الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINSTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
UNIVERSITÉ 20 AOUT 1955- SKIKDA

**Faculté des sciences**

**Filière science d'agronomie**




**كلية العلوم**

**شعبة العلوم الفلاحية**

**قسم الفلاحة**

# MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques**

**SPÉCIALITE : Amélioration des plantes**

# THÈME

## Production des bioherbicides à base des coumarines

**Présenté par :**

- **Nada Fahem**
- **Boucetti Nessrine**

***Nombre de jury :***

| | |
|---|---|
| ***Mr. Mouhamed Boulchfer*** | ***Président*** |
| ***M. Abdelhakim Hannachi*** | ***Encadreur*** |
| ***Mlle. Siham Bala*** | ***Examinatrice*** |

**Année universitaire 2025/2026**

**الملخص**

)الأوراق، Eucalyptus spp. تتناول هذه الدراسة تقييم النشاط الأليلوباثي للمستخلصات المائية لمختلف أجزاء نبات تم تحضير (Fragaria vesca. الأفرع، الجذور والخليط (على الأعشاب الضارة المصاحبة لمحصول الفراولة المستخلصات عن طريق النقع في الماء المقطر، ثم تطبيقها على نباتات مزروعة في أصص تحت ظروف متحكم فيها.

تُظهر النتائج المتحصل عليها أن جميع المستخلصات المختبرة تُحدث تأثيراً مُثبطاً على نمو الأعشاب الضارة مقارنة بالشاهد .وقد أظهر مستخلص الجذور أفضل فعالية، يليه مستخلص الأوراق، ثم الخليط، وأخيراً مستخلص الأفرع .كما أبرزت التحاليل التي أُجريت على المستخلصات وجود مركبات قد تساهم في نشاطها الأليلوباثي.

ومع ذلك، تبقى هذه النتائج أولية وتمثل المرحلة الأولى من هذه الدراسة .ويتم حالياً إجراء تحاليل إضافية انطلاقاً من مستخلصات تم الحصول عليها بواسطة التقطير، وذلك لمقارنة فعالية طرق الاستخلاص المختلفة، وتحديد المركبات الأليلوباثية المسؤولة عن التأثير الملاحظ، وتأكيد النتائج المتحصل عليها .وستسمح النتائج النهائية بتقييم أشمل للإمكانات الأليلوباثية لنبات Eucalyptus spp.

**الكلمات المفتاحية:** المبيد الحيوي للأعشاب الأليلوباثية،المستخلصات المائية،الأعشاب الضارة،الأوكالبتوس، Eucalyptus spp.

## Résume

Cette étude porte sur l'évaluation de l'activité alléopathique des extraits aqueux des différentes parties d'Eucalyptus spp. (feuilles, rameaux, racines et mélange) sur les mauvaises herbes associées à la culture du fraisier (Fragaria vesca). Les extraits ont été préparés par macération dans l'eau distillée, puis appliqués sur des plants cultivés en pots dans des conditions contrôlées. Les résultats obtenus montrent que tous les extraits testés exercent un effet inhibiteur sur le développement des mauvaises herbes par rapport au témoin. L'extrait des racines a présenté la meilleure efficacité, suivi de l'extrait des feuilles, du mélange et enfin de l'extrait des rameaux. Les analyses réalisées sur les extraits ont également mis en évidence la présence de composés susceptibles de contribuer à leur activité alléopathique.

Ces résultats demeurent toutefois préliminaires et constituent une première étape de cette étude. Des investigations complémentaires sont en cours à partir d'extraits obtenus par distillation afin de comparer l'efficacité des différentes méthodes d'extraction, d'identifier les composés allélopathiques responsables de l'effet observé et de confirmer les résultats obtenus. Les résultats définitifs permettront d'apporter une évaluation plus complète du potentiel alléopathique d'Eucalyptus spp..

**Mots-clés :** Bioherbicide ; Allélopathie ; Eucalyptus spp ; Extraits aqueux ; Mauvaises herbes

## Abstract

This study focuses on evaluating the allelopathic activity of aqueous extracts from different parts of Eucalyptus spp. (leaves, branches, roots, and mixture) on weeds associated with strawberry cultivation (Fragaria vesca). The extracts were prepared by maceration in distilled water and then applied to plants grown in pots under controlled conditions. The obtained results show that all tested extracts exert an inhibitory effect on weed growth compared to the control. The root extract showed the highest efficiency, followed by the leaf extract, the mixture, and finally the branch extract. Analyses performed on the extracts also revealed the presence of compounds that may contribute to their allelopathic activity.

However, these results remain preliminary and represent the first stage of this study. Further investigations are currently being conducted using extracts obtained by distillation in order to compare the effectiveness of different extraction methods, identify the allelopathic compounds responsible for the observed effect, and confirm the obtained results. The final results will provide a more comprehensive evaluation of the allelopathic potential of Eucalyptus spp.

**Keywords :** Bioherbicide ; Allelopathy ; Eucalyptus spp ; Aqueous extracts ; Weeds

# Dédicaces

Je remercie en premier **Dieu,** le Tout-Puissant, de m'avoir accordé la force et le courage de mener à terme ce travail. Je présente fièrement et joyeusement cet humble travail.

Je dédie ce travail à :

Mes très, très, très chers parents.

**Ma mère**, qui a toujours su me montrer le droit chemin et m'encourager sans jamais perdre espoir un seul instant.

**Mon père**, qui m'a tout donné et m'a toujours soutenue moralement et matériellement, et qui m'a aidée à poursuivre mes études dans les meilleures conditions.

**À mes frères Hassen, Louay et Bassem**, ainsi qu'à **mes sœurs Ferial, Hadjer et Khouloud.**

**À ma chère Nesrine,** ma compagne dans la réalisation de ce mémoire. Merci pour les efforts partagés, la coopération et les beaux moments tout au long de ce parcours. Je te souhaite une vie remplie de réussite, de bonheur et de succès.

À mes amies les plus chères **:Lina, Ghalia, Soundous et Ikram Boufrouk.**

**NADA**

# Dédicaces

Je remercie en premier Dieu, le Tout-Puissant, de m'avoir accordé la force et le courage de mener à terme ce travail. Je présente fièrement et joyeusement cet humble travail.

Je dédie ce travail à :

Mes très, très, très chers parents.

**Ma mère,** qui a toujours su me montrer le droit chemin et m'encourager sans jamais perdre espoir un seul instant.

**Mon père,** qui m'a tout donné et m'a toujours soutenue moralement et matériellement, et qui m'a aidée à poursuivre mes études dans les meilleures conditions.

À mes frères **Chams Eddine, Bassem et Seif Eddine,** ainsi qu'à mes sœurs **Nancy, Lamis et Ines.**

**À ma chère Nada,** ma compagne dans la réalisation de ce mémoire. Je la remercie sincèrement pour sa collaboration, son sérieux, son soutien et les efforts qu'elle a fournis tout au long de la réalisation de ce mémoire. Je lui souhaite beaucoup de réussite, de bonheur et de succès dans son parcours professionnel et personnel.

**À mes très chères amies : Lina, Ghalia, Ikram Boufrouk, Ikram Guettaf, Ines, Soundous et Hanan**

**NESSRINE**

# Remerciements

Nous remercions avant tout Allah, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la force, la patience et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadreur, **Dr. EL HENNACHI Abdelhakim**, pour ses précieux conseils, son accompagnement, sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses orientations et ses encouragements ont constitué une aide précieuse dans l'aboutissement de ce travail.

Nous exprimons également notre profonde gratitude aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail, à savoir **M. BOUCHEFAR Mohamed** président du jury et **Dr. BALA Seham** examinatrice. Nous les remercions pour le temps consacré à la lecture de ce mémoire, ainsi que pour leurs remarques et suggestions qui contribueront à l'amélioration de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble de nos enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire en nous transmettant leurs connaissances et leur savoir tout au long de notre parcours académique.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à notre soutien et à notre encouragement durant notre cursus universitaire.

# Liste des figures & tableaux

## ✧ Figures

Figure 1:Schéma illustrant les mécanismes d'action des bioherbicides ..... 7
Figure2:Formation de la coumarine par lactonisation de l'acide orthohydroxycinnamique ..... 10
Figure 3:structure générale des coumarines simple ..... 11
Figure 4:Structure générale de quelques coumarines complexes ..... 12
Figure 5:Voie de biosynthèse des coumarines. ..... 16
Figure 6:Serre expérimentale du Département d'Agronomie. ..... 20
Figure 7:Vue du laboratoire du Département d'Agronomie. ..... 20
Figure8: Fraisier (Fragaria vesca) utilisé comme plante cultivée dans l'expérimentation ..... 21
Figure 9: Feuilles d'Eucalyptus sp. Utilisées pour la préparation de l'extrait végétal. 22
Figure 10: Rameaux de Eucalyptus sp. Utilisés pour la préparation de l'extrait végétal. ..... 22
Figure 11: Racines de Eucalyptus sp. Utilisées pour la préparation ..... 23
Figure 12: Préparation du sol avant les analyses et l'expérimentation ..... 24
Figure 13: Pulvérisateur utilisé pour l'application des extraits végétaux ..... 26
Figure 14: Préparation du sol destiné à l'expérimentation (nettoyage, séchage et tamisage). ..... 27
Figure 15: Transplantation des plants de fraisier dans les pots de culture. ..... 27
Figure 16: Apparition naturelle mauvaises herbes dans les expérimentaux avant l'application des traitements ..... 28
Figure 17 : Application des extraits aqueux sur les pots expérimentaux ..... 28
Figure 18: Parties végétales d'Eucalyptus spp. Utilisées pour la préparation des extraits (feuilles, rameaux et racines). ..... 29
Figure 19: Macération des feuilles d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24

heures. ..... 30
Figure 20 : Macération des rameaux d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24 heures. ..... 30
Figure 21: Macération des racines d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24 heures. ..... 31
Figure 22: Macération du mélange des feuilles, des rameaux et des racines d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24 heures. ..... 31
Figure 23: Filtration des extraits aqueux après la macération. ..... 32
Figure 24: Extraits aqueux d'Eucalyptus spp. destinés aux traitements expérimentaux. ..... 32
Figure25: Mesure des paramètres physico-chimiques des extraits aqueux au laboratoire. ..... 34
Figure 26: évolution du nombre total d adventices (toutes espèces confondues ) dans chaque traitement ..... 39
Figure 27:Comparation de léfficacété des taitements sur les mauvaises herbes ..... 40
Figure 28: Dispositif expérimental et comparaison des traitements. ..... 41

## ✧ Tableaux

Tableau 1 : Quelque exemple de génines ..... 12
Tableau 2 : Quelques exemples d'hétérosides ..... 12
Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques initiales du sol ..... 24
Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques des extraits aqueux avant leur utilisation dans les traitements expérimentaux ..... 33
Tableau 5 : conductivité électrique ..... 33
Tableau 6 : Évolution des mauvais herbes du 28/04 au 04/05 ..... 36
Tableau 7 : Évolution des mauvais herbre du 07/05 au 10/05 ..... 37
Tableau 8 : Évolution des mauvais herbres du 13/05 au 16/05 ..... 37
Tableau 9 : Évolution des mauvais herbre du 19/05 au 28/05 ..... 38

