipitations, influencent fortement le timing et l'intensité de cette reprise (Slimani *et al.*, 2022).

- **Floraison**

Cedrus atlantica est une espèce monoïque, où les cônes mâles et femelles se développent sur le même individu. La floraison se produit généralement à l'automne (de septembre à novembre), avec la libération du pollen des chatons mâles qui est dispersé par le vent (pollinisation anémophile). Les cônes femelles, situés sur les branches supérieures, captent ce pollen pour initier la fécondation. La floraison est sensible aux variations climatiques, notamment à la sécheresse automnale, qui peut en réduire l'intensité. (Slimani et al., 2022).

- **Formation et maturation des cônes**

Les cônes femelles fécondés nécessitent environ deux ans pour arriver à maturité. Durant cette période, ils grossissent progressivement, passant du vert au brun. Cette maturation est influencée par des facteurs environnementaux tels que l'humidité et les températures estivales. Une fois mûrs, les cônes libèrent des graines dotées d'ailes favorisant leur dispersion par le vent. (Slimani et al., 2022).

- **Dispersion des graines**

La libération des graines a lieu à la fin de l'automne ou au début de l'hiver. Ces graines ailées tombent à une certaine distance de l'arbre mère, favorisant ainsi la régénération naturelle. Cependant, ce processus est souvent limité par des contraintes telles que la pression anthropique (déforestation) ou la prédation des graines par des animaux. (Slimani et al., 2022).

- **Dormance hivernale**

Pendant l'hiver, *Cedrus atlantica* entre en dormance pour résister au froid et aux conditions défavorables. Les échanges gazeux et les processus métaboliques ralentissent considérablement, permettant à l'arbre de conserver son énergie. Cette phase est essentielle pour sa survie dans les environnements montagnards rigoureux. (Slimani et al., 2022).

I.1.7. Composition chimique

- **Cellulose**

La cellulose est la principale composante des parois cellulaires végétales, représentant une large fraction de la matière organique dans le bois de *Cedrus atlantica*. Elle est constituée de chaînes linéaires de glucose, liées entre elles pour former des microfibrilles qui assurent la rigidité et la solidité du bois. La cellulose est essentielle pour la structure physique de l'arbre et joue un rôle clé dans la résistance aux dégradations biologiques (Génissel et al., 2015).

- **Lignine**

La lignine est un polymère complexe, principal constituant de la paroi cellulaire secondaire des plantes, en particulier dans le bois. Dans *Cedrus atlantica*, la lignine confère au bois sa rigidité et sa résistance aux agents pathogènes et à la dégradation. Elle est cruciale pour la structure et la durabilité du cèdre, permettant à l'arbre de résister à des conditions environnementales difficiles (Benabid *et al.*, 2017).

- **Hémicellulose**

L'hémicellulose est une autre composante essentielle de la paroi cellulaire de *Cedrus atlantica*, jouant un rôle important dans la flexibilité et l'adhésion des fibres de cellulose. Contrairement à la cellulose, l'hémicellulose est un polysaccharide amorphe et moins cristallin, ce qui lui permet de lier la cellulose et la lignine pour renforcer la structure du bois et aider à la résistance mécanique (Génissel *et al.*, 2015).

- **Cédrol**

Le cédrol est un sesquiterpène majeur présent dans l'huile essentielle de *Cedrus atlantica*. Ce composé est responsable de son parfum distinctif et possède des propriétés antiseptiques, anti-inflammatoires et analgésiques. En plus de ses applications thérapeutiques, le cédrol est utilisé dans l'industrie des parfums et pour ses effets relaxants et apaisants (Boulanger *et al.*, 2020).

- **α - pinène et β -pinène**

Le α -pinène et le β -pinène sont des terpènes présents dans l'huile essentielle de *Cedrus atlantica*. Ces composés volatils ont des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes. Le α -pinène est connu pour ses effets anti-inflammatoires et ses bienfaits respiratoires, tandis que le β -pinène contribue à la réduction du stress oxydatif et soutient les défenses naturelles de l'organisme (Boulanger *et al.*, 2020).

- **Flavonoïdes**

Les flavonoïdes, tels que la quercétine et la kaempférol, sont des composés polyphénoliques présents dans l'écorce et les aiguilles de *Cedrus atlantica*. Ces molécules sont reconnues pour leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires et anticancéreux. Elles protègent les cellules contre les dommages oxydatifs et jouent un rôle crucial dans la prévention des maladies dégénératives et inflammatoires (Benabid *et al.*, 2017).

- **Tanins**

Les tanins sont des polyphénols présents dans l'écorce de *Cedrus atlantica*, qui lui confèrent des propriétés astringentes. Ces composés ont la capacité de lier les protéines et de former des complexes qui peuvent être bénéfiques dans des applications médicales et cosmétiques, notamment pour leurs effets antioxydants et antimicrobiens. Les tanins sont également utilisés dans le tannage du cuir et pour leurs propriétés anti-inflammatoires (**Benabid et al., 2017**).

- **Acides phénoliques**

Les acides phénoliques présents dans les différentes parties de *Cedrus atlantica*, comme l'acide caféique et l'acide férulique, sont des composés aux puissantes propriétés antioxydantes. Ils contribuent à réduire le stress oxydatif dans l'organisme et à protéger contre les maladies chroniques. Ces acides jouent également un rôle dans la défense de l'arbre contre les pathogènes en inhibant leur croissance (**Génissel et al., 2015**).

I.1.8. Répartition géographique

I.1.8.1. Aire naturelle

Le Cèdre d'Atlas est une espèce autochtone et endémique des massifs montagneux de l'Algérie et du Maroc (**Demarteau et al., 2007**). Son aire de distribution est très morcelée d'une façon inégale (Emberger, 1938) où il couvre une superficie globale de 156 000 hectares (**Toth, 2005**).

- **Au Maroc** : Où se trouve la grosse masse des forêts du cèdre, on reconnaît deux blocs : Le Rif avec une superficie d'environ 11500 ha et le Moyen et Haut Atlas marocains avec plus de 130 000 ha (**Rhafouri et al., 2014**).
- **En Algérie** : Le cèdre d'Atlas se trouve au centre nord et à l'est du pays, sur l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien (**Yahi et al., 2008**).

Son aire de distribution est disjointe et morcelée en huit stations plus ou moins importants (**Messoudene et al., 2013**).

- Dans le faciès sublittoral de l'Atlas Tellien se trouve les cédraies de Chréa avec 1 040 ha, Djurdjura avec 2000 ha et les monts Babors avec 1 300 ha (**M'hirit et Benzyane, 2006**).
- L'Ouarsenis et Theniet El Had (1000 ha) se trouvent dans le faciès semi-continental (**Yahi et al., 2008**).

Chapitre I : Rappel bibliographique

- L'Aurès, le Belezma et Hodna dans le faciès continental et qui rassemble les peuplements les plus méridionaux de l'Atlas saharien (**Messoudene et al., 2013**).

En raison de l'absence d'inventaire forestier national, les données sur la superficie globale du cèdre en Algérie sont contradictoires d'un auteur à l'autre (**Messoudene et al., 2013**).

Bien que l'étendue de l'aire montagnarde algérienne soit très vaste et que l'aire d'occurrence du cèdre est estimée à 130 000 ha, l'aire réelle est estimée à 40.000 ha pour l'ensemble l'Atlas algérien selon (**Bentouati, 2008**).

Alors que l'aire actuelle du cèdre en Algérie n'occupe aujourd'hui guère plus de 16000 ha (**Bouazza et al., 2018**).

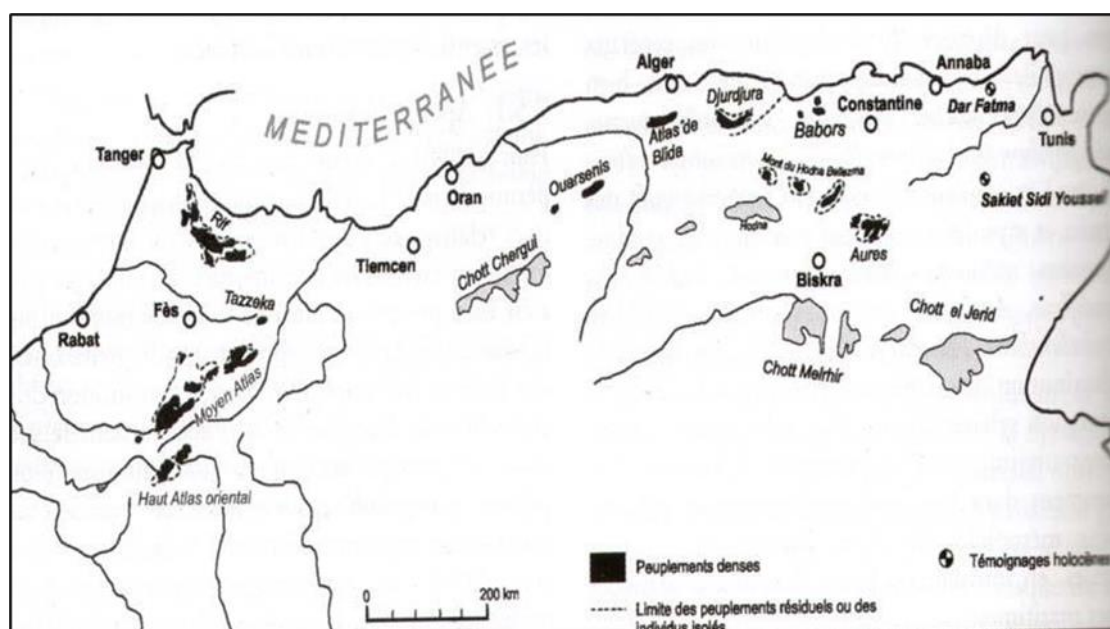


Figure I. 4: Répartition actuelle du Cèdre d'Atlas dans l'Afrique du Nord (**Sarmoum, 2016**)

I.1.8.2. Aire d'introduction

L'aire potentielle du Cèdre d'Atlas est beaucoup plus étendue que son aire réelle (**Demarteau et al., 2007**).

Le cèdre de l'Atlas a été introduit depuis longtemps dans quelques pays circumméditerranéens, d'abord comme espèce ornementale, et ensuite comme espèce de reboisement. Il a été introduit en France en 1886 aux basses et moyennes montagnes méditerranéennes entre 600 et 1100m. En Italie, Son introduction remonte au 19ème siècle en 1864. En Bulgarie, les premiers cèdres ont été plantés en 1876 et leur succès est assez bon. Il a

Chapitre I : Rappel bibliographique

été introduit aussi en Russie, en Portugal en 1935, en Crimée (Ukraine) sur grande échelle et en quelques états des Etats Unis (**Colombet, 2009**).