# Liste des abréviations

- **CE: C**onductivité **é**lectrique
- **TDS: T**otal **D**issolved **S**olids (Solides dissous totaux)
- **pH: P**otentiel **h**ydrogène
- **MO: M**atière **o**rganique
- **PAL: P**hénylalanine **A**mmonia-**L**yase
- **TAL**: **T**yrosine **A**mmonia-**L**yase
- **C4H**: **C**innamate-**4-H**ydroxylase
- **4CL: 4-C**oumarate-CoA **L**igase
- **F6'H: F**eruloyl-CoA **6′-H**ydroxylase
- **UV**: **U**ltraviolets
- **FAO**: **F**ood and **A**griculture **O**rganization
- **OECD**: **O**rganisation for **E**conomic **C**o-operation and **D**evelopment
- **Spp** : **S**pecies **p**luralis (plusieurs espèces d'un même genre)
- **Sp: S**pecies (espèce non précisée)
- **mg/L**: **M**illigramme par **l**itre
- **M²**: **M**ètre carré

# Sommaire


**الملخص** ..... 2

**Résume** ..... 2

**Abstract** ..... 2

**Dédicaces** ..... 3

**Dédicaces** ..... 4

**Remerciements** ..... 5

**Liste des figures & tableaux** ..... 6

**Liste des abréviations** ..... 8

**Sommaire** ..... 9

**Introduction générale** ..... 1

**Partie I : théorique** ..... 3

**Chapitre 1 : généralité sur les bioherbicides** ..... 3

**1. Définition** ..... 4

**2. Origine des bioherbicides** ..... 4

**3. Types des bioherbicides** ..... 5

**4. Principe d'action des bioherbicides** ..... 6

**5. Avantages des bioherbicides** ..... 7

**6. Limites des bioherbicides** ..... 8

**Partie II : Théorique** ..... 9

**Chapitre 02 : Les coumarines** ..... 9

**1. Définition** ..... 10

**2. Répartition botanique et localisation** ..... 10

**3. Structure chimique et Classification des Coumarines ..... 11**

**3.1 Coumarine simple ..... 11**

**4. Les propriétés ..... 12**

**4.1 Physico-chimiques ..... 12**

**4.2 Pharmacologiques des coumarines ..... 14**

**5. Biosynthèse des coumarines ..... 14**

**6. Intérêt biologique des coumarines : ..... 16**

**7. Toxicité des coumarines : ..... 17**

**Partie II : Partie pratique ..... 18**

**Chapitre 1 : matériel et méthode ..... 18**

**1. Objectif de l'essai ..... 19**

**2. Présentation du lieu de l'étude ..... 19**

**Matériel végétal : ..... 20**

**1.2 Matériel de culture : ..... 23**

**1.3 Matériel de laboratoire (explication) ..... 25**

**1.4.Méthode expérimentale ..... 26**

**1.5. Préparation des extraits : ..... 28**

**1.6.Caractérisation physico-chimique des extraits aqueux : ..... 33**

**1.7.Évaluation des traitements : ..... 34**

**Partie II : Partie pratique ..... 35**

**Chapitre 02 : Résultats et discussion ..... 35**

**1. Présentation des Résultats préliminaire : ..... 36**

**2. Interprétation des résultats préliminaires : ..... 40**

**3. Pourquoi l'extrait des racines était-il le plus efficace ? ..... 41**

**4. Comparaison avec les études antérieures : ..... 42**

**5. Espectives de l'étude : ..... 43**

**6. Discussion : .....43**

**Conclusion générale .....45**

**Bibliographique ..... 46**

# Introduction générale

L'agriculture en Algérie est confrontée à un problème majeur lié à la présence des mauvaises herbes, qui entrent en concurrence directe avec les cultures pour l'eau, les nutriments, la lumière et l'espace (Hasan et al., 2021). Cette concurrence peut provoquer une diminution importante du rendement agricole, compliquer les travaux de culture et augmenter les coûts de production pour les agriculteurs (Bailey, 2014). Les mauvaises herbes représentent donc une contrainte sérieuse pour la productivité et la qualité des récoltes (Hasan et al., 2021).

Face à cette situation, beaucoup d'agriculteurs ont eu recours aux herbicides chimiques, en raison de leur efficacité rapide et de leur facilité d'utilisation (Duke et al., 1999). Cependant, l'utilisation répétée de ces produits a entraîné plusieurs problèmes, notamment l'apparition de résistances chez certaines espèces de mauvaises herbes (Hoagland et al., 2007).

Ainsi que des effets négatifs sur l'environnement, la fertilité du sol, la biodiversité et parfois même la santé humaine (Hasan et al., 2021). Cela montre clairement la nécessité de rechercher des alternatives plus sûres et plus durables (Bailey, 2014).

Dans ce contexte, les herbicides naturels apparaissent comme une solution prometteuse dans le cadre de l'agriculture durable (Hasan et al., 2021). Ils sont généralement issus de substances naturelles capables d'inhiber la germination ou la croissance des plantes indésirables, tout en réduisant les impacts négatifs liés aux produits chimiques de synthèse (Duke et al., 1999).

Parmi ces substances naturelles, les coumarines occupent une place importante (Bruneton, 2009). Ce sont des composés d'origine végétale qui possèdent plusieurs activités biologiques, notamment un effet phytotoxique sur les mauvaises herbes (Yang et al., 2015). Ce qui les rend intéressantes pour le développement de bioherbicides (Hasan et al., 2021).

✧ **Objectif général :**

L'objectif de cette étude est d'étudier la production de bioherbicides à base de coumarines, issus d'eucalyptus, afin d'évaluer leur potentiel comme alternative naturelle aux herbicides chimiques dans une perspective d'agriculture durable.

✧ **Objectifs spécifiques :**

- ✓ Mettre en évidence l'intérêt des substances naturelles, en particulier les coumarines, dans la lutte contre les mauvaises herbes.
- ✓ Étudiere eucalyptus comme source végétale potentielle de composés bioactifs.
- ✓ Évaluer la possibilité d'utiliser ces extraits naturels pour développer un produit herbicide plus respectueux de l'environnement.
- ✓ Proposer une approche qui réduit la dépendance aux produits chimiques de synthèse et qui s'inscrit dans le cadre de la agriculture durable.

Pour ce fait , notre travail a été structuré comme suite :

❖ **Partie I :** Étude bibliographique, divisée en deux chapitres : le chapitre I consacré aux **généralités sur les bioherbicides** (définition, origine, types, mécanismes d'action, avantages et limites) et le chapitre II portant sur **les coumarines** (définition, classification, propriétés, biosynthèse, intérêt biologique et toxicité).

❖ **Partie II :** Étude expérimentale, divisée en deux chapitres : le chapitre I présente **le matériel et les méthodes utilisés** (matériel végétal, préparation des extraits, dispositif expérimental et méthodes d'analyse), tandis que le chapitre II expose **les résultats obtenus.**

# Partie I : théorique

## Chapitre 1 : généralité sur les bioherbicides

# 1. Définition

Le concept de bioherbicide a évolué au fil du temps (Bailey, 2014). Par la suite, cette définition a été élargie (Bailey, 2014). Selon Bailey (2014), les bioherbicides sont des produits d'origine naturelle possédant une activité herbicide (Bailey, 2014). Ils peuvent être constitués de micro-organismes vivants (Bailey, 2014). Ils peuvent également être constitués de dérivés d'organismes vivants, notamment les métabolites naturels produits au cours de leur croissance et de leur développement (Bailey, 2014).

# 2. Origine des bioherbicides

Les bioherbicides sont des agents de lutte contre les adventices d'origine biologique (Bailey, 2014). Contrairement aux herbicides chimiques, ils sont obtenus à partir de ressources naturelles et représentent une alternative plus respectueuse de l'environnement (Hasan et al., 2021). Leur développement s'inscrit dans le cadre de l'agriculture durable afin de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse et leurs impacts sur les écosystèmes (Hasan et al., 2021).

Les bioherbicides proviennent principalement de deux grandes sources biologiques (Bailey, 2014). La première est constituée des microorganismes phytopathogènes, notamment les champignons et certaines bactéries, capables d'infecter spécifiquement les adventices et de limiter leur croissance ou de provoquer leur destruction (Ghorbani et al., 2005 ; Andanson, 2010). Ces microorganismes produisent des enzymes et des métabolites phytotoxiques qui perturbent les fonctions physiologiques des plantes ciblées (Hoagland et al., 2007).

La seconde source correspond aux plantes elles-mêmes (Duke et al., 1999). De nombreuses espèces végétales synthétisent des métabolites secondaires, tels que les composés phénoliques, les terpènes, les alcaloïdes ou les huiles essentielles, possédant une activité herbicide naturelle (Bruneton, 2009). Ces substances sont généralement impliquées dans le phénomène d'allélopathie et permettent d'inhiber la germination, la croissance ou le développement des adventices voisines (De Albuquerque et al., 2011).

Ainsi, l'origine naturelle des bioherbicides leur confère un intérêt croissant dans les programmes de gestion intégrée des mauvaises herbes, en raison de leur biodégradabilité et de leur faible impact environnemental comparativement aux herbicides conventionnels (Hasan et al., 2021 ; Hoagland et al., 2007).

# 3. Types des bioherbicides

Selon leur origine et leur mode d'action, les bioherbicides sont généralement classés en deux catégories principales (Bailey, 2014).

Les bioherbicides microbiens sont formulés à partir de microorganismes vivants, principalement des champignons phytopathogènes, mais également de certaines bactéries (Bailey, 2014 ; Ghorbani et al., 2005).

Après leur application, ces microorganismes colonisent la plante cible, produisent des enzymes et des toxines spécifiques, puis provoquent des altérations physiologiques pouvant conduire à la mort de l'adventice (Andanson, 2010 ; Hoagland et al., 2007).

Les bioherbicides microbiens représentent aujourd'hui la catégorie la plus développée et la plus commercialisée à l'échelle mondiale (Hasan et al., 2021). Les bioherbicides d'origine végétale sont élaborés à partir d'extraits de plantes, d'huiles essentielles ou de métabolites secondaires présentant des propriétés phytotoxiques (Duke et al., 1999 ; Bruneton, 2009).

Ces composés agissent principalement en inhibant la germination des graines, la division cellulaire, la photosynthèse ou d'autres processus physiologiques indispensables au développement des adventices (De Albuquerque et al., 2011 ; Duke et al., 1999). Leur activité repose essentiellement sur les phénomènes d'allélopathie (De Albuquerque et al., 2011).

Chaque catégorie présente des avantages et des limites (Hasan et al., 2021). Les bioherbicides microbiens offrent généralement une grande spécificité vis-à-vis des adventices ciblées, tandis que les bioherbicides d'origine végétale possèdent souvent un spectre d'action plus large (Bailey, 2014 ; Hasan et al., 2021).

Le choix du type de bioherbicide dépend donc de l'espèce adventice visée, des

conditions environnementales et des objectifs du programme de lutte (Hoagland et al., 2007 ; Hasan et al., 2021).

# 4. Principe d'action des bioherbicides

Les bioherbicides agissent selon deux principaux mécanismes : l'interaction entre un agent pathogène et la plante hôte, ainsi que le phénomène d'allélopathie (Bonin et al., 2014).

Dans le premier cas, le microorganisme utilisé comme agent de biocontrôle doit être capable d'infecter l'adventice cible en contournant ses mécanismes de défense. Cette infection repose sur une compatibilité entre l'agent pathogène et la plante hôte (Andanson, 2010).

L'efficacité de cette interaction dépend principalement des facteurs de virulence produits par le microorganisme. Ces facteurs comprennent des enzymes hydrolytiques, telles que les pectinases, les cellulases, les ligninases, les protéases et les phospholipases, qui dégradent les parois cellulaires et les membranes végétales, facilitant ainsi la pénétration et la propagation de l'agent de biocontrôle dans les tissus végétaux (Ghorbani et al., 2005).

En outre, certains microorganismes produisent des phytotoxines capables de perturber le métabolisme de la plante en ciblant des enzymes ou des récepteurs spécifiques, entraînant une inhibition de la croissance, puis la mort des adventices. La spécificité de ces toxines contribue largement à la sélectivité des bioherbicides (Hoagland et al., 2007).

Le second mécanisme repose sur l'allélopathie, définie comme l'effet inhibiteur exercé par des composés issus du métabolisme secondaire des plantes ou des microorganismes sur la croissance et le développement d'autres espèces végétales (De Albuquerque et al., 2011). Ces substances allélopathiques perturbent plusieurs processus physiologiques essentiels chez les adventices. La juglone, produite naturellement par le noyer, constitue l'un des exemples les plus connus de cette activité allélopathique.

Grâce à la diversité des composés d'origine microbienne et végétale, les

bioherbicides peuvent agir sur de nombreuses cibles moléculaires, ce qui leur confère un potentiel important dans la lutte contre les adventices (Duke et al., 1999).

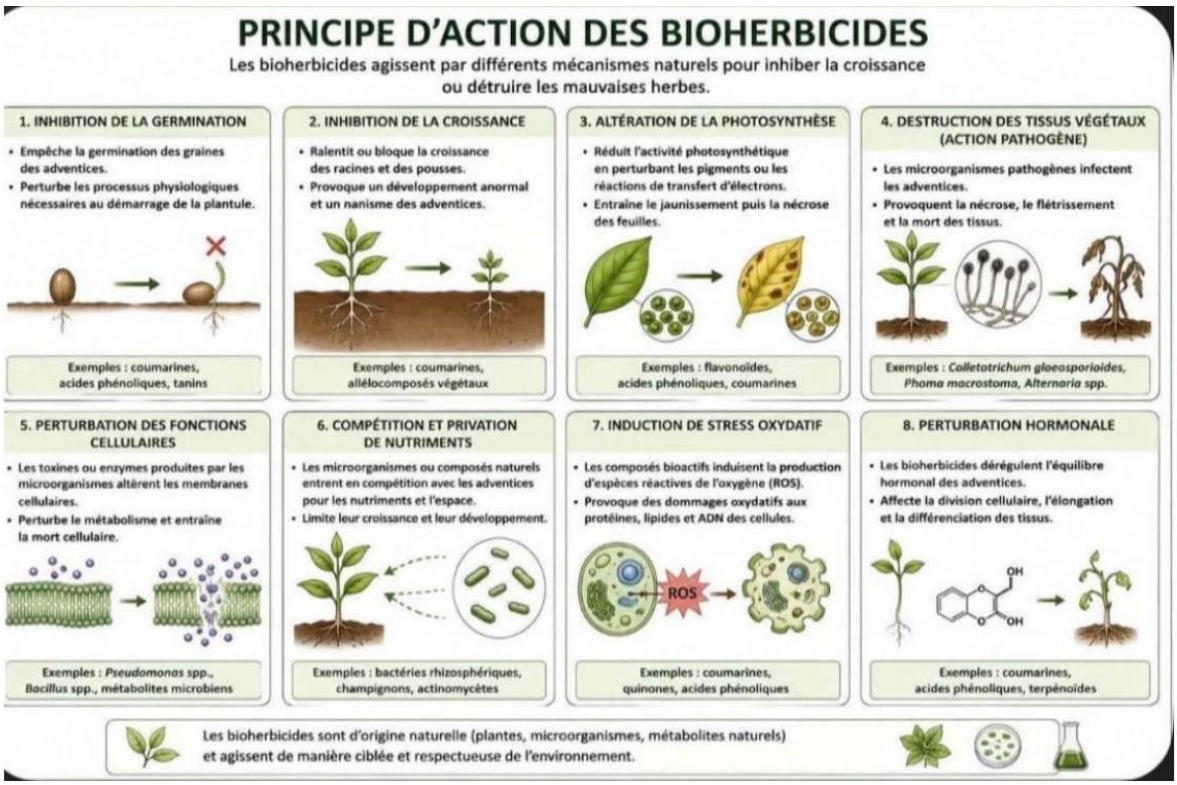



**Figure 1: Schéma illustrant les mécanismes d'action des bioherbicides**

## 5. Avantages des bioherbicides

Les bioherbicides constituent une alternative écologique aux herbicides chimiques grâce à leur origine naturelle et à leur faible impact sur l'environnement (Hasan et al., 2021). Ils sont généralement biodégradables et laissent peu de résidus toxiques dans les sols et les ressources en eau, ce qui contribue à préserver les écosystèmes et les organismes non ciblés (Hasan et al., 2021 ; Hoagland et al., 2007). L'un de leurs principaux avantages réside dans leur grande spécificité (Bailey, 2014).

En effet, de nombreux bioherbicides agissent de manière sélective sur certaines espèces d'adventices tout en limitant les dommages causés aux cultures et à la flore utile (Ghorbani et al., 2005 ; Hoagland et al., 2007). Cette sélectivité favorise le maintien de l'équilibre biologique au sein des agroécosystèmes (Hasan et al., 2021).

Par ailleurs, les bioherbicides présentent des mécanismes d'action différents de ceux des herbicides de synthèse, ce qui en fait des outils intéressants pour la gestion

des adventices résistantes (Duke et al., 1999 ; Hoagland et al., 2007). Ils peuvent également être intégrés dans les programmes de lutte intégrée afin de réduire la dépendance aux produits phytosanitaires chimiques et de promouvoir une agriculture plus durable (Bailey, 2014 ; Hasan et al., 2021).

# 6. Limites des bioherbicides

Malgré leurs nombreux avantages, les bioherbicides présentent certaines contraintes qui limitent encore leur utilisation à grande échelle (Hoagland et al., 2007 ; Hasan et al., 2021). Leur efficacité dépend fortement des conditions environnementales, notamment de la température, de l'humidité, des précipitations ainsi que du stade de développement des adventices, ce qui peut entraîner une efficacité variable selon les conditions de culture (Hoagland et al., 2007).

Comparativement aux herbicides chimiques, leur action est souvent plus lente et nécessite parfois plusieurs applications pour obtenir un niveau de contrôle satisfaisant (Bailey, 2014 ; Hasan et al., 2021). De plus, certains bioherbicides possèdent une stabilité limitée, ce qui complique leur conservation, leur transport et leur stockage (Hoagland et al., 2007).

Le développement et la commercialisation de ces produits demeurent également confrontés à plusieurs défis, notamment les coûts de production, les contraintes liées à leur formulation et les procédures d'homologation (Hasan et al., 2021 ; Hoagland et al., 2007).

Enfin, le nombre de bioherbicides disponibles sur le marché reste encore limité, ce qui souligne la nécessité de poursuivre les recherches afin d'améliorer leur efficacité, leur stabilité et leurs conditions d'utilisation (Hasan et al., 2021).

# Partie II : Théorique

## Chapitre 02 : Les coumarines

# 1. Définition

Les coumarines sont une grande famille de composés hétérocycliques naturels, et parfois synthétiques, caractérisés par un noyau benzopyrone (Bruneton, 2009 ; Sahraoui).

Elles dérivent de la lactonisation de l'acide ortho-hydroxy-cis-cinnamique (Flaktakidou et al., 2004 ; Khan et al., 2005). Elles doivent leur nom à la fève tonka, appelée aussi coumarou, d'où la coumarine a été isolée pour la première fois en 1820 (Bruneton, 2009 ; Tebakh et Imerzoukene, 2012).

Ces composés sont largement répandus dans le règne végétal et possèdent diverses activités biologiques, ce qui explique leur intérêt dans plusieurs domaines, notamment la biochimie, la pharmacie et l'agriculture (Bruneton, 2009 ; Chen et al., 2003).




**Figure 2: Formation de la coumarine par lactonisation de l'acide orthohydroxycinnamique**

# 2. Répartition botanique et localisation

Les coumarines sont principalement retrouvées chez les plantes dicotylédones, où elles sont particulièrement abondantes dans plusieurs familles botaniques importantes, notamment les Rutaceae, Fabaceae, Apiaceae, Oleaceae, Loganiaceae, Solanaceae, Asteraceae et Hippocastanaceae (Bruneton, 2009 ; Sahraoui).

Cette distribution n'est pas due au hasard, car la présence des coumarines est souvent liée au métabolisme secondaire de ces plantes et à leurs mécanismes de défense naturelle (Bruneton, 2009).

Elles peuvent varier en quantité selon l'espèce, l'organe végétal, le stade de développement de la plante et même les conditions environnementales (Riedelsheimer

et al., 2012 ; Bruneton, 2009).

Dans certaines espèces, leur teneur peut être influencée par des facteurs de stress, ce qui montre que ces composés jouent un rôle physiologique important dans la plante (Cheevarungnapakul et al., 2019 ; Jiang et al., 2014).

# 3. Structure chimique et Classification des Coumarines

Les coumarines possèdent une ou plusieurs fonctions phénoliques (Bruneton, 2009 ; Flaktakidou et al., 2004).

Les groupements hydroxyles de ces coumarines peuvent être libres, éthérifiés ou engagés dans une liaison hétérosidique (Bruneton, 2009 ; Sahraoui).

On distingue deux classes de coumarines : les coumarines simples et les coumarines complexes (Bruneton, 2009 ; Tebakh et Imerzoukene, 2012).

## 3.1 Coumarine simple

Les coumarines simples constituent les coumarines les plus répandues dans le règne végétal (Bruneton, 2009 ; Flaktakidou et al., 2004).

Elles se divisent en deux grandes catégories : les génines et les hétérosides (Sahraoui ; Tebakh et Imerzoukene, 2012).