I.1.8.3. Importance

Le simple fait d'avoir associé « Atlas » au nom de l'espèce traduit toute l'importance (**Demarteau et al., 2007**), de cette essence qualifiée de noble.

- Intérêt socio-économique

Le cèdre de l'Atlas est une composante écologique et socio-économique essentielle du paysage forestier national. Ses valeurs bioécologiques et socioéconomiques lui confèrent une importance mondiale (**M'hirit, 2006**).

Le cèdre de l'Atlas est une essence forestière tolérante à la sécheresse et productrice de bois de haute qualité (**M'hirit, 2006**). Il joue un rôle important dans la structuration des écosystèmes et des paysages forestiers, grâce à ses qualités sylvicoles (sa résistance aux incendies et sa morphologie particulière). **Toth, (2005)** signale qu'il protège le sol contre l'érosion, grâce à sa cime tabulaire et son système racinaire profond et ramifié, et qu'il élimine la strate herbacée, diminuant ainsi les risques d'incendie.

Des plantations effectuées avec succès dans l'Atlas tellien et l'Aurès témoignent de l'aptitude de cette espèce à coloniser des espaces vides, grâce à la puissance de sa régénération naturelle, et le cèdre se présente comme une essence de reboisement majeure dans l'étage montagnard (**Harfouche et Nedjahi, 2003**).

- Intérêt patrimonial

La plupart des peuplements de cette espèce sont, à l'heure actuelle, gérés dans le cadre de parcs nationaux (Bélézma, Djurdjura, Ouarsenis, Atlas Blidéen), où l'objectif principal est la recherche d'un équilibre entre conservation et développement. Des dérives protectionnistes constituent, dans certains cas, des contraintes à une gestion rationnelle de cette ressource génétique, dont l'utilisation doit dépasser les cadres régional et national (**Harfouche et Nedjahi, 2003**).

La multitude de qualités que possède ce conifère explique son emploi depuis l'Antiquité à nos jours dans les édifices les plus majestueux. Vénéré depuis toujours, le cèdre de l'Atlas demeure un symbole de notre terre, de notre culture et de notre mémoire. Le nom de l'espèce est définitivement associé à la chaîne de l'Atlas et à la noblesse de l'essence (**M'hirit, 2006**).

I.1.8.4. Répartition des huiles essentiels

Les huiles essentielles de *Cedrus atlantica* sont principalement extraites du bois, des aiguilles et de l'écorce de l'arbre, et possèdent une composition chimique variée, influencée par la partie de l'arbre utilisée et les conditions de récolte. Ces huiles sont particulièrement recherchées en raison de leurs propriétés thérapeutiques et aromatiques (**Bourkhiss et al., 2007**).

- **Bornéol**

Le bornéol est un autre terpène présent en petites quantités dans l'huile essentielle de *Cedrus atlantica*. Il possède des propriétés calmantes et est utilisé dans les produits de soin de la peau pour ses effets purifiants (**Boulanger et al., 2020**).

- **Acides gras**

Selon le même auteur, des traces d'acides gras, tels que l'acide palmitique et l'acide linoléique, peuvent également être trouvées dans l'huile essentielle de *Cedrus atlantica*, bien que ces composés soient moins dominants par rapport aux terpènes. Ces acides gras contribuent à la stabilité de l'huile et ont des propriétés nourrissantes pour la peau.

I.1.8.5. Localisation de stockage dans la plante

Dans *Cedrus atlantica*, les principales substances bioactives, y compris les huiles essentielles, les résines et les composés phénoliques, sont stockées dans des compartiments spécifiques au sein de l'arbre. Les huiles essentielles, par exemple, sont principalement concentrées dans les cellules spécialisées appelées "réservoirs d'huile" situées dans les canaux de résine. Ces canaux sont particulièrement abondants dans le bois, l'écorce et les aiguilles de l'arbre. Ces réservoirs sont situés dans les parois cellulaires des tissus, notamment dans les cellules parenchymateuses, qui servent à emmagasiner ces composés volatils (**Bouazza et al., 2018**).

Les résines, qui sont également riches en terpènes et autres composés volatils, se trouvent principalement dans les canaux résinifères et sont stockées dans des cellules spécialisées au niveau de l'écorce et du bois, particulièrement dans les parties jeunes de l'arbre. Ces canaux résinifères jouent un rôle crucial dans la défense de l'arbre contre les agents pathogènes et les blessures en libérant des résines lors de la blessure. Par ailleurs, les acides phénoliques et les flavonoïdes sont souvent stockés dans les vacuoles des cellules végétales, notamment dans les feuilles, les aiguilles et l'écorce, où ils contribuent à la protection contre les stress environnementaux, notamment les attaques d'insectes et la radiation UV (**Bouazza et al., 2018**).

I.2. *Senecio angulatus* L.

I.2.1. Importance écologique de *Senecio angulatus* L.

Senecio angulatus L., communément appelé séneçon anguleux, est une espèce végétale invasive appartenant à la famille des Asteraceae. Originaire d'Afrique du Sud, cette plante vivace à port grimpant ou rampant s'est naturalisée dans de nombreuses régions du monde, notamment autour du bassin méditerranéen. Son caractère envahissant résulte de sa croissance rapide et de sa capacité à former des peuplements denses qui étouffent la végétation indigène. En Algérie, où elle a été signalée pour la première fois récemment, son expansion préoccupe les écologues et les gestionnaires d'espaces naturels (**Véla et al., 2018**).

L'importance écologique de cette espèce invasive tient à son impact sur les écosystèmes qu'elle colonise. Plusieurs études ont démontré sa capacité à modifier la structure des communautés végétales, notamment dans les zones côtières et les milieux perturbés (**Galasso**

et al., 2018). En Méditerranée, *S. angulatus* montre une préférence pour les falaises littorales, les lisières forestières et les zones rudérales, où elle entre en compétition directe avec la flore locale (Celesti-Gradow *et al.*, 2016).



Figure I. 5: Image représentative de *Senecio angulatus* L (Véla *et al.*, 2018)

I.2.2. Classification de *Senecio angulatus* L

Règne	Plante
Sous-règne	Tracheobionta (plantes vasculaires)
Division	Magnoliophyta (angiospermes)
Classe	Magnoliopsida (dicotylédones)
Famille	Asteraceae (Compositae)
Sous-famille	Asteroideae
Genre	<i>Senecio</i> L.
Espèce	<i>Senecio angulatus</i> L.

Cette classification suit les systèmes APG IV (2016) et les révisions taxonomiques récentes pour les Asteraceae (Galasso *et al.*, 2018). Le genre *Senecio*, l'un des plus vastes des plantes à fleurs avec environ 1250 espèces, a fait l'objet de plusieurs révisions qui ont conduit au transfert de certaines espèces vers d'autres genres comme *Delairea* ou *Curio* (Dellucchi *et al.*, 2016).

I.2.3. Origine géographique et historique

Senecio angulatus est une espèce originaire des régions côtières d'Afrique du Sud, plus précisément de la province du Cap. Son aire naturelle s'étend des zones littorales jusqu'aux

contreforts montagneux, où elle pousse dans les fourrés et les falaises rocheuses (**Miara et al., 2018**).

L'introduction de cette espèce hors de son aire naturelle remonte au XIX^e siècle, principalement à des fins ornementales. Les premières mentions en Europe datent des années 1850, où elle fut cultivée dans les jardins botaniques pour son feuillage persistant et ses fleurs jaunes décoratives. Son expansion comme espèce naturalisée a commencé à être documentée dans les années 1950 en Australie et en Nouvelle-Zélande, puis dans les années 1980 autour du bassin méditerranéen (**Bergin, 2016**).

I.2.4. Caractéristiques botaniques de *Senecio angulatus* L.

- **Morphologie générale de *Senecio angulatus* L.**

Senecio angulatus présente un port grimpant ou rampant particulièrement vigoureux, capable de former des massifs denses atteignant 2 à 5 mètres d'extension. Les tiges jeunes, d'un vert vif, se caractérisent par leur section anguleuse marquée (5 à 6 côtes longitudinales), une particularité morphologique à l'origine de son épithète spécifique. Avec la maturation, ces tiges deviennent progressivement ligneuses à la base tout en conservant leur flexibilité aux extrémités (**Miara et al., 2018**).



Figure I. 6: Tiges de *Senecio angulatus* (servais et Seba, 2012)

Senecio angulatus développe un feuillage persistant particulièrement adapté aux conditions méditerranéennes. Les feuilles, disposées de façon alterne le long des tiges, présentent une texture coriace caractéristique. Leur forme varie de triangulaire à losangique,

offrant une surface foliaire optimale pour la photosynthèse. La texture charnue (succulente) des feuilles constitue une adaptation aux périodes de sécheresse, tandis que leur surface glabre limite la perte d'eau par transpiration. La coloration présente un contraste marqué entre la face supérieure d'un vert foncé lustré et le revers plus pâle, caractéristique commune à de nombreuses espèces héliophiles. Le pétiole, relativement court (5-15 mm), montre une légère ailaution à sa base. Cette particularité morphologique facilite à la fois la mobilité foliaire pour optimiser l'exposition lumineuse et la résistance mécanique aux vents (**Andreani, 2014**).

- **Structures reproductives**

L'appareil reproducteur de *S. angulatus* présente les caractéristiques typiques des Asteraceae. Les inflorescences, apparaissant principalement d'automne au printemps, se composent de capitules jaune vif groupés en corymbes terminaux (**Dellucchi et al., 2016**).

Selon **Fried, (2017)** chaque capitule, mesurant 10 à 15 mm de diamètre, comprend :

- 5 à 8 fleurons ligulés périphériques (6-9 mm de long) ;
- 15 à 30 fleurons tubulaires centraux ;
- Un involucre cylindrique à bractées linéaires

Les fruits sont des akènes surmontés d'un pappus soyeux blanc, favorisant leur dispersion par le vent. Cette caractéristique explique en partie la forte capacité de dissémination de l'espèce (**Newton, 2016**).

I.2.5. Composition chimique de *Senecio angulatus* L.

- **Alcaloïdes pyrrolizidiniques (AP)**

Senecio angulatus L. accumule des alcaloïdes pyrrolizidiniques (AP), composés toxiques caractéristiques de la famille des Asteraceae. Ces métabolites secondaires se trouvent dans toutes les parties de la plante, avec des concentrations variant selon le stade de développement et les conditions environnementales. La senkirine et la senécionine dominent le profil des AP, représentant jusqu'à 60% des alcaloïdes totaux dans les feuilles matures (**Moreira et al., 2021**).

La biosynthèse des AP suit un schéma complexe impliquant des précurseurs d'acides aminés. Les formes mono-estérifiées prédominent dans les jeunes tissus, tandis que les di-estérifiés, plus toxiques, s'accumulent dans les organes reproducteurs. Cette répartition reflète

Chapitre I : Rappel bibliographique

probable une stratégie de protection contre les herbivores, concentrant les composés les plus nocifs dans les parties vitales pour la reproduction (Elgorashi *et al.*, 2020).

La toxicité des AP de *S. angulatus* résulte principalement de leur métabolisation hépatique en pyrroles réactifs. Ces derniers forment des adduits avec l'ADN et les protéines, conduisant à des lésions hépatiques irréversibles. La présence simultanée de N-oxydes, moins toxiques convertibles en AP libres par la flore intestinale, complique l'évaluation du risque (Stegelmeier *et al.*, 2019).

Tableau I. 3: Principaux alcaloïdes pyrrolizidiniques de *Senecio angulatus* L

Composé	Type d'AP	Concentration moyenne (mg/g MS)	Localisation préférentielle
Senkirkine	Mono-estérifié	1.2 ± 0.3	Feuilles, fleurs
Senécionine	Di-estérifié	0.8 ± 0.2	Fleurs, jeunes pousses
Integerrimine	Di-estérifié	0.5 ± 0.1	Racines
Rétorsine	Di-estérifié	0.3 ± 0.05	Toutes parties
N-oxyde de senkirkine	Forme oxydée	0.6 ± 0.15	Feuilles matures

(Elgorashi *et al.*, 2020)

- **Composés phénoliques**

Senecio angulatus L. présente une composition phénolique variée dominée par les acides phénoliques (acide chlorogénique et caféique) particulièrement abondants dans les feuilles matures (12,7 mg/g MS), les flavonoïdes (quercétine-3-O-glucoside) majoritaires dans les fleurs (8,3 mg/g MS), et les tanins condensés (procyanidine B2) concentrés dans les jeunes pousses (5,1 mg/g MS), avec des variations saisonnières marquées montrant des pics durant la floraison et une augmentation sous stress hydrique, ce qui confère à la plante une forte activité antioxydante corrélée à sa teneur en polyphénols totaux et contribue probablement à son succès invasif (Elgorashi *et al.*, 2021).

Huiles essentielles

Senecio angulatus L. produit une huile essentielle complexe dont la composition varie selon les organes végétaux et les saisons. Les analyses par GC-MS révèlent que les feuilles contiennent principalement des sesquiterpènes (45-60% de la fraction volatile), avec le β -

Chapitre I : Rappel bibliographique

caryophyllène comme composé dominant (20-30%), suivi du germacrène D (10-15%) et de l' α -humulène (5-8%) (**Baldini et al., 2021**). Les inflorescences présentent un profil distinct, plus riche en monoterpènes comme le limonène (15-20%) et le β -pinène (10-12%), ainsi qu'en dérivés oxygénés tels que le caryophyllène oxyde (8-10%) (**Reyes et al., 2023**).

La composition des huiles essentielles montre des variations géographiques significatives. Les populations côtières tendent à produire davantage de p-cymène (5-7%) et de thymol méthyl éther (3-5%), tandis que les plantes des zones montagneuses accumulent plus de α -pinène (12-15%) et de camphre (4-6%) (**Reyes et al., 2023**).

L'extraction par hydrodistillation des parties aériennes donne un rendement moyen de 0,15-0,25% (v/p), avec un maximum observé durant la phase de floraison. Les tests biologiques indiquent que l'huile essentielle possède une activité insecticide modérée contre les coléoptères ravageurs (CL50 = 35 μ g/mL) et une action fongistatique contre certains pathogènes foliaires, probablement due à la synergie entre ses différents constituants (**Moretti et al., 2023**).

Tableau I. 4: Composition chimique des huiles essentielles de *Senecio angulatus* L

Composé majeur	Classe chimique	Teneur (%)	Organe végétal
β -caryophyllène	Sesquiterpène	20-30	Feuilles
Germacrène D	Sesquiterpène	10-15	Feuilles
α -humulène	Sesquiterpène	5-8	Feuilles
Limonène	Monoterpène	15-20	Inflorescences
β -pinène	Monoterpène	10-12	Inflorescences
Caryophyllène oxyde	Sesquiterpène oxygéné	8-10	Inflorescences
p-cymène	Monoterpène	5-7	Plantes côtières
α -pinène	Monoterpène	12-15	Plantes montagneuses

(**Moretti et al, 2023**)

Chapitre II :

Matériel et méthodes

II.1. Objectif de l'expérimentation

L'objectif de cette étude est de réaliser une analyse sur la variation du taux de germination des graines de tomates traitées par des bioproduits à base d'huiles essentielles de différentes plantes. La première plante utilisée est *Cedrus atlantica*, et la seconde c'est *Senecio angulatus*.

II.2. Lieu et durée de l'étude

Notre étude s'est déroulée sur une période de cinq mois, de janvier à mai 2025.

Elle a été menée au sein du département des biotechnologies et agroécologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie (université Saad Dahleb – blida1), au niveau du laboratoire 109 de phytopharmacie appliquée.

II.3. Périodes d'échantillonnages

a. *Cedrus atlantica*:

Le matériel végétal *Cedrus atlantica* a été collecté en décembre 2024 à Blida (Forêt de Tazarine).

b. *Senecio angulatus* :

L'huile essentielle de *Senecio angulatus* a été aimablement fournie par Madame Baba Aïssa en janvier 2025

TOMATE saint pierre :

Variété vigoureuse et productive Gros fruit rouge et ferme à la chaire parfumée qui est importée par Allouche produits agricole à OULED MENDIL Birtouta.

II.4. Matériel végétal

Le cedre (*Cedrus atlantica*) a été collectée avec des ciseaux et le processus a pris trois jours de travail intense. L'extraction a été réalisée 15 jours après la récolte dans une petite unité de distillation de M. Chikhi Hamid dans la région de Oued El Alleug (Blida).



Figure II. 1: Les feuilles de cèdre de l'Atlas (originale, 2025)

II.5. Méthode d'extraction de l'huile essentielle

La méthode d'extraction utilisée est l'hydrodistillation. On a rempli l'alambic de 10 kg de matière végétale fraîche qui contenant déjà de l'eau ; Le matériel végétal et l'eau ont été séparé à l'aide d'une grille. L'eau a été portée à ébullition à l'aide d'un réchaud à gaz qui permet l'obtention de la vapeur qui se charge des produits volatils et se condense au contact réfrigérant. Ainsi l'huile essentielle plus légère que l'eau se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité dans un essencier en le surnageant.

L'huile essentielle ainsi obtenue a été mise dans un petit flacon opaque et stocké à 4°C avant son utilisation.



Figure II. 2 : l'extraction de l'huile essentielle de *Cedrus atlantica* dans un Alambic de 200L

II.6. Préparation du dispositif expérimental :

Les graines de tomate ont été mises en germination dans des boîtes de Pétri tapissées de deux couches de papier filtre doublées précédemment imbibées de solutions d'huiles essentielles préparées selon trois doses différentes (D1, D2, D3) ainsi qu'un témoin (eau) les deux huiles ont été testées : l'huile essentielle de *Cèdre* (H1) et celle de *Senecio* (H2).

L'étude comporte quatre traitements pour chaque huile (témoin + trois doses) soit un total de huit traitements expérimentaux chaque traitement comprend quatre répétitions et chaque répétition est constituée de cinq graines soit 20 graines par traitement.

Les boîtes de pétri ont été soigneusement fermées avec du parafilm afin de maintenir des conditions d'humidité constantes et le tout a été placé dans un germoir à une température contrôlée de 25 °C convenable à la germination des graines de tomate.

L'essai comporte donc un total de 32 répétitions (2 huiles × 4 traitements × 4 répétitions) pour un total de 160 graines analysées.

Témoin=T=eau

Dose1=D1=0,1%

Dose2=D2=0,2%

Dose3=D3=0,3%



Figure II. 3 : Préparation du dispositif et installation des boîtes de Petri dans le germoir 25°C
(Photos originales, 2025)

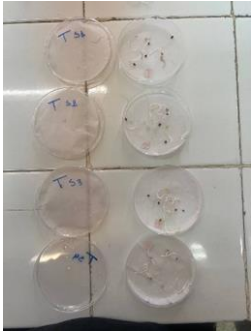
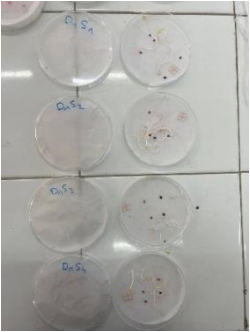
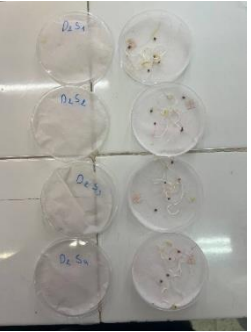
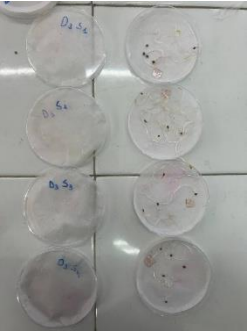
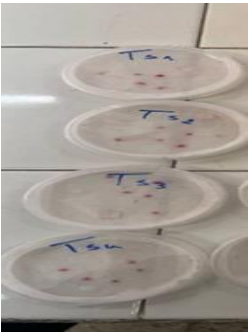
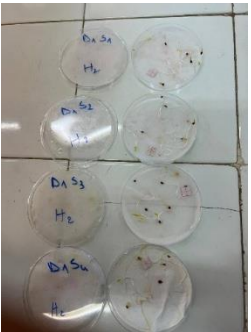
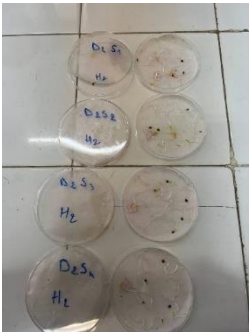
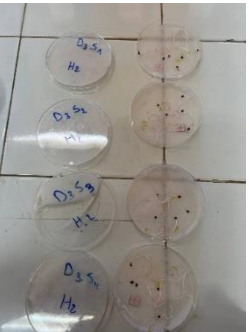
II.7. Suivi journalier

- Le temps de suivi des bioessais est de 15 jours.