Les tableaux 1 et 2 présentent quelques exemples de leurs structures.

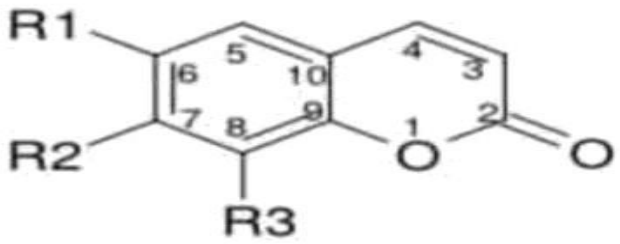



**Figure 3: structure générale des coumarines simple**

| Coumarines | R1 | R2 | R3 |
|---|---|---|---|
| **Ombelliférone** | H | OH | H |
| **Esculétol** | OH | OH | H |
| **Scopolétol** | OCH3 | OH | H |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Herniarine** | H | OCH3 | H |
| **Fraxétol** | OCH3 | OH | OH |

**Tableau 1: Quelque exemple de génines**

| Coumarines | R1 | R2 | R3 |
|---|---|---|---|
| **Esculoside (Esculine)** | O-Glu | OH | H |
| **Cichorioside (Cichorine)** | OH | O-Glu | H |
| **Scopoloside (scopoline)** | OCH3 | O-Glu | H |
| **Fraxoside** | OCH3 | O-Glu | OH |

**Tableau 2: Quelques exemples d'hétérosides**

### 3.2 Coumarines complexes

Les coumarines complexes se distinguent par l'association d'un noyau furannique ou pyrannique au noyau benzo-α-pyrone (Bruneton, 2009 ; Flaktakidou et al., 2004).

Selon leur structure chimique, elles sont classées en plusieurs groupes, dont les furanocoumarines, les pyranocoumarines, les dicoumarines et les tricoumarines (Harkati, 2011 ; Bruneton, 2009).

La figure 4 présente la structure de quelques coumarines complexes représentatives.

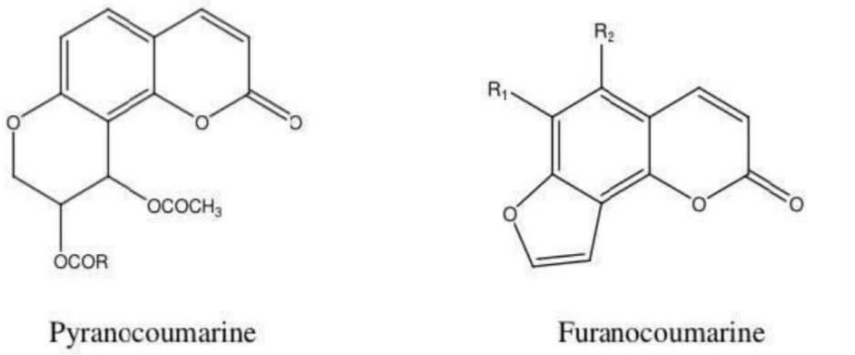



**Figure 4: Structure générale de quelques coumarines complexes**

# 4. Les propriétés

## 4.1 Physico-chimiques

Les coumarines sont des composés organiques qui se présentent généralement

sous forme de solides cristallins de couleur blanche à jaunâtre, caractérisés par une saveur amère et une odeur agréable rappelant celle du foin fraîchement coupé (Bruneton, 2009 ; Sahraoui).

Certaines coumarines possèdent la propriété de se sublimer et peuvent être entraînées par la vapeur d'eau, ce qui facilite leur isolement à partir des matières végétales (Bruneton, 2009).

Sur le plan de la solubilité, les génines (aglycones) sont peu solubles dans l'eau mais se dissolvent facilement dans les alcools ainsi que dans plusieurs solvants organiques, tels que l'éther et les solvants chlorés (Bruneton, 2009 ; Tebakh et Imerzoukene, 2012).

En revanche, les hétérosides de coumarines présentent une meilleure solubilité dans l'eau grâce à la présence de résidus glucidiques, tout en restant solubles dans les alcools (Bruneton, 2009).

Les coumarines hydroxylées se distinguent par leur forte fluorescence bleue sous l'action des rayonnements ultraviolets (UV) (Sahraoui ; Bruneton, 2009).

Cette propriété, associée à leur spectre d'absorption caractéristique en UV, est largement exploitée pour leur détection, leur identification et leur caractérisation analytique (Bruneton, 2009 ; Tebakh et Imerzoukene, 2012).

Les propriétés chimiques des coumarines sont principalement liées à la présence d'une fonction lactone α,β-insaturée (Flaktakidou et al., 2004 ; Bruneton, 2009).

En milieu alcalin, cette fonction subit une ouverture réversible de l'anneau lactonique, conduisant à la formation de dérivés correspondants (Flaktakidou et al., 2004).

Par ailleurs, les coumarines peuvent réagir avec certains ions métalliques, notamment les sels de plomb, pour former des complexes insolubles, une propriété utilisée dans certaines méthodes de caractérisation chimique (Bruneton, 2009 ; Sahraoui).

### 4.2 Pharmacologiques des coumarines

Les coumarines possèdent de nombreuses activités pharmacologiques d'intérêt thérapeutique (Bruneton, 2009 ; Flaktakidou et al., 2004).

Elles augmentent la résistance des veines et des capillaires tout en diminuant leur perméabilité, ce qui les rend utiles dans le traitement du lymphœdème (Schorderet et collaborateurs, 1992 ; Huang et al., 1991).

Parmi les dérivés coumariniques, le dicoumarol est principalement utilisé pour son activité anticoagulante, tandis que l'esculoside présente des propriétés veinotoniques et vasculoprotectrices (Tebakh et Imerzoukene, 2012 ; Schorderet et collaborateurs, 1992).

Les furanocoumarines, notamment le bergaptène et la xanthotoxine, sont utilisées en PUVA-thérapie pour le traitement du psoriasis, du vitiligo et d'autres affections dermatologiques (Bruneton, 2009 ; Flaktakidou et al., 2004).

Les pyranocoumarines, représentées principalement par la visnadine, possèdent une activité vasodilatatrice coronarienne et peuvent contribuer à l'amélioration de la circulation sanguine (Huang et al., 1991 ; Chen et al., 2000).

## 5. Biosynthèse des coumarines

Les coumarines sont des métabolites secondaires naturellement synthétisés chez les plantes par la voie des phénylpropanoïdes (Bruneton, 2009 ; Yang et al., 2015).

Cette voie métabolique débute à partir des acides aminés aromatiques, principalement la phénylalanine et, dans certains cas, la tyrosine (Yang et al., 2015 ; Kresge et al., 2005).

La première étape de la biosynthèse est catalysée par les enzymes phénylalanine ammonia-lyase (PAL) ou tyrosine ammonia-lyase (TAL), qui transforment respectivement la phénylalanine et la tyrosine en acide cinnamique ou en acide p-coumarique (Yang et al., 2015 ; Mahesh et al., 2007).

L'acide cinnamique est ensuite hydroxylé par la cinnamate-4-hydroxylase (C4H) pour former l'acide p-coumarique, un intermédiaire essentiel dans la biosynthèse des composés phénoliques (Mahesh et al., 2007 ; Cheevarungnapakul et al., 2019).

Par la suite, l'acide p-coumarique est activé sous forme de p-coumaroyl-CoA grâce à l'action de la 4-coumarate-CoA ligase (4CL) (Comino et al., 2009 ; Cheevarungnapakul et al., 2019).

Ce composé subit plusieurs transformations enzymatiques, notamment des réactions d'hydroxylation, de méthylation et de lactonisation, catalysées par différentes enzymes telles que la feruloyl-CoA 6′-hydroxylase (F6'H). Ces réactions conduisent progressivement à la formation du noyau coumarinique (Mahesh et al., 2007 ; Yang et al., 2015).

Selon les modifications enzymatiques ultérieures, plusieurs dérivés des coumarines peuvent être produits, notamment la coumarine, l'ombelliférone, l'esculétine et la scopolétine (Yang et al., 2015 ; Jiang et al., 2014).

La diversité structurale de ces composés est principalement due aux réactions d'hydroxylation, de méthylation et de glycosylation, qui influencent leurs propriétés physicochimiques ainsi que leurs activités biologiques (Cheevarungnapakul et al., 2019 ; Comino et al., 2009).

La Figure 5 présente les principales étapes de la biosynthèse des coumarines chez les plantes.

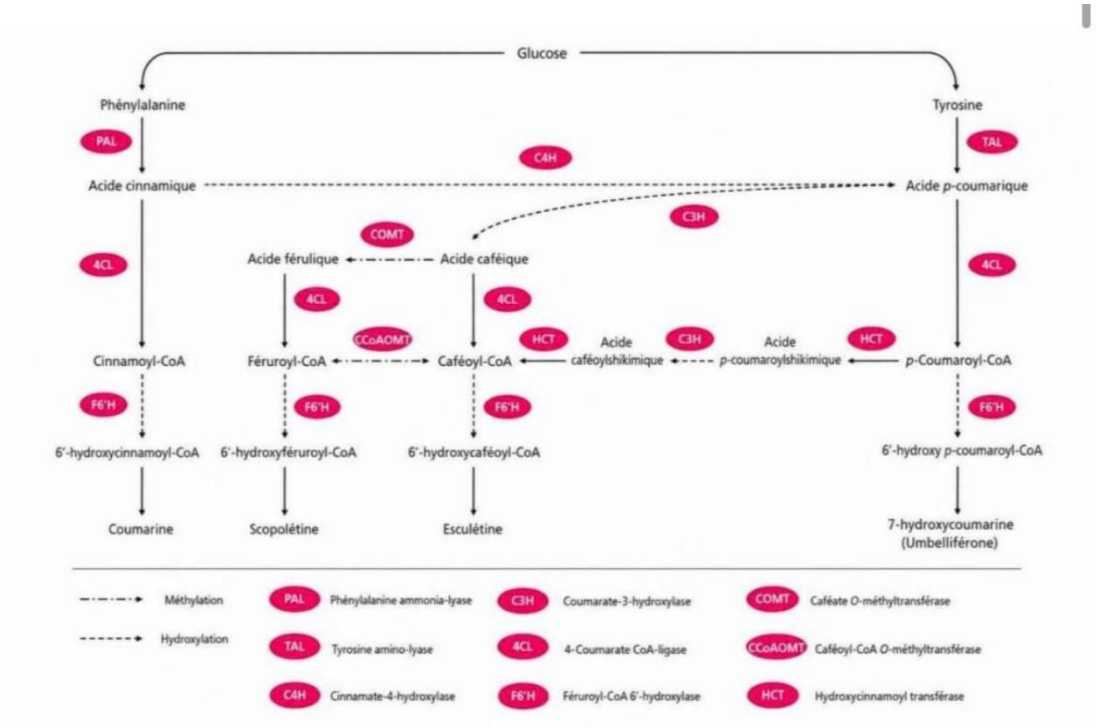



**Figure 5: Voie de biosynthèse des coumarines.**

# 6. Intérêt biologique des coumarines :

Les coumarines constituent une famille de métabolites secondaires d'un grand intérêt biologique en raison de la diversité de leurs activités pharmacologiques (Lacy & O'Kennedy, 2004 ; Flaktakidou et al., 2004). Ces propriétés sont étroitement liées à leur structure chimique et à la nature des substituants présents sur le noyau coumarinique (Flaktakidou et al., 2004 ; Bruneton, 2009).