Durant cette période, nous avons rempli le tableau du nombre des graines germées de tomate dans le témoin et les 3 doses différentes pour les deux huiles formulées.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau II. 1: Graines de tomate traitées par l'huile essentielle de *Cedrus atlantica* et *Senecio angulatus* avec 03 doses déferentes et témoin

	témoin	Dose 1	Dose 2	Dose 3
Huile de Cèdre de L'Atlas				
Huile de <i>Senecio angulatus</i>				

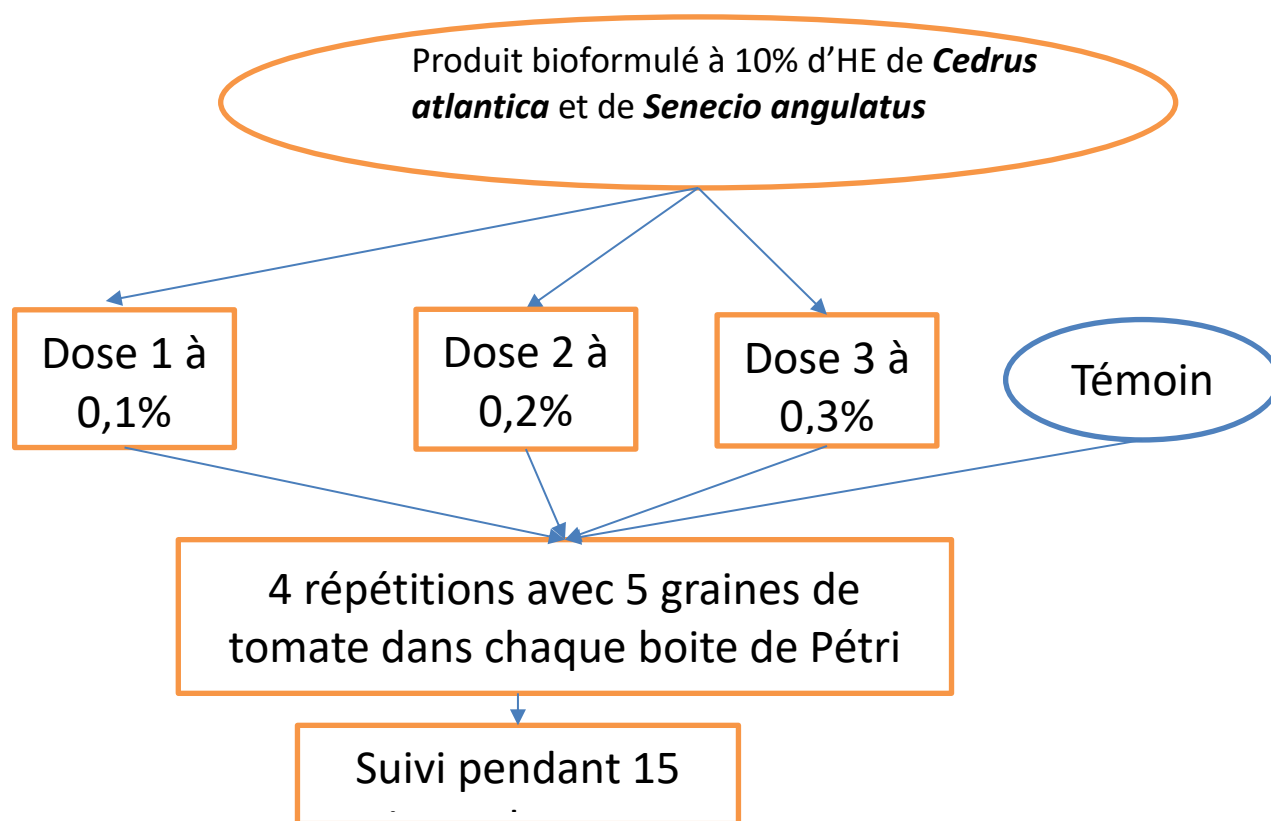


Figure II. 4 : Schéma récapitulatif du protocole expérimental

Chapitre III :

Résultats et discussion

III.1. Résultats

Notre travail consiste à tester l'activité biologique des bioproduits à différentes doses dont les matières actives sont les huiles essentielles du *Cedrus atlantica* et *Senecio angulatus*.

La quantité d'huile essentielle recueillie par décantation à la fin de la distillation était de 0,2 ml pour 10kg de *Cedrus atlantica*.

Les dosages appliqués étaient les suivants :

- Dose 1 (D1) = 0,1%
- Dose 2 (D2) = 0,2%
- Dose 3 (D3) = 0,3%
- Nous avons étudié le taux de germination. En fonction du temps et en fonction des doses :
- Calcul du taux de germination.
- Calcul la vitesse de germination
- Le taux de germination selon **Come (1970)** correspond au pourcentage maximal de graines germées par rapport au total des graines semées, il est estimé par la formule suivante :

$$TG = \frac{\text{Nombre des graines germées} \times 100}{\text{Nombre des graines semées}}$$

III.1.1. L'huile de *Cedrus atlantica*

III.1.1.1. L'effet des différentes doses du traitement sur la germination de la tomate comparé au témoin *Cedrus atlantica*

Le graphique de la figure III.1 représente l'évolution comparée du taux de germination des graines du témoin tomate et les différentes doses en fonction du temps estimé en jours

Après avoir suivi l'évolution du taux de germination des graines de différentes boîtes de Pétri sur une durée de 15 jours nous avons remarqué que le témoin présente une germination rapide atteignant 85% dès le jour 4 puis se stabilise à 95% à partir du jour 6.

Chapitre III : Résultats et discussions

La dose 2 montre une courbe similaire avec une progression plus graduelle atteignant également 95% au jour 10 ce qui indique une efficacité équivalente à celle du témoin sans effet inhibiteur

La dose 3 atteint 85% de germination dès le jour 4 comme le témoin se stabilise légèrement en dessous à 90%

La dose 1 quant à elle montre une germination plus lente atteignant 75% au jour 10 puis 85% au jour 11 indiquant une efficacité modérée sans signe de toxicité.

D'après nos observations nous pouvons conclure que notre bioproduit formulé à base de l'huile essentielle du *Cedrus atlantica* a un effet allélopathique.

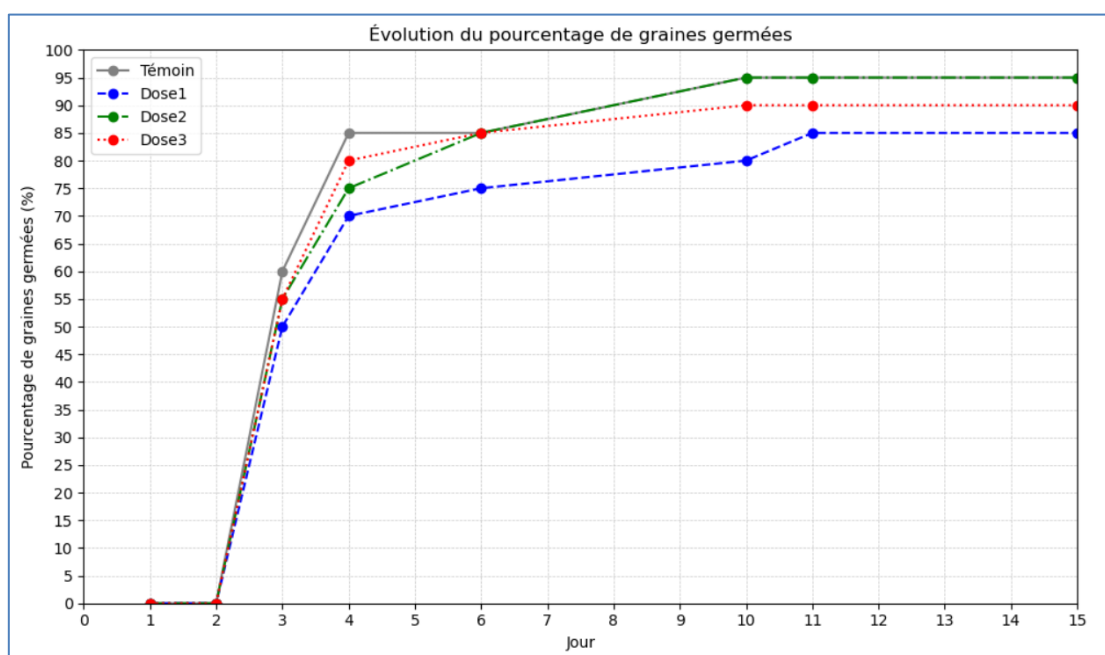


Figure III. 1: L'effet des différentes doses du traitement (*Cedrus atlantica*) sur la germination de la tomate comparé au témoin

- **III.1.1.2. Comparaison entre les différentes doses du traitement sur la vitesse de germination de la tomate de *Cedrus atlantica***

Chapitre III : Résultats et discussions

Le graphique ci-dessous représente une comparaison entre les différentes doses de traitement du bioproduit de *Cedrus atlantica* sur la vitesse de germination des graines de tomate (fig. III.2)

Après avoir suivi l'évolution de la vitesse de germination, nous avons constaté qu'au démarrage (jour3) la vitesse de germination de la D1 est de 50% par contre la D2 et D3, leurs vitesses de germination est de 55% donc la différence est de 5%

Au jour 4 la vitesse de germination de la D1 atteint 70% tandis que celle de la D2 atteint 75% et celle de la D3 monte à 80% ; on observe donc un écart progressif entre les traitements la D2 dépasse la D1 de 5% et la D3 dépasse la D1 de 10%

Au jour 6 la différence entre les doses devient encore plus nette. La vitesse de germination de la D1 atteint environ 75% tandis que la D2 et la D3 atteignent toutes les deux 85%. Cependant, à ce stade l'écart entre la Dose1 et les deux autres doses est de 10%.

Au jour 11 la vitesse atteint un niveau presque maximal pour toutes les doses, avec des différences notables. La D1 atteint 85 % ; la D3 atteint 90 % tandis que la D2 enregistre une vitesse de germination le plus élevé avec 95 %. On observe ainsi un écart de 10 % entre la D1 et la D2, et de 5 % entre la D3 et la D2

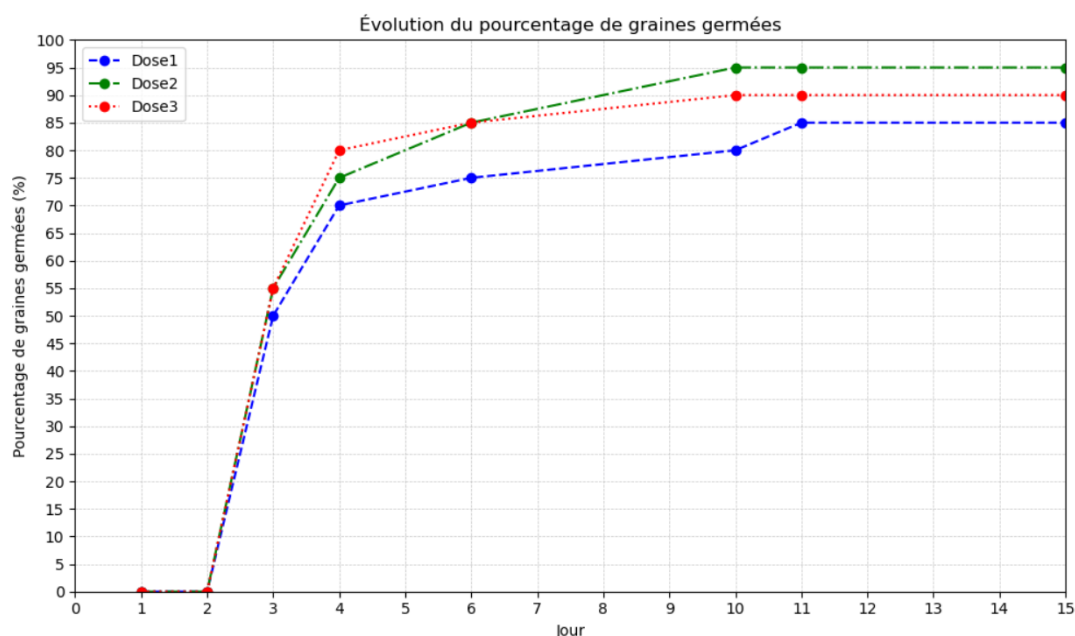


Figure III. 2: Comparaison entre les différentes doses du traitement (*Cedrus atlantica*)sur la vitesse de germination de la tomate

III.1.1.3. L'effet des traitements du bio produit à base de *Cedrus atlantica* sur le taux de germination :

D'après les résultats de la figure III.3 et en analysant ses données nous allons comparer l'effet allélopathique des doses du bioproduit formulé à base de l'huile essentielle de *Cedrus atlantica* et après avoir suivi l'évolution du taux de germination des graines de différentes boîtes de Pétri sur une durée de 15 jour.

Les résultats montrent clairement une réponse dose dépendante en termes de germination de graine de tomate, la D1 induit une germination lente atteignant 85% au jour 11 ce qui traduit un effet faiblement stimulant, la D2 se distingue par son efficacité optimale atteignant 95% dès le jour 10 ce qui reflète un effet allélopathique positif, la D3 provoque une germination rapide initialement 85% dès le jour 4 elle se stabilise à 90%.

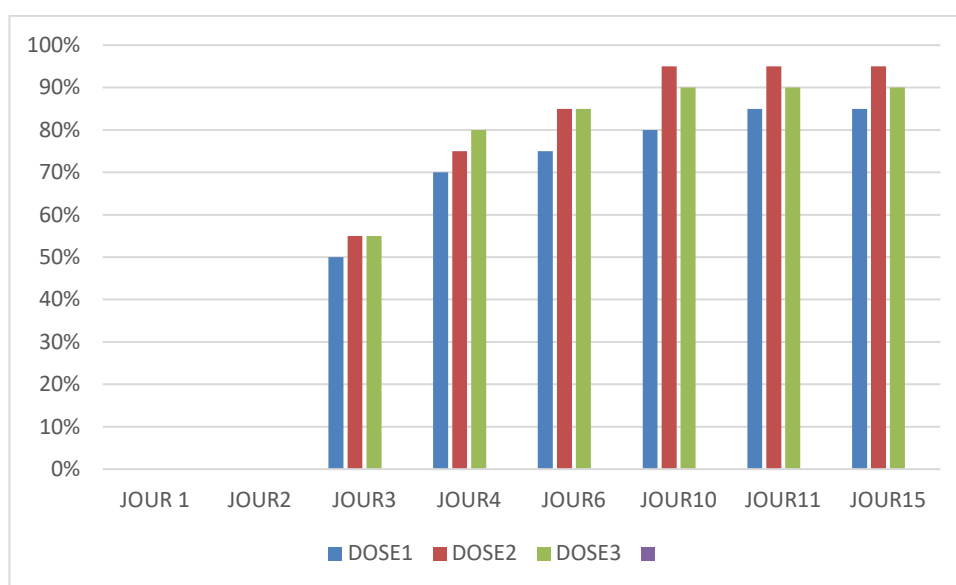


Figure III.3 : L'effet des traitements du bio produit à base de *Cedrus atlantica* sur le taux de germination de la tomate

III.1.2. L'huile essentielle de *Senecio angulatus*

- III.1.2.1. L'effet des différentes doses du traitement sur la germination de la tomate comparé au témoin de *Senecio angulatus*

Le graphique de la figure III.4 représente l'évolution comparée du taux de germination des graines de la tomate du témoin et les différentes doses en fonction du temps estimé en jours.

Chapitre III : Résultats et discussions

Après observation, le témoin présente une progression régulière de la germination : il atteint 55 % dès le jour 5 et poursuit sa montée jusqu'à 95 % à partir du jour 12, où il se stabilise. Cela indique une germination normale et optimale en l'absence de traitement. La D2 montre une germination plus rapide et efficace que le témoin : elle atteint 65 % dès le jour 5, 85 % au jour 6, puis atteint 95 % dès le jour 8, valeur à laquelle elle reste stable. Cette performance suggère que la Dose2 stimule efficacement la germination, sans présenter d'effet toxique ou inhibiteur. La D1 présente une germination plus lente : elle atteint 30 % au jour 3 ; 80 % au jour 6 puis plafonne à 85 % à partir du jour 6 jusqu'à la fin. Cela indique une efficacité modérée. La D3 affiche la germination la plus faible parmi les groupes testés. Elle atteint 25 % au jour 3 ; 55 % au jour 6, puis 80 % au jour 8, et reste stable jusqu'au jour 15. Ce ralentissement et cette stagnation à un niveau inférieur aux autres traitements suggèrent un effet potentiellement inhibiteur à cette concentration.

En conclusion, l'évolution du taux de germination indique que le bioproduit formulé à base de *Senecio angulatus* exerce un **effet allélopathique dose-dépendant**. La Dose2 semble favoriser significativement la germination, tandis que la Dose3 pourrait avoir un effet légèrement inhibiteur.

Ces résultats suggèrent que *Senecio angulatus* pourrait être utilisé comme agent biostimulant à des concentrations optimales.

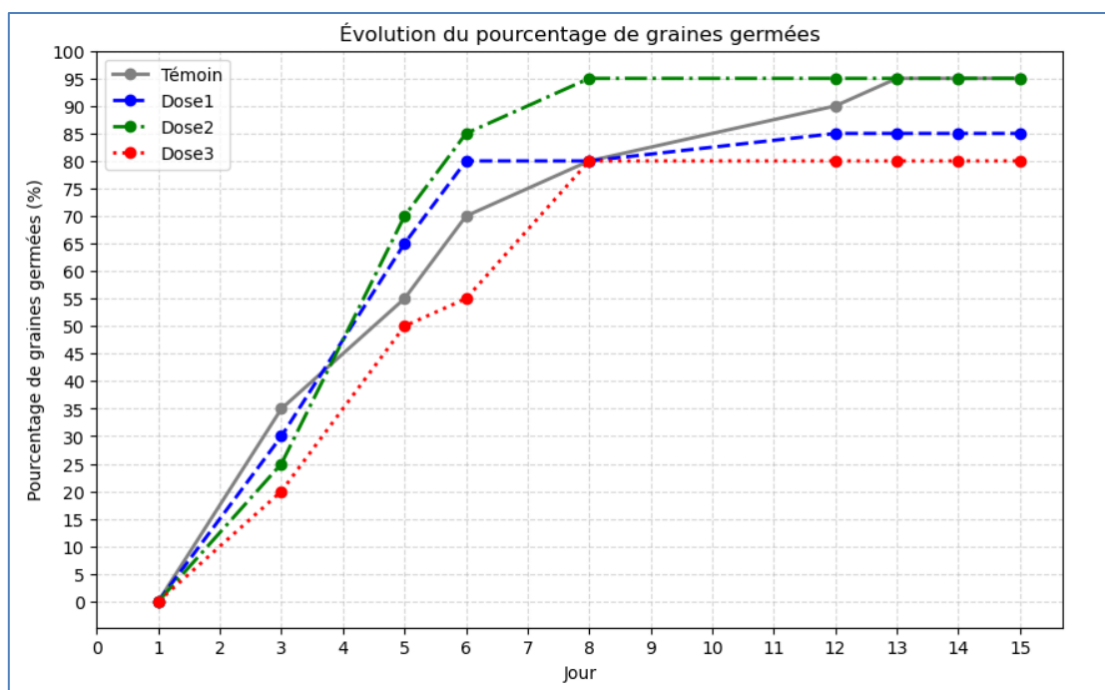


Figure III. 4 : L'effet des différentes doses du traitement (*Senecio angulatus*) sur la germination de la tomate comparé au témoin

- III.1.2.2. Comparaison entre les différentes doses du traitement sur la vitesse de germination de la tomate de *Senecio angulatus*

Le graphique de la figure III.5 représente une comparaison entre les différentes doses de traitement du bioproduit de *Senecio angulatus* sur la vitesse de germination des graines de tomate.

Après avoir suivi l'évolution de la vitesse de germination, nous avons remarqué qu'au démarrage (jour3) la vitesse de germination de la D1 est de 30% par contre la D2 est de 25% et la D3 est de 20% donc la différence entre la D1 et D2 est de 5% et entre la D2 et la D3 est de 5%

Au jour 6 la vitesse de germination de la D1 atteint 80% tandis que celle de la D2 atteint 85% et celle de la D3 monte à 55% ; on observe donc un écart progressif entre les traitements, la D2 dépasse la D1 de 5% et la D2 dépasse la D3 de 25%.

Au jour 8 la différence entre les doses devient encore plus nette. La vitesse de germination de la D2 atteint 95% tandis que la D1 et la D3 atteignent toutes les deux 80%. Cependant, à ce stade l'écart entre la Dose1 et les deux autres doses est de 15%.

Chapitre III : Résultats et discussions

Au jour 12 la vitesse atteint un niveau presque maximal pour toutes les doses, avec des différences notables. La D1 atteint 85 % ; la D3 atteint 80 % tandis que la D2 enregistre une vitesse de germination le plus élevé avec 95 %. On observe ainsi un écart de 10 % entre la Dose1 et la Dose2, et de 15 % entre la Dose3 et la Dose2.