De nombreuses études ont mis en évidence leurs effets anti-inflammatoires, antimicrobiens (antibactériens et antifongiques), antiviraux, antipaludiques, anticonvulsivants, ainsi que leurs activités antioxydantes et antitumorales (Ojala et al., 2000 ; Matsuda et al., 2002 ; Liu et al., 2005 ; Luszczki et al., 2009 ; Shi et al., 2013). Certaines coumarines présentent également des propriétés vasodilatatrices, antiœdémateuses et anticoagulantes, ce qui leur confère un intérêt dans la prévention et le traitement de diverses pathologies cardiovasculaires (He et al., 2007 ; Yao et al., 2013).

En outre, ces composés sont capables d'inhiber l'activité de certaines enzymes, notamment l'acétylcholinestérase, ainsi que l'agrégation plaquettaire (Kang et al.,

2001 ; Ho et al., 2001). Ils peuvent également exercer des effets œstrogéniques et anti-néoplasiques, faisant des coumarines des molécules prometteuses pour le développement de nouveaux agents thérapeutiques (Lacy & O'Kennedy, 2004 ; Musa et al., 2010).

# 7. Toxicité des coumarines :

Malgré leurs nombreuses propriétés thérapeutiques, certaines coumarines peuvent présenter une toxicité lorsqu'elles sont consommées à fortes doses ou utilisées de manière inappropriée (Lake, 1999 ; Lacy & O'Kennedy, 2004). Les furanocoumarines, en particulier les formes linéaires, peuvent provoquer des réactions de phototoxicité lorsqu'elles sont associées à une exposition aux rayons solaires (Ojala et al., 2000 ; Flaktakidou et al., 2004). Ces réactions se manifestent par des érythèmes, des vésicules ou des lésions cutanées.

Par ailleurs, les furanocoumarines sont capables d'interagir avec l'ADN après activation par les rayons ultraviolets, ce qui peut perturber la réplication cellulaire et expliquer leur potentiel mutagène et cancérogène (Lake, 1999 ; Lacy & O'Kennedy, 2004).

Le dicoumarol, présent dans le foin moisi, est un puissant anticoagulant naturel. Son ingestion peut entraîner des hémorragies graves, voire mortelles, chez les animaux d'élevage, en particulier les bovins (Bruneton, 2009 ; Schorderet et al., 1992).

La toxicité des coumarines dépend principalement de leur structure chimique, de la dose administrée, de la durée d'exposition ainsi que de la sensibilité individuelle (Bruneton, 2009 ; Lake, 1999).

# Partie II : Partie pratique

## Chapitre 1 : matériel et méthode

# 1. Objectif de l'essai

Cet essai a pour objectif d'évaluer l'effet bioherbicide des extraits aqueux obtenus à partir des différentes parties d'eucalyptus (feuilles, rameaux, racines et mélange des organes) sur les mauvaises herbes se développant dans la culture du fraisier (Fragaria vesca). L'étude vise à comparer l'efficacité de chaque extrait dans la réduction de la croissance et de la survie des mauvaises herbes, afin d'identifier l'organe présentant le plus fort potentiel herbicide. Les résultats obtenus contribueront au développement d'un bioherbicide naturel à base de coumarines, offrant une alternative écologique aux herbicides chimiques et favorisant une agriculture durable respectueuse de l'environnement**.**

# 2. Présentation du lieu de l'étude

La présente étude expérimentale a été réalisée au niveau des serres expérimentales et du laboratoire du Département d'Agronomie de la Faculté des Sciences de l'Université du 20 Août 1955 de Skikda, durant l'année universitaire 2025–2026.

Les essais ont été conduits dans une serre expérimentale de 12,00 m de longueur et 6,66 m de largeur, couvrant une superficie totale de 82,00 m². Cette serre a offert des conditions favorables au développement des plants de fraisier (Fragaria vesca) ainsi que des mauvaises herbes ciblées. Toutes les étapes de l'expérimentation, notamment la mise en culture, l'application des extraits végétaux et le suivi de leur activité bioherbicide, y ont été réalisées. Les opérations de préparation des extraits végétaux ainsi que les différentes manipulations expérimentales ont été effectuées au laboratoire du Département d'Agronomie, qui disposait des équipements nécessaires au bon déroulement des essais et à l'obtention de résultats fiables.



**Figure 6: Serre expérimentale du Département d'Agronomie.**



**Figure 7: Vue du laboratoire du Département d'Agronomie.**

## Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de feuilles, de rameaux et de racines de • Eucalyptus, ainsi que de plants de fraisier (Fragaria vesca

L.).

✧ **Le fraisier (Fragaria vesca L.) :**

Le fraisier (Fragaria vesca L.) est une plante herbacée vivace appartenant à la famille des Rosaceae. Il est largement cultivé pour la production de fruits appréciés pour leur qualité nutritionnelle, leur richesse en vitamines, en composés phénoliques et en antioxydants. Cette espèce présente un intérêt agronomique et économique important. Toutefois, son développement peut être fortement affecté par la concurrence des mauvaises herbes, notamment durant les premiers stades de croissance. C'est pour cette raison que Fragaria vesca a été retenue comme plante d'étude afin d'évaluer l'efficacité des extraits de eucalyptus dans la lutte contre les mauvaises herbes

✧ **Eucalyptus :**

Les feuilles, les rameaux et les racines de eucalyptus ont été utilisés pour la préparation des extraits aqueux. Ce choix est justifié par la présence de composés bioactifs, notamment les coumarines, reconnues pour leurs propriétés allélopathiques et leur potentiel bioherbicide dans la lutte contre les mauvaises herbes.



**Figure 8: Fraisier (Fragaria vesca) utilisé comme plante cultivée dans**

**l'expérimentation**



**Figure 9: Feuilles d'Eucalyptus sp. Utilisées pour la préparation de l'extrait végétal.**



**Figure 10: Rameaux de Eucalyptus sp. Utilisés pour la préparation de l'extrait**

**végétal.**



**Figure 11: Racines de Eucalyptus sp. Utilisées pour la préparation**

## 1.2 Matériel de culture :

Le matériel de culture utilisé au cours de cette expérimentation comprend un sol agricole, des pots de culture en plastique, de l'eau du robinet utilisée pour l'irrigation ainsi que des plants de fraisier (Fragaria vesca L.). Les essais ont été réalisés sous serre afin d'assurer des conditions favorables au développement des plantes et des mauvaises herbes

✧ **Le sol :**

Le sol utilisé dans cette expérimentation a été prélevé d'une parcelle agricole de l'Université du 20 Août 1955 de Skikda. Il s'agit d'un sol profond, brun foncé Nous avons réalisé des analyses physico-chimiques préliminaires du sol avant la mise en place de l'expérimentation afin de caractériser son état initial. Les paramètres analysés comprenaient le pH, la conductivité électrique (CE), la teneur en matière organique (MO), le carbone organique, la capacité de rétention en eau ainsi que la densité apparente. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

| Paramètre | Unité | Valeur |
|---|---|---|
| ph (H2O) | _ | **6.61** |
| Conductivité électrique (CE) | µS/cm | **111.9** |
| Matière organique (MO) | % | **3.30** |
| Carbone organique (C) | % | **1.88** |
| Capacité de rétention en eau | % | **56** |
| Densité apparente | g/cm3 | **0.54** |

**Tableau 3: Caractéristiques physico-chimiques initiales du sol**



**Figure 12: Préparation du sol avant les analyses et l'expérimentation**

✧ **Pots de culture**

Ils servent de récipients pour contenir le sol et permettre la culture des plants de fraisier ainsi que le développement des mauvaises herbes dans des conditions contrôlées.

✧ **Eau du robinet**

Elle est utilisée pour l'irrigation des cultures. Dans cette étude, elle a permis la croissance normale des plants et l'apparition naturelle des mauvaises herbes pendant la phase initiale et le traitement témoin.

## 1.3 Matériel de laboratoire (explication)

- ✧ **Béchers**

Ils sont utilisés pour la préparation des extraits végétaux, notamment pour la macération des différentes parties de la plante (feuilles, rameaux et racines) dans l'eau.

- ✧ **Eau distillée**

Elle est utilisée pour la préparation des extraits afin d'éviter la présence d'impuretés et de sels minéraux pouvant influencer les résultats expérimentaux.

- ✧ **Balance**

Elle permet de mesurer avec précision la masse des échantillons végétaux utilisés lors de la préparation des extraits.

- ✧ **Éprouvettes graduées**

Elles servent à mesurer les volumes de liquides (eau distillée ou extraits) avec précision.

- ✧ **Papier filtre**

Il est utilisé pour séparer la phase liquide (extrait) des résidus solides végétaux après la macération, afin d'obtenir un extrait clair.

- ✧ **Pulvérisateur ou arrosoir**

Ils sont utilisés pour l'irrigation des plants et l'application des extraits végétaux de manière uniforme sur le sol et les plantes. Ils permettent une répartition homogène du traitement dans les différents pots expérimentaux selon le protocole d'arrosage adopté.



**Figure 13: Pulvérisateur utilisé pour l'application des extraits végétaux**

## 1.4.Méthode expérimentale

Dans un premier temps, un sol naturel a été collecté, nettoyé et préparé pour la culture. Des plants de fraisier (Fragaria vesca) ont ensuite été transplantés dans des pots de culture et irrigués uniquement avec de l'eau du robinet pendant une période d'un mois afin de favoriser l'apparition naturelle des mauvaises herbes.

Après l'émergence des adventices, des extraits aqueux ont été préparés à partir des feuilles, des rameaux et des racines d'Eucalyptus spp.. Chaque partie végétale a été mise en macération dans de l'eau distillée pendant 24 heures, puis filtrée afin d'obtenir les extraits aqueux. Un extrait combiné, contenant les trois organes végétaux, a également été préparé.

Les différents extraits ont ensuite été appliqués selon le dispositif expérimental établi. Les traitements ont été réalisés tous les trois jours pendant un mois. L'effet bioherbicide des extraits a été évalué par l'observation de l'évolution des mauvaises herbes, en tenant compte de leur croissance, de leur flétrissement et de leur mortalité.