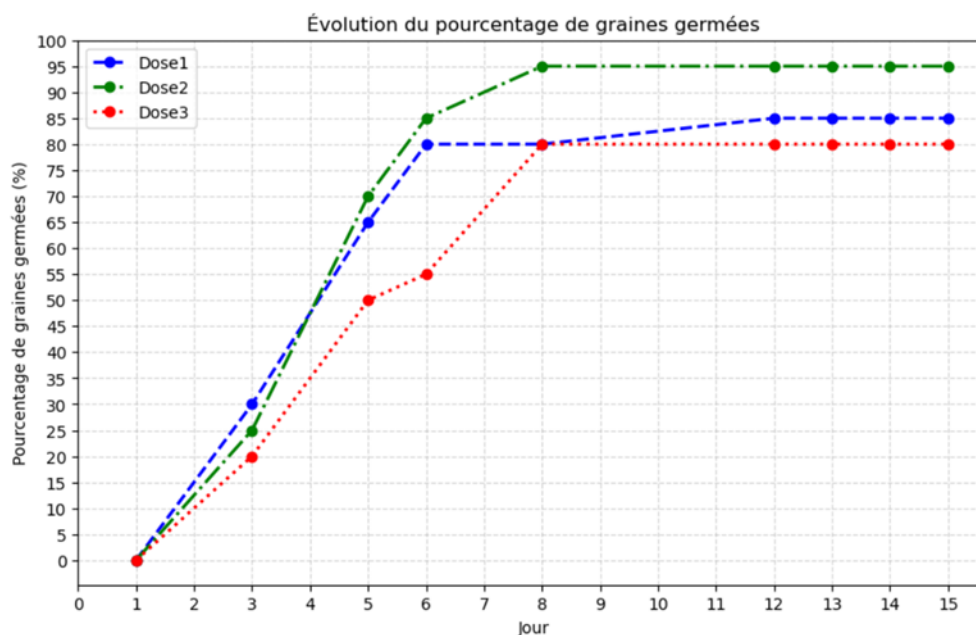


Figure III. 5 : Comparaison entre les différentes doses du traitement (*Senecio angulatus*) sur la vitesse de germination de la tomate

- III.1.2.3. L'effet des traitements du bio produits à base de *Senecio angulatus* sur le taux de germination :

D'après les résultats, de la figure III.6, le bioproduit formulé à base d'huile essentielle de *Senecio angulatus* exerce un effet allélopathique dépendant de la dose appliquée sur la germination des graines de tomate, observée sur une période de 15 jours.

La Dose 2 présente l'effet le plus favorable, avec une germination rapide atteignant 95 % dès le jour 8, ce qui traduit un effet allélopathique positif et une stimulation optimale de la germination.

La Dose 1 montre une progression plus lente, atteignant 80 % au jour 6, puis se stabilisant à 85 % à partir du jour 11, indiquant un effet modéré sans inhibition notable.

Chapitre III : Résultats et discussions

La Dose3, quant à elle, provoque une germination initiale relativement rapide (80 % dès le jour 8) reste stable par la suite, suggérant un effet légèrement inhibiteur à cette concentration.

Ainsi, les résultats montrent une réponse dose-dépendante, avec une efficacité maximale à la Dose 2, tandis que la Dose 3 pourrait limiter légèrement la germination à long terme.

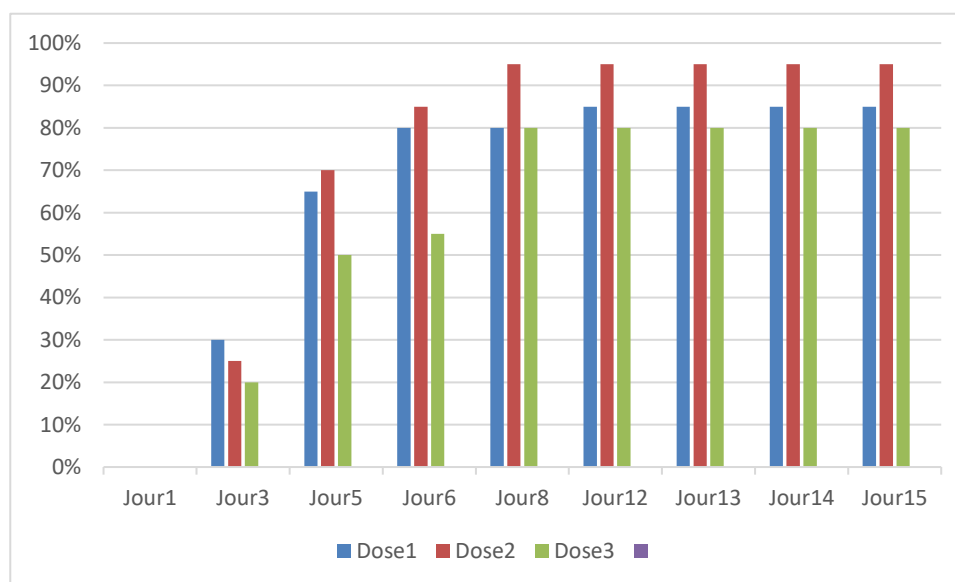


Figure II.6 : L'effet des traitements du bio produits à base de *Senecio angulatus* sur le taux de germination

- III.1.2.4. Comparaison entre les différentes doses sur la germination de la tomate des deux bioproduits formulés *Senecio angulatus* et *Cedrus atlantica*

Le graphique de la figure III.7 représente une comparaison entre les différents traitements appliqués sur la germination des graines de tomate, en utilisant deux bioproduits à base d'huiles essentielles : *Cedrus atlantica* (D1cd, D2cd, D3cd) et *Senecio angulatus* (D1si, D2si, D3si). L'évolution du taux de germination sur 15 jours montre une réponse dose-dépendante pour les deux extraits. Pour *Cedrus atlantica*, les doses D2cd et D3cd atteignent toutes deux environ 90 %, indiquant un bon effet stimulant sans inhibition apparente.

La dose D1cd atteint 85 % de façon plus progressive, ce qui pourrait refléter un léger ralentissement à concentration plus élevée. Du côté de *Senecio angulatus*, la dose D2si se distingue par son effet optimal, atteignant 95 % dès le jour 8. La D1si atteint 85 %, tandis que la D3si se stabilise à 80 %, suggérant une efficacité réduite à forte dose. Ainsi, ces résultats

Chapitre III : Résultats et discussions

mettent en évidence un effet allélopathique dose-dépendant, avec une efficacité maximale observée à la dose intermédiaire (D2) pour les deux extraits.

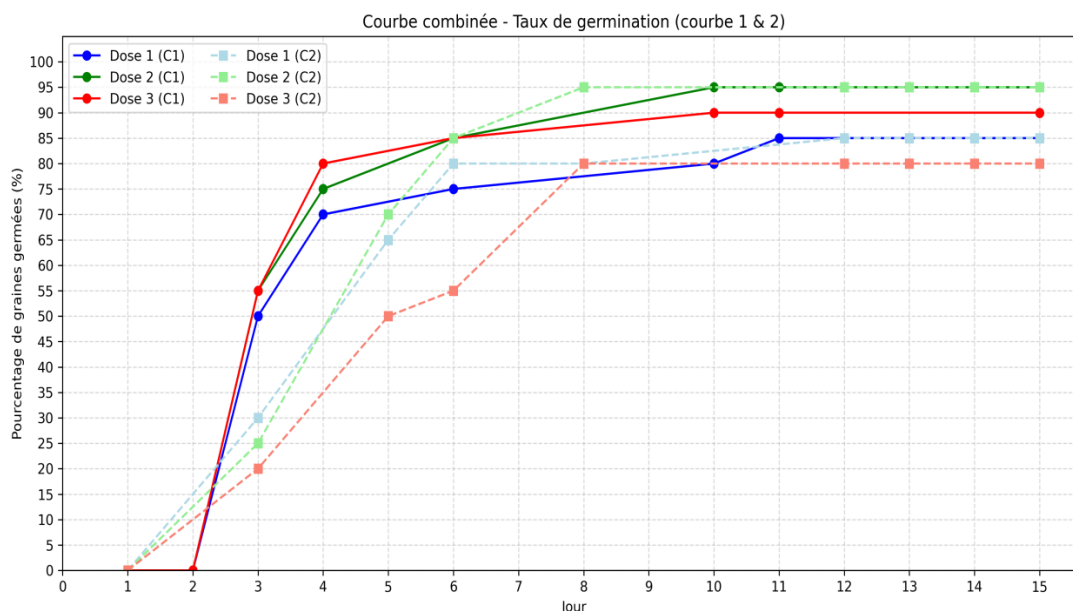


Figure III. 7 : Comparaison entre les différents traitements *Senicio angulatus* et *Cedrus atlantica* sur la germination de la tomate

- III.1.2.5. Comparaison entre les meilleures doses des deux bioproduits *Senicio angulatus* et *Cedrus atlantica* sur le taux de germination :

L'analyse du graphique de la figure III.9 montre que la dose D2si permet une germination plus rapide que la dose D2cd. Dès le troisième jour, un début de germination est observé avec D2si, alors que D2cd ne montre aucun taux à ce stade. Cette avance se maintient jusqu'au huitième jour, où D2si enregistre systématiquement des taux de germination plus élevés.

À partir du jour 12, les deux doses atteignent un plateau, avec un taux de germination final similaire d'environ 95 %.

Toutefois, la précocité de D2si constitue un avantage important, notamment pour favoriser une levée rapide et uniforme. Par conséquent, bien que les deux doses soient efficaces à long terme, la dose D2si s'avère être la meilleure option en raison de sa performance supérieure en début de germination.