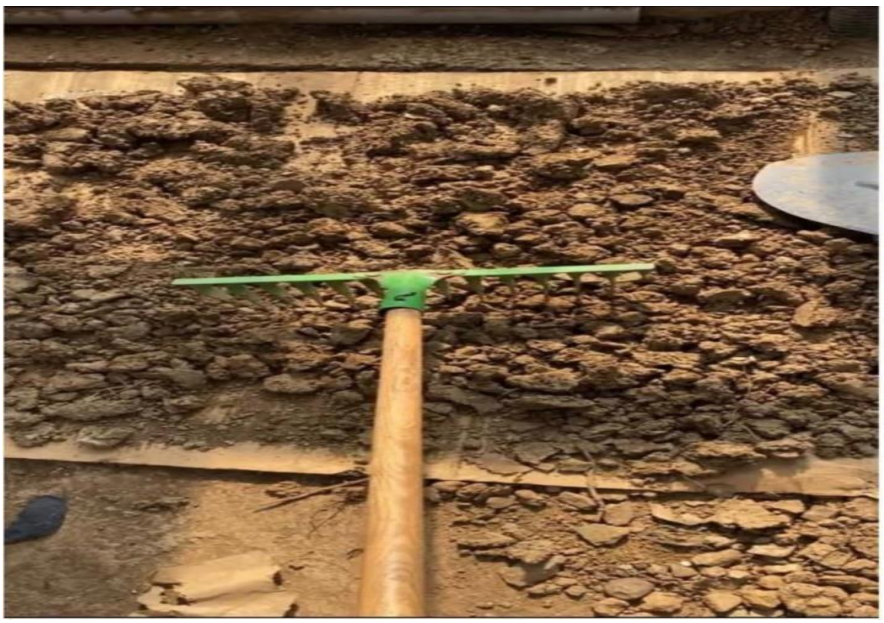


**Figure 14: Préparation du sol destiné à l'expérimentation (nettoyage, séchage et tamisage).**



**Figure 15: Transplantation des plants de fraisier dans les pots de culture.**

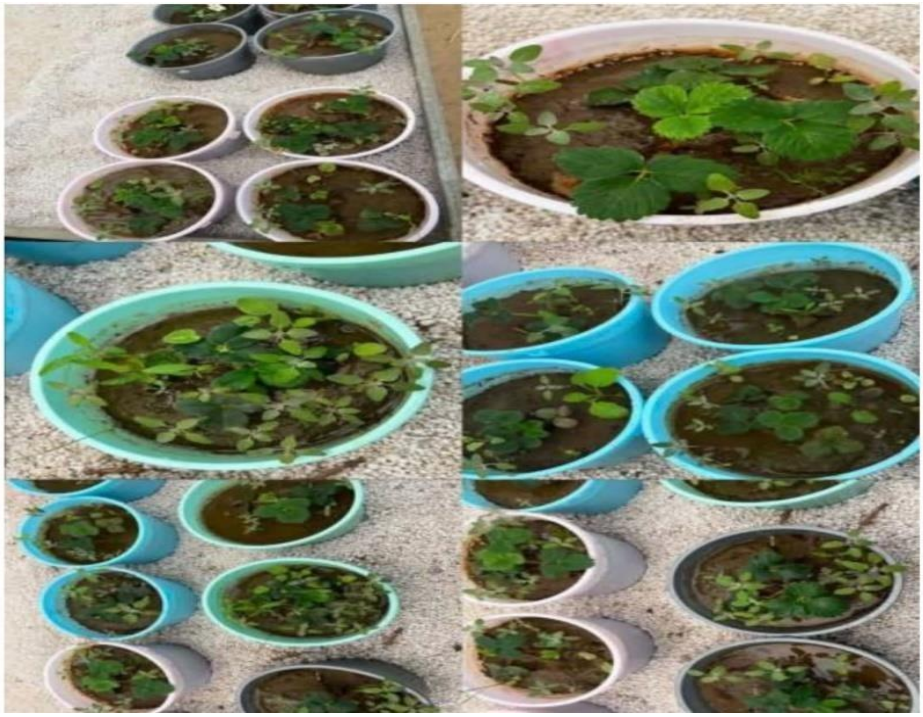


**Figure 16: Apparition naturelle mauvaises herbes dans les expérimentaux avant l'application des traitements**



**Figure 17 : Application des extraits aqueux sur les pots expérimentaux**

## 1.5. Préparation des extraits :

Les extraits aqueux ont été préparés à partir des différentes parties d'Eucalyptus

spp. : les feuilles, les rameaux et les racines.

Chaque organe végétal a été lavé à l'eau, puis découpé en petits fragments avant d'être placé séparément dans un bécher contenant de l'eau distillée. La macération a été réalisée pendant 24 heures à température ambiante.

À l'issue de cette période, les mélanges ont été filtrés afin de récupérer les extraits aqueux. Un quatrième extrait a été préparé en associant les feuilles, les rameaux et les racines selon le même protocole. Les extraits obtenus ont ensuite été utilisés pour les traitements expérimentaux des plants de fraisier.



**Figure 18: Parties végétales d'Eucalyptus spp. Utilisées pour la préparation des extraits (feuilles, rameaux et racines).**




**Figure 19: Macération des feuilles d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24 heures.**



**Figure 20 : Macération des rameaux d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24 heures.**




**Figure 21: Macération des racines d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24 heures.**




**Figure 22: Macération du mélange des feuilles, des rameaux et des racines d'Eucalyptus spp. dans l'eau distillée pendant 24 heures.**

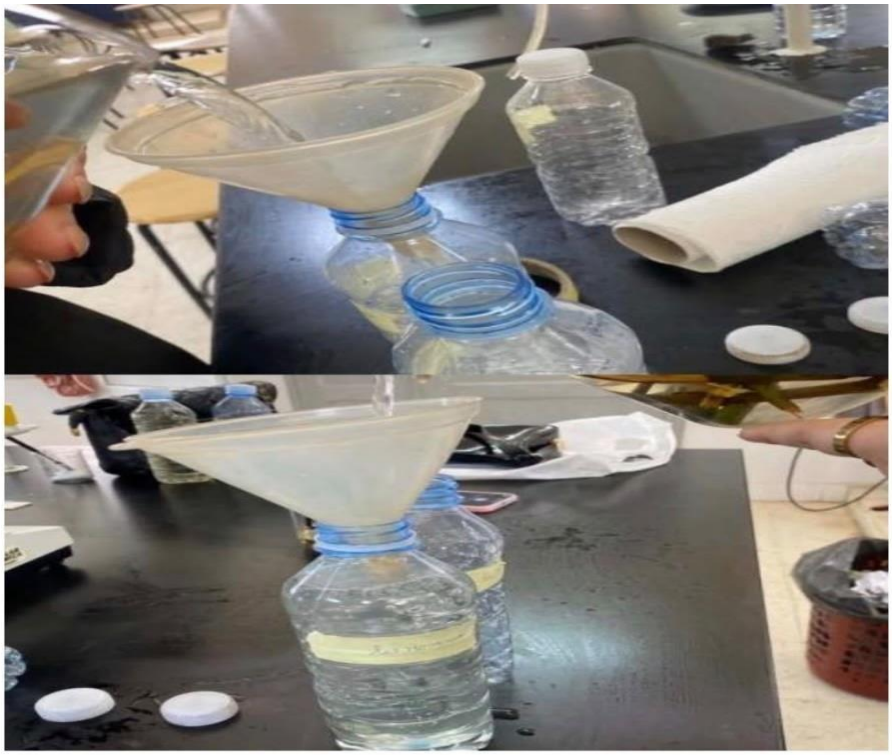


**Figure 23: Filtration des extraits aqueux après la macération.**



**Figure 24: Extraits aqueux d'Eucalyptus spp. destinés aux traitements expérimentaux.**

## 1.6.Caractérisation physico-chimique des extraits aqueux :

Avant leur utilisation dans les traitements expérimentaux, les extraits aqueux préparés à partir des feuilles, des rameaux, des racines ainsi que l'extrait mélange ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques préliminaires. Ces analyses ont été réalisées afin de caractériser les propriétés des différents extraits et de déterminer leurs principaux paramètres physico-chimiques avant leur application. Les paramètres mesurés comprenaient le pH, la conductivité électrique (CE), les solides dissous totaux (TDS) et la salinité. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

| Extraits aqueux | Salinité | TDS (mg/L) | pH |
|---|---|---|---|
| **Feuilles** | **0.0** | **56** | **6.17** |
| **Rameaux** | **0.0** | **148** | **6.09** |
| **Racines** | **0.0** | **275** | **6.24** |
| **Mélange** | **0.0** | **167** | **6.09** |

**Tableau 4: Caractéristiques physico-chimiques des extraits aqueux avant leur utilisation dans les traitements expérimentaux**

| Extraites aqueux | ( µS/cm) |
|---|---|
| Feuilles | 60.14 |
| Rameaux | 159.14 |
| Racines | 298.00 |
| Mélange | 180.10 |

**Tableau 5 : conductivité électrique**

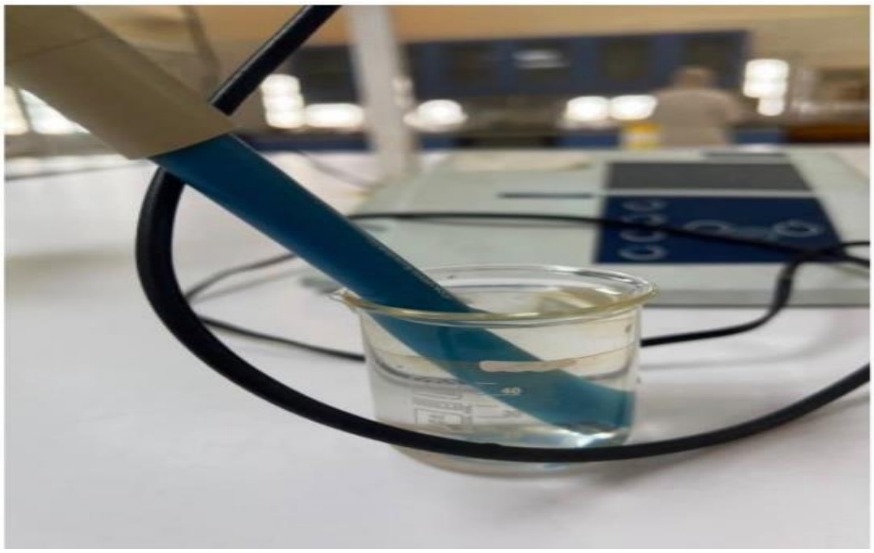


**Figure 25: Mesure des paramètres physico-chimiques des extraits aqueux au laboratoire.**

## 1.7.Évaluation des traitements :

L'évaluation des traitements a été réalisée par des observations régulières tout au long de l'expérimentation. L'effet des différents extraits a été évalué en comparant les pots traités au groupe témoin.

Les observations ont porté sur :

- ✧ l'apparition et le nombre des mauvaises herbes .
- ✧ la croissance des adventices .
- ✧ les symptômes de flétrissement et de dessèchement .
- ✧ la présence de plantes mortes.

Les données recueillies ont ensuite été utilisées pour comparer l'efficacité des différents traitements

# Partie II : Partie pratique

# Chapitre 02 : Résultats et discussion

# 1. Présentation des Résultats préliminaire :

Les résultats présentés ci-dessous concernent l'évolution des mauvaises herbes au cours de l'expérimentation. Les observations ont été effectuées à différentes dates afin de suivre l'effet des différents extraits aqueux d'eucalyptus sur le développement des espèces adventices. Les données sont présentées sous forme de tableaux, puis illustrées par des graphiques permettant une meilleure visualisation des variations observées.

| Traitement | Chenopodium album | Nigella sotiva | Lindernia procumbens | Moutarde sauvage | Total mauvais herbes |
|---|---|---|---|---|---|
| **Témoin** | 34 | 3 | 7 | 1 | 45 |
| **Feuilles** | 25 | 0 | 2 | 0 | 27 |
| **Rameaux** | 31 | 1 | 2 | 0 | 34 |
| **Racines** | 30 | 1 | 1 | 0 | 32 |
| **Mélange** | 32 | 1 | 1 | 0 | 34 |

**Tableau 6: Évolution des mauvais herbes du 28/04 au 04/05**

Le tableau 1 présente l'évolution des mauvaises herbes durant la première semaine de traitement par pulvérisation des extraits aqueux .Les premiers résultats mettent en évidence le début de l'effet inhibiteur des différents extraits sur les espèces présentes dans les pots de fraisiers. Une légère diminution du nombre des mauvaises herbes est observée dans les lots pulvérisés avec les extraits des racines et des feuilles, tandis que le lot témoin ne montre aucune réduction notable. Au cours de cette période, Chenopodium album demeure l'espèce la plus abondante parmi les mauvaises herbes observées.

| Traitement | Chenopodium album | Nigella sotiva | Lindernia procumbens | Moutarde sauvage | Total mauvais herbre |
|---|---|---|---|---|---|
| **Témoin** | 35 | 3 | 7 | 3 | 48 |
| **Feuilles** | 20 | 0 | 2 | 3 | 25 |
| **Rameaux** | 22 | 2 | 2 | 0 | 26 |
| **Racines** | 28 | 2 | 1 | 0 | 31 |
| **Mélange** | 29 | 1 | 3 | 1 | 34 |

**Tableau 7: Évolution des mauvais herbre du 07/05 au 10/05**

Les observations réalisées au cours de la deuxième semaine montrent une diminution plus importante du nombre des mauvaises herbes dans les lots pulvérisés par les extraits aqueux. L'effet de l'extrait des racines devient plus marqué, avec une réduction progressive de plusieurs espèces, notamment Lindernia procumbens. L'extrait des feuilles présente également une activité herbicide satisfaisante, tandis que les extraits des rameaux et le mélange exercent un effet plus modéré. En revanche, le lot témoin conserve une densité élevée de mauvaises herbes, traduisant la poursuite de leur développement en l'absence de traitement.

| Traitement | Chenopodium album | Nigella sotiva | Lindernia procumbens | Moutarde sauvage | Total mauvais herbre |
|---|---|---|---|---|---|
| **Témoin** | 37 | 4 | 7 | 3 | 51 |
| **Feuilles** | 20 | 0 | 3 | 1 | 24 |
| **Rameaux** | 22 | 2 | 3 | 3 | 30 |
| **Racines** | 22 | 1 | 1 | 0 | 24 |
| **Mélange** | 27 | 1 | 0 | 1 | 29 |

**Tableau 8: Évolution des mauvais herbres du 13/05 au 16/05**

Les résultats obtenus durant cette période confirment la tendance observée précédemment. Le traitement par pulvérisation de l'extrait des racines entraîne une diminution continue du nombre des mauvaises herbes, avec la disparition de certaines

espèces dans plusieurs répétitions expérimentales. Les extraits des feuilles continuent également d'exercer un effet inhibiteur, mais avec une intensité inférieure à celle observée pour les racines. Les extraits des rameaux et le mélange présentent une efficacité intermédiaire, alors que le lot témoin enregistre une augmentation progressive du nombre total des mauvaises herbes.

| Traitement | Chenopodium album | Nigella sotiva | Lindernia procumbens | Moutarde sauvage | Total mauvais herbre |
|---|---|---|---|---|---|
| **Témoin** | 40 | 7 | 8 | 6 | 61 |
| **Feuilles** | 19 | 0 | 1 | 0 | 20 |
| **Rameaux** | 22 | 1 | 3 | 1 | 27 |
| **Racines** | 14 | 1 | 0 | 0 | 15 |
| **Mélange** | 25 | 1 | 0 | 1 | 27 |

**Tableau 9: Évolution des mauvais herbre du 19/05 au 28/05**

À la fin de la période expérimentale, les différences entre les traitements deviennent nettement plus visibles. L'extrait des racines se révèle le plus efficace pour réduire le développement des mauvaises herbes, avec une diminution importante de Chenopodium album ainsi que la disparition quasi complète de Lindernia procumbens et de Moutarde sauvage. L'extrait des feuilles occupe la deuxième position en termes d'efficacité, suivi du mélange, tandis que l'extrait des rameaux présente l'activité herbicide la plus faible parmi les traitements testés. En revanche, le lot témoin, pulvérisé uniquement avec de l'eau du robinet, montre une augmentation continue du nombre des mauvaises herbes, confirmant l'absence d'effet inhibite.

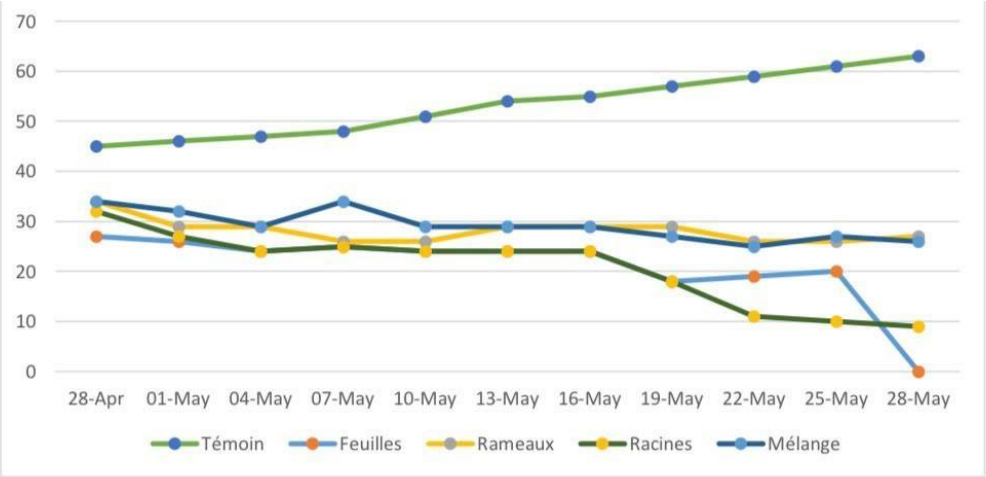



**Figure 26: évolution du nombre total d adventices (toutes espèces confondues ) dans chaque traitement**

- **Commentaire**

La figure26 met en évidence l'évolution du nombre total des mauvaises herbes en fonction du temps et des différents traitements appliqués. Les résultats montrent une diminution progressive du nombre des mauvaises herbes dans les lots pulvérisés par les extraits aqueux . Cette diminution est particulièrement importante dans le traitement à base de l'extrait des racines, qui présente la meilleure activité herbicide. L'extrait des feuilles montre également une efficacité notable, tandis que les extraits des rameaux et le mélange exercent un effet plus limité. En revanche, le lot témoin présente une augmentation progressive du nombre des mauvaises herbes durant toute la période expérimentale.

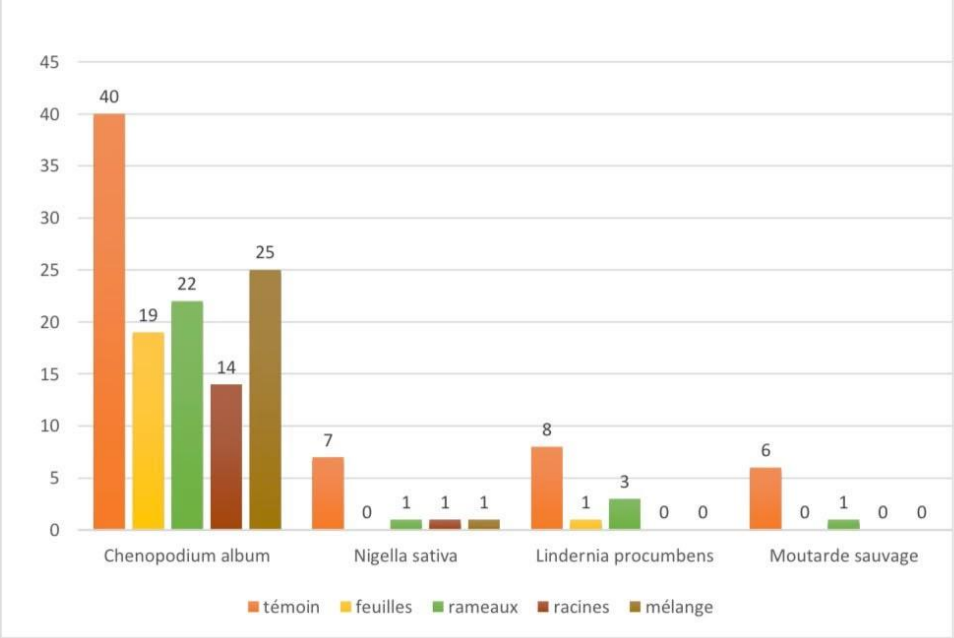



**Figure 27:Comparation de léfficacété des taitements sur les mauvaises herbes**

- **Commentaire**

La figure 27 présente une comparaison de l'efficacité des différents traitements à la fin de l'expérimentation. Les résultats montrent que l'extrait des racines est le traitement le plus efficace, avec la plus forte réduction du nombre des mauvaises herbes. L'extrait des feuilles occupe la deuxième position, suivi du mélange, tandis que l'extrait des rameaux présente l'effet le plus faible parmi les extraits étudiés. Le lot témoin conserve le nombre le plus élevé de mauvaises herbes, confirmant l'absence d'effet inhibiteur en l'absence de traitement.

## 2. Interprétation des résultats préliminaires

Les résultats obtenus au cours de cette étude préliminaire mettent en évidence une activité allélopathique significative des extraits aqueux d'Eucalyptus spp. sur les mauvaises herbes associées à la culture du fraisier (Fragaria vesca). Cette inhibition de la germination et du développement des adventices peut être attribuée à la présence de métabolites secondaires bioactifs, notamment les composés phénoliques, les terpènes et les coumarines, connus pour leurs effets phytotoxiques sur les plantes sensibles (De Albuquerque et al., 2011 ; Duke et al., 1999).