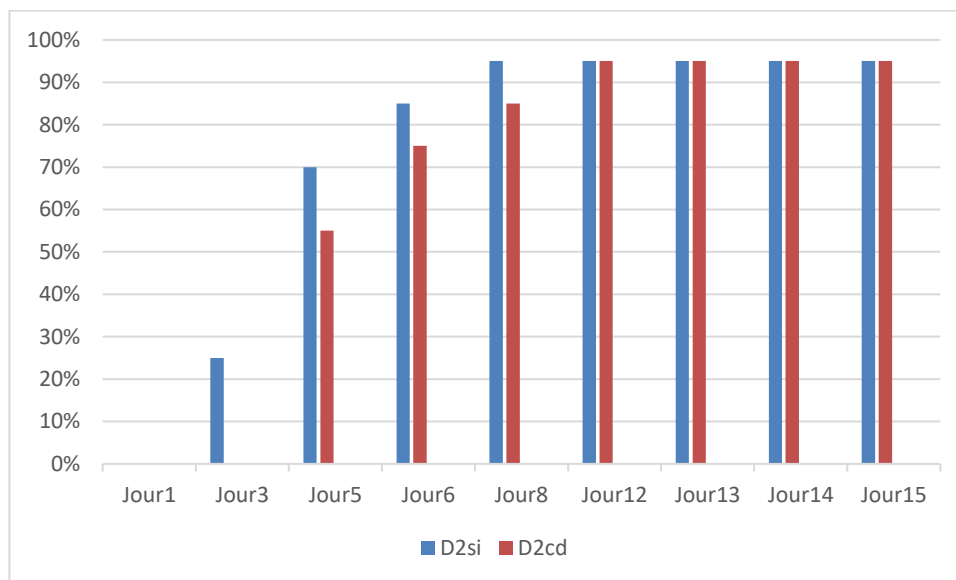


Figure III Comparaison entre les meilleures doses des deux bioproduits *Senecio angulatus* et *Cedrus atlantica* sur le taux de germination

III.3. Discussion

L'application d'huiles essentielles peut influencer différemment la vitesse de germination de la tomate et des plantes adventices. La tomate, espèce cultivée, montre souvent une meilleure tolérance aux faibles concentrations d'huiles essentielles, ce qui peut accélérer sa germination. En revanche, les adventices sont plus sensibles aux composés volatils, subissant souvent un retard de germination ou une inhibition. Cette différence permet d'envisager un usage sélectif des huiles comme outil de biocontrôle. Ainsi, certaines huiles essentielles peuvent favoriser la levée de la tomate tout en freinant celle des adventices.

L'étude de l'effet des huiles essentielles (HE) sur la germination des graines permet de mieux comprendre leur potentiel en tant que biostimulants ou inhibiteurs, selon les concentrations appliquées. Nos résultats démontrent une influence notable des huiles de *Senecio angulatus* et de *Cedrus atlantica*, en fonction des doses administrées.

À la Dose 1 (0,1%), l'huile de *Senecio angulatus* induit une germination plus rapide que celle de *Cedrus atlantica*, bien que le taux final de germination soit équivalent. Cela pourrait être attribué à une stimulation précoce des enzymes hydrolytiques responsables de la mobilisation des réserves, comme le suggèrent **Kaur et al. (2018)**, qui ont observé une activation des processus physiologiques sous l'effet de certains composés volatils à faibles concentrations.

En revanche, l'huile de *C. atlantica* à cette même dose induit une germination plus lente, atteignant 85 % au 11^e jour, ce qui pourrait refléter un effet faiblement stimulant ou même légèrement inhibiteur au début du processus. Ceci corrobore avec les observations de **Moghaddam et al. (2015)** qui soulignent que certaines huiles riches en sesquiterpènes peuvent ralentir la germination en modulant la perméabilité des membranes ou l'expression de certaines phytohormones.

À la Dose 2 (0,2%), les deux huiles montrent une efficacité comparable, avec des taux de germination proches de 95 %, traduisant une activité biostimulante optimale. Toutefois, l'huile de *C. atlantica* semble favoriser une germination légèrement plus précoce, ce qui

Chapitre III : Résultats et discussions

pourrait être dû à la richesse de cette HE en **α -pinène** et **himachalènes**, connus pour leurs effets stimulants à doses modérées (**Ben Jemaa et al., 2012 ; El Beyrouthy et al., 2008**).

Enfin, à la Dose 3 (**0,3%**), une différenciation plus nette est observée. L'huile de *Cedrus atlantica* reste plus performante, avec un taux de germination supérieur et une meilleure tolérance des graines à cette concentration. L'effet positif de cette HE à forte dose pourrait être lié à sa composition terpénique stable et bien tolérée par les structures embryonnaires, contrairement à *S. angulatus*, dont les composés oxydés peuvent devenir phytotoxiques au-delà d'un certain seuil (**Singh et al., 2021**).

Ces résultats confirment le principe de dose-dépendance dans l'action des huiles essentielles, où une faible dose peut être bénéfique alors qu'une forte dose peut s'avérer inhibitrice, selon la plante source et la composition chimique de l'HE (**Vokou et al., 2003 ; Zunino et al., 2019**).

Conclusion

Conclusion et perspectives :

Au terme de cette étude portant sur l'évaluation de l'effet de deux bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Cedrus atlantica* et de *Senecio angulatus*, appliqués à différentes doses (dose 1 : 0,1%, dose 2 : 0,2%, dose 3 : 0,3%), sur la germination des graines de tomate, nous avons pu mettre en évidence des comportements biologiques contrastés.

Ce travail visait à explorer le potentiel biostimulant ou bioinhibiteur de ces huiles dans le cadre d'interactions allélopathiques. Les résultats ont montré que l'huile essentielle de *Cedrus atlantica* agit de manière progressive et constante à toutes les doses testées, avec une efficacité maximale observée à la dose moyenne (dose 2), où le taux de germination atteint 95 % au 15^e jour. À l'inverse, l'huile essentielle de *Senecio angulatus* stimule rapidement la germination à faibles et moyennes doses, devient inhibitrice à forte concentration, ce qui suggère une toxicité potentielle à dose élevée.

La dose moyenne (0,2%) s'avère donc la plus efficace pour favoriser une germination homogène, rapide et sans effet inhibiteur, quel que soit le bioproduit utilisé. En revanche, la dose élevée (0,3%) limite fortement la germination dans le cas de *S. angulatus*, soulignant l'importance du caractère dose-dépendant dans l'action allélopathique des huiles essentielles.

Ces résultats confirment que certaines huiles essentielles, utilisées à des concentrations appropriées, peuvent constituer une alternative naturelle, efficace et respectueuse de l'environnement aux intrants chimiques conventionnels, en contribuant à une agriculture plus durable.

Perspectives : Afin de valoriser pleinement ces résultats, plusieurs perspectives peuvent être envisagées :

1. **Élargir l'étude à d'autres cultures maraîchères** (comme le poivron ou la laitue) pour vérifier la reproductibilité des effets observés.
2. **Analyser la composition chimique** détaillée des deux huiles essentielles par chromatographie (GC-MS) pour identifier les composés actifs responsables des effets observés.

Conclusion générale

3. **Étudier les effets à long terme** sur le développement post-germination (croissance des plantules, biomasse, vigueur) afin d'évaluer l'intérêt agronomique global.
4. **Tester en conditions semi-contrôlées ou en plein champ**, pour valider l'efficacité et la sécurité de ces bioproduits dans des environnements réels.
5. **Explorer la formulation de biostimulants combinés**, en optimisant les mélanges ou les doses, dans une approche éco-innovante de la gestion des semis

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abdessemed, S. (2010). *Étude des caractéristiques morphologiques de Cedrus atlantica* (Thèse de doctorat). Université des Sciences Naturelles, Alger.
2. Andreani, S. (2014). *Valorisation d'espèces envahissantes des genres Xanthium et Senecio : caractérisation, variabilité chimique et activités des huiles essentielles* (Thèse de doctorat). Université de Corse Pasquale Paoli, France.
3. Arbez, M. (1987). *Classification taxonomique des Pinaceae*. Paris : Éditions scientifiques forestières.
4. Arfa, O. (2008). *Structure et dynamique des écosystèmes forestiers algériens* [Thèse ou rapport non précisé].
5. Aussenac, G., & Guehl, J. (1990). *Adaptations des conifères aux climats montagnards*. Paris : Presses Universitaires de France.
6. Bakkali, F., Averbek, S., Averbek, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, vol 46(2), pp 446-475.
7. Ben Jemaa, J. M., Trita, A., Taktak, N., & Messaoud, C. (2012). Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Cedrus atlantica* against *Sitophilus oryzae*. *Journal of Stored Products Research*, 48.
8. Benabid, A., Zouhri, L., & Mahamedi, A. (2017). Ecology and conservation of *Cedrus atlantica* in North Africa. *International Journal of Environmental Sciences*, vol 32(1), pp 35-48.
9. Benabid, A., Zouhri, L., & Mahamedi, A. (2017). Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Cedrus atlantica* parts. *International Journal of Phytochemistry*, vol 39(5), pp 101-110.
10. Bentouati, A. (2008). Étude sur la conservation des cédraies en Algérie. *Bulletin de la Société Botanique d'Algérie*, vol 15(1), pp 18-34.
11. Bergin, D. (2016). Écologie du lierre du Cap (*Senecio angulatus*) en Nouvelle-Zélande. *Revue néo-zélandaise d'écologie*, vol 40(2), pp 178-185.
12. Bouazza, M., Harfouche, A., & Nedjahi, A. (2018). Problématiques de la gestion des cédraies en Algérie. *Revue Nord-Africaine de Foresterie*, vol 21(3), pp 56-72.
13. Boulanger, F., Carrière, S., & Mesbah, S. (2020). Chemical constituents and therapeutic potential of *Cedrus atlantica* oil. *Journal of Essential Oils*, vol 45(2), pp 67-79.

14. Brouillet, L., Coursol, F., & Favreau, M. (2022). *Taraxacum erythrospermum* dans la flore d'Amérique du Nord. Association de la flore d'Amérique du Nord.
15. Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – A review. *International Journal of Food Microbiology*, vol 94(3), pp 223-253.
16. Caussanel, J.-P. (1988). Weed competition in cereal crops. *Agronomie*, vol 8(5), pp403-412.
17. Celesti-Grapow, L., Bassi, L., Brundu, G., Camarda, I., Carli, E., D'Auria, G., Del Guacchio, E., Domina, G., Ferretti, G., Foggi, B., Lazzaro, L., Mazzola, P., Peccenini, S., Pretto, F., Stinca, A., & Blasi, C. (2016). Plant invasions on small Mediterranean islands: An overview. *Plant Biosystems*, vol 150(5), pp 1119–1133.
18. Colombet, J. (2009). *Le Cedrus atlantica dans les parcs européens*. Paris : Éditions Européennes de Sylviculture.
19. Côme, D. (1970). *Les obstacles à la germination* (162 p.). Paris : Masson et Cie.
20. Debernardi. (2004). L'agriculture biologique en Algérie. *Revue des Techniques Agricoles*, (12).
21. Dellucchi, G., Bayón, N. D., & Hurrell, J. A. (2016). *Senecio angulatus* naturalisé en Argentine. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol 51(1), pp 169-177.
22. Demarteau, S., Benmalek, H., & Charrière, J. (2007). *Analyse de la répartition géographique du Cedrus atlantica*. Genève : Institut des Forêts et Changements Climatiques.
23. El Beyrouthy, M., Arnold, N., Delelis-Dusollier, A., & Dupont, F. (2008). Plants used as remedies antirheumatic and analgesic in the traditional medicine of Lebanon. *Journal of Ethnopharmacology*, 120.
24. Elgorashi, E. E., Taylor, J. L., & Maes, A. (2020). Alkaloid distribution and chemical ecology of invasive *Senecio* species. *Journal of Chemical Ecology*, vol 46(8), pp 724-736.
25. Emberger, L. (1938). *Étude phytogéographique des régions méditerranéennes*. Montpellier : Université de Montpellier.
26. FAO. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
27. Farjon, A. (2010). *A handbook of the world's conifers* (Vol. 1, pp. 105-106). Leiden : Brill Academic Publishers. ISBN 9789004177185.