La variation de l'intensité de l'effet inhibiteur selon l'organe végétal utilisé

suggère une répartition non homogène des composés allélopathiques au sein de la plante. Les racines, qui ont présenté l'activité inhibitrice la plus importante, pourraient contenir une concentration plus élevée en substances bioactives ou des composés plus stables dans le milieu aqueux, ce qui expliquerait leur efficacité supérieure (Hoagland et al., 2007 ; Duke et al., 1999).

Les extraits de feuilles ont également présenté une activité inhibitrice notable, ce qui est cohérent avec leur rôle dans la synthèse et l'accumulation de nombreux métabolites secondaires. En revanche, les extraits de rameaux ainsi que l'extrait mélange ont montré une efficacité plus faible, ce qui pourrait être lié à une concentration plus faible en composés actifs ou à une dilution de leurs effets allélopathiques (Bonin, 2014 ; Hasan et al., 2021).

L'augmentation du nombre des mauvaises herbes observée dans le lot témoin confirme l'absence d'effet inhibiteur en l'absence de traitement et met en évidence l'impact direct des extraits aqueux d'Eucalyptus spp. sur la régulation des adventices. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études qui soulignent le potentiel des extraits végétaux comme alternative aux herbicides chimiques dans le cadre d'une agriculture durable (Hasan et al., 2021 ; Dayan et Duke, 2014)




**Figure 28: Dispositif expérimental et comparaison des traitements.**

## 3. Pourquoi l'extrait des racines était-il le plus efficace ?

Les résultats obtenus montrent que l'extrait aqueux des racines a présenté la

meilleure activité inhibitrice par rapport aux extraits des feuilles, des rameaux et au mélange. Cette différence peut être attribuée à une répartition non homogène des métabolites secondaires dans les organes de la plante, certains tissus accumulant davantage de composés bioactifs impliqués dans les phénomènes d'allélopathie (Hoagland et al., 2007 ; Albuquerque et al., 2011).

En effet, plusieurs études indiquent que la concentration des composés bioactifs varie selon l'organe végétal utilisé, ce qui influence directement l'activité biologique des extraits, notamment en fonction des conditions physiologiques et du rôle de chaque organe dans le métabolisme de la plante (Weston & Duke, 1999 ; Duke et al., 2013).

Les effets observés pourraient également être associés à la présence de composés allélopathiques tels que les composés phénoliques et les coumarines, connus pour leur capacité à perturber la germination, la croissance racinaire, la division cellulaire ainsi que certains processus métaboliques des plantes sensibles (Bonin, 2014 ; Dayan & Duke, 2014).

Toutefois, cette hypothèse devra être confirmée par des analyses phytochimiques permettant d'identifier et de quantifier les molécules actives présentes dans les extraits, comme le recommandent plusieurs travaux sur les bioherbicides d'origine végétale (Hoagland et al., 2007 ; Hasan et al., 2021).

## 4. Comparaison avec les études antérieures :

Les résultats obtenus au cours de cette étude sont en accord avec plusieurs travaux consacrés aux bioherbicides d'origine végétale, qui ont mis en évidence le rôle des métabolites secondaires dans l'inhibition de la germination et de la croissance des mauvaises herbes, notamment les composés phénoliques et les coumarines (De Albuquerque et al., 2011 ; Duke et al., 1999).

De même, plusieurs auteurs ont souligné que les bioherbicides d'origine naturelle constituent une alternative prometteuse aux herbicides chimiques en raison de leur biodégradabilité et de leur faible impact sur l'environnement. Toutefois, l'efficacité des extraits végétaux dépend fortement de la méthode d'extraction utilisée

ainsi que de la concentration des composés actifs (Dayan et Duke, 2014 ; Hoagland et al., 2007).

Par ailleurs, plusieurs études consacrées aux huiles essentielles ont montré que celles-ci présentent généralement une activité herbicide supérieure à celle des extraits aqueux, en raison de leur richesse en composés bioactifs plus lipophiles. Ces observations sont en accord avec l'orientation adoptée dans la présente étude, qui consiste à poursuivre les travaux par une hydrodistillation afin d'obtenir une préparation plus concentrée et potentiellement plus efficace (Hasan et al., 2021 ; Bonin, 2014).

## 5. Espectives de l'étude :

Les résultats obtenus au cours de cette première phase doivent être considérés comme des résultats préliminaires. Bien qu'une diminution du nombre des mauvaises herbes ait été observée, l'efficacité des extraits aqueux reste insuffisante pour envisager leur utilisation directe comme bioherbicide (Hoagland et al., 2007 ; Hasan et al., 2021).

Pour cette raison, une seconde phase de l'étude est actuellement en cours. Elle consiste à réaliser une hydrodistillation des racines et des feuilles de Calycotome spinosa afin d'obtenir une fraction plus concentrée en composés bioactifs. Cette approche est cohérente avec les travaux montrant que les extraits volatils et les huiles essentielles présentent généralement une activité biologique plus marquée que les extraits aqueux (Dayan & Duke, 2014 ; Bonin, 2014).

Cette étape permettra d'évaluer l'efficacité du produit obtenu dans la lutte contre les mauvaises herbes et de déterminer son potentiel en tant que bioherbicide naturel pouvant constituer une alternative aux herbicides de synthèse (Duke et al., 2013 ; Hoagland et al., 2007).

## 6. Discussion :

Les résultats obtenus au cours de cette étude préliminaire mettent en évidence que les extraits aqueux d'Eucalyptus spp. présentent une activité herbicide

variable sur les mauvaises herbes associées à la culture du fraisier (Fragaria vesca). Cette variabilité est principalement liée à l'organe végétal utilisé pour la préparation des extraits (De Albuquerque et al., 2011 ; Hoagland et al., 2007).

L'effet inhibiteur le plus important a été observé avec l'extrait des racines, suivi de celui des feuilles. Les rameaux ainsi que le mélange ont présenté une activité relativement plus faible. Cette différence peut être expliquée par une répartition non homogène des composés bioactifs dans les différents tissus de la plante, certaines parties végétales accumulant davantage de métabolites secondaires responsables de l'activité allélopathique (Duke et al., 1999 ; De Albuquerque et al., 2011).

Par ailleurs, la diminution progressive du nombre des mauvaises herbes dans les traitements confirme l'efficacité partielle des extraits étudiés. Toutefois, cette efficacité reste insuffisante pour envisager une application directe et généralisée comme bioherbicide opérationnel. En comparaison, le lot témoin a montré une augmentation continue des adventices, ce qui confirme que les conditions expérimentales étaient favorables à leur développement en l'absence de traitement (Bonin, 2014 ; Hasan et al., 2021).

Ces résultats suggèrent que les extraits aqueux d'Eucalyptus spp. possèdent un potentiel herbicide intéressant, mais encore limité, nécessitant une optimisation afin d'améliorer leur efficacité (Dayan et Duke, 2014 ; Hoagland et al., 2007).

Dans cette perspective, une seconde phase de l'étude a été entamée, basée sur l'hydrodistillation des racines d'Eucalyptus spp.. Cette étape vise à obtenir une fraction plus concentrée en composés volatils et bioactifs susceptibles d'augmenter significativement l'effet inhibiteur sur les mauvaises herbes. Les résultats de cette hydrodistillation seront analysés ultérieurement afin d'évaluer le potentiel réel du produit obtenu en tant que bioherbicide naturel (Bonin, 2014 ; Duke et al., 1999).

# Conclusion générale

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'activité allélopathique des extraits aqueux des différentes parties d'Eucalyptus spp. sur les mauvaises herbes associées à la culture du fraisier (Fragaria vesca) (De Albuquerque et al., 2011 ; Hoagland et al., 2007). Les résultats obtenus montrent que les extraits testés présentent un effet inhibiteur sur le développement des mauvaises herbes, avec une efficacité variable selon la partie végétale utilisée.

L'extrait des racines s'est révélé le plus efficace, suivi de l'extrait des feuilles, du mélange, puis de l'extrait des rameaux. Cette variation peut être expliquée par une répartition non homogène des métabolites secondaires au sein des différents tissus végétaux, influençant directement l'intensité de l'activité allélopathique (Duke et al., 1999 ; De Albuquerque et al., 2011).

Ces résultats mettent en évidence le potentiel allélopathique d'Eucalyptus spp. et son intérêt comme alternative naturelle aux herbicides chimiques dans la lutte contre les mauvaises herbes (Dayan et Duke, 2014 ; Bonin, 2014). Toutefois, les résultats présentés dans cette étude demeurent préliminaires et nécessitent des investigations complémentaires.

Dans cette perspective, des travaux supplémentaires sont actuellement en cours à partir d'extraits obtenus par hydrodistillation afin de caractériser plus précisément les composés bioactifs responsables de l'activité allélopathique et de comparer l'efficacité des différentes méthodes d'extraction. Ces investigations permettront de confirmer les résultats obtenus, d'approfondir les connaissances sur le potentiel d'Eucalyptus spp. et de mieux valoriser son utilisation dans une agriculture durable (Hasan et al., 2021 ; Hoagland et al., 2007).

# Bibliographique

**1.** Andanson A. Évolution de l'agressivité des champignons phytopathogènes: couplage des approches théorique et empirique. Nancy 1. 2010.

**2.** Bailey KL. The Bioherbicide approach to weed control using plant pathogens. In:

**3.** Integrated Pest Management: Current Concepts and Ecological Perspective. Elsevier. 2014.

**4.** Bonin L. Les bioherbicides : principes, applications et perspectives. Phytoprotection. 2014.

**5.** Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 2e éd. Paris: Lavoisier. 1999.

**6.** Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4e éd. Paris: Lavoisier. 2009.

**7.** Cheevarungnapakul K, Khaksar G, Panpetch P, Boonjing P, Sirikantaramas S. Identification and functional characterization of genes involved in the biosynthesis of caffeoylquinic acids in sunflower (Helianthus annuus L.). Front Plant Sci. 10. 2019.

**8.** Chen J, Chiou WF, Chen CC, Chen CF. Osthole relaxation study. Journal of Urology. 163(6):1975. 2000.

**9.** Chen KS, et al. Bioactive coumarins. Planta Medica. 69:654. 2003.

**10.** Chou SY, et al. Antitumor osthol. Phytotherapy Research. 21:226. 2007.

**11.** Comino C, Hehn A, Moglia A, Menin B, Bourgaud F, Lanteri S, et al. The isolation and mapping of a novel hydroxycinnamoyltransferase in the globe artichoke chlorogenic acid pathway. BMC Plant Biol. 9(1):30. 2009.

**12.** De Albuquerque MB, Dos Santos RC, Lima LM, Melo Filho PA, Nogueira RJMC, Da Câmara CAG, Ramos AR. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems: a review. Agronomy for Sustainable Development. 31(2):379–395. 2011.

**13.** Djemoui B. Mémoire de Master. Université de Djelfa. 2015.

**14.** Duke SO, Dayan FE, Romagni JG, Rimando AM. Natural products as sources