28. Farjon, A. (2019). *A handbook of the world's conifers* (2^e éd.). Brill Academic Publishers.
29. Fénart, S. (2006). Hybridization between wild and crop beets. *Theoretical and Applied Genetics*, vol 114(1), pp 1-10.
30. Galasso, G., Conti, F., Peruzzi, L., Ardenghi, N. M. G., Banfi, E., Celesti-Grappo, L., Bartolucci, F. (2018). Liste actualisée de la flore vasculaire étrangère à l'Italie. *Plant Biosystems*, 152, 556-592.
- Génissel, F., Leclercq, F., & Morel, M. (2015). *Cedrus atlantica*: Ecological and biological aspects of its distribution in the Atlas Mountains. *Journal of Forestry Studies*, vol 14(2), pp 121-132.
31. Harfouche, A., & Nedjahi, A. (2003). *Gestion des parcs nationaux abritant le Cèdre de l'Atlas*. Alger : Éditions Nationales de la Forêt.
32. Houamel, H. (2012). Études altitudinales des cédraies du Djurdjura. *Annales de l'Université de Béjaïa*, vol 8(2), pp 45-67.
33. Hussain, F., Ahmad, B., Ilahi, I., & Hussain, I. (2007). Allelopathic potential of *Senna occidentalis*. *Journal of Agronomy*, vol 6(2), pp 136-143.
34. IFOAM – Organics International. (2020). *The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends*.
35. Kaur, G., Singh, J., & Sharma, V. (2018). Allelopathic potential of essential oils: A review. *International Journal of Chemical Studies*, vol 6(5), pp 244-249.
36. Khanfouci, N. (2005). *Étude de la fructification du Cedrus atlantica* (Thèse de doctorat). Université de Tizi-Ouzou.
37. Kirschner, J., & Štěpánek, J. (2017). Taxonomic revision of the *Taraxacum* sect. *Erythrosperma*. *Preslia*, vol 89(3), pp 185-370.
38. Kirschner, J., Štěpánek, J., Klimeš, L., Dvorský, M., Brůna, J., & Macek, M. (2020). The *Taraxacum* flora of Ladakh. *Phytotaxa*, vol 457(1), pp 1-409.
39. Krouchi, M. (2010). Analyse des structures végétatives du *Cedrus atlantica*. In Actes de la conférence sur les écosystèmes forestiers méditerranéens (pp. 45-60). Marrakech : Éditions Forestiales.
40. M'hirit, O. (2006). *Le Cedrus atlantica : écologie, répartition et usages*. Casablanca : Éditions Marocaines.
41. M'Hirit, O., Samih, A., & Malagnoux, M. (Éds.) (1994). *Le cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti)*. Actes du Séminaire International sur le Cèdre de l'Atlas, Ifrane (Maroc), 7-11 juin 1993. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, numéro spécial 27. CIHEAM / FAO / IUFRO. ISBN 9981-82403-8.

42. Martínez, G. J., García, D. E., & Cialdella, A. M. (2021). Systematic revision of South American *Taraxacum* species. *Annals of Botany*, vol 128(5), pp 587–612.
43. Martins, K. T., (2021). Dispersion des graines et caractéristiques de germination chez *Taraxacum* sect. *Ruderalia*. *American Journal of Botany*, vol 108(5), pp 823–835.
44. Messoudene, A., Yahi, N., & Bouazza, M. (2013). *Distribution géographique des cédraies algériennes*. Alger : Centre National de Recherche Forestière.
45. Miara, M. D., Boutabia, L., Telailia, S., & Véla, E. (2018). Apparition de *Senecio angulatus* (Asteraceae) en Algérie. *Flora Mediterranea*, vol 28, pp 111–118.
46. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (1997). *Plan de développement de l'agriculture biologique 1997-2003*. Alger.
47. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2004). *Plan de relance de l'agriculture biologique*. Alger.
48. Moghaddam, M., Mehdizadeh, L., & Pourbaige, M. (2015). A review on the effects of essential oils on seed germination and seedling growth. *Advances in Environmental Biology*, vol 9(18), pp 83–91.
49. Moreira, R., Pereira, D. M., & Valentão, P. (2021). Pyrrolizidine alkaloids profile of *Senecio angulatus* L.f. in different growth stages. *Plants*, vol 10(3), pp 502.
50. Newton, P. M. (2016). Vegetative propagation in invasive *Senecio* species. *Weed Research*, vol 56(3), pp 215–223.
51. Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2020). *Rapport mondial sur la santé publique*.
52. Pelletier, O. (1992). Carcinogenic effects of pesticides. *Environmental Health Perspectives*, vol 98, pp 45–52.
53. Rahmani, A. (2010). Le rôle des graines dans la régénération des cédraies. *Revue Algérienne de Biologie Forestière*, vol 12(4), pp 27–35.
54. Rhafouri, M., Benzyane, M., & Bensaid, S. (2014). *Inventaire des cédraies du Maroc*. Rabat : Ministère de l'Agriculture et des Forêts.
55. Sarmoum, R. (2016). Répartition actuelle du *Cedrus atlantica* en Afrique du Nord. In *Atlas Forestier du Maghreb* (pp. 32–47). Tunis : Éditions Africaines de la Forêt.
56. Singh, H., Verma, M., & Dhakad, A. K. (2021). Phytotoxic effects of essential oils on seed germination: Opportunities and challenges. *Plant Physiology Reports*, vol 26, pp 431–441.
57. Slimani, F., Ahmed, K., & Lounis, D. (2022). *Cycle phénologique de Cedrus atlantica dans les régions méditerranéennes*. Alger : Université de Bab Ezzouar.

58. Stegelmeier, B. L., Brown, A. W., & Welch, K. D. (2019). Toxicité comparative des alcaloïdes pyrrolizidiniques dérivés de *Senecio*. *Toxicon*, vol 158, pp 63–72.
59. Štěpánek, J., & Kirschner, J. (2015). A new taxonomic concept of *Taraxacum* sect. *Erythrosperma*. *Phytotaxa*, vol 239(1), pp 1–32.
60. The Angiosperm Phylogeny Group. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants (APG IV). *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol 181(1), pp 1–20. [Oxford Academic+2FCEfyN, UNC+2](#)
61. Toth, P. (2005). *Les conifères méditerranéens et leur rôle écologique*. Rome : Institut Européen de Botanique.
62. Vela, E., Medagli, N. G. Passalacqua. (2018). Nouvelles espèces invasives en Afrique du Nord. *Revue d'Écologie Méditerranéenne*, vol 44, pp 112–125.
63. Vokou, D., Douvli, P., Blionis, G. J., & Halley, J. M. (2003). Effects of monoterpenoids, phenols and essential oils on seed germination and seedling growth. *Journal of Chemical Ecology*, vol 29(10), pp 2281–2301.
64. Yahi, N., Bentouati, A., & Messoudene, A. (2008). Les forêts de cèdres en Algérie. In *Actes de la Conférence Internationale sur les Forêts Méditerranéennes* (pp. 78–90). Marseille : Éditions Sud Forêts.
65. Zunino, M. P., Zygadlo, J. A., & Bocco, J. L. (2019). Dose–response relationships of plant essential oils and monoterpenes on seed germination and seedling growth: A meta-analysis. *Industrial Crops and Products*, vol 139, pp 111537.

Annexes

Annexes

	JOUR 1	JOUR2	JOUR3	JOUR4	JOUR6	JOUR1 0	JOUR1 1	JOUR1 5
TEMOI N	0%	0%	60%	85%	85%	95%	95%	95%
DOSE1	0%	0%	50%	70%	75%	80%	85%	85%
DOSE2	0%	0%	55%	75%	85%	95%	95%	95%
DOSE3	0%	0%	55%	80%	85%	90%	90%	90%

Évolution du taux de germination (%) des graines de tomates en fonction des traitements par les bioproduits à base d'huile essentielle de *Cedrus atlantica* sur 15 jours

	Jour1	Jour3	Jour5	Jour6	Jour8	Jour12	Jour13	Jour14	Jour15
Témoi n	0%	35%	55%	70%	80%	90%	95%	95%	95%
Dose1	0%	30%	65%	80%	80%	85%	85%	85%	85%
Dose2	0%	25%	70%	85%	95%	95%	95%	95%	95%
Dose3	0%	20%	50%	55%	80%	80%	80%	80%	80%

Évolution du taux de germination (%) des graines de tomates en fonction des traitements par les bioproduits à base d'huile essentielle de *Senecio angulatus* sur 15 jours

Caractéristiques morphologiques	
Type de plante	Croissance indéterminée, port vigoureux
Hauteur	1,5 à 2 mètres
Feuillage	Dense, vert foncé
Fruit	Rond, légèrement aplati
Taille du fruit	150 à 250 g
Couleur	Rouge vif à maturité
Chair	Ferme, juteuse
Graines	Peu nombreuses
Caractéristiques culturales	
Période de semis	Février à avril (sous abri)
Période de plantation	Avril à mai (après les dernières gelées)
Récolte	Juillet à septembre
Sol	Fertile, bien drainé, riche en matière organique
Exposition	Plein soleil
Arrosage	Régulier sans mouiller le feuillage
Tuteurage	Indispensable
Sensibilité	Au mildiou en climat humide
Caractéristiques qualitatives	
Goût	Doux, équilibré, très savoureux
Utilisation	Salades, sauces, conserves
Conservation	Moyenne, meilleure fraîche ou transformée
Valeur nutritionnelle	Riche en vitamines A, C et en antioxydants

Annexes

Peau	Fine, agréable en bouche
------	--------------------------



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb Blida1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES ET AGRO-ECOLOGIE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master 2 en science de la
nature et de la vie

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

Thème

**Evaluation de l'activité biologique d'une huile
essentielle des plantes aromatiques**

Présenté par :

- Mechkour Moncef
- Trad Rayane
- Mezenner Sohaib

Devant le jury composé de :

Mme. Baba Aissa k.
Mme. Chaichi w.
Mr. Moussaoui k.

MMA
MCA
MMA

U. BLIDA1
U. BLIDA1
U. BLIDA1

Présidente
Examinatrice
Promoteur

Année Universitaire : 2024/2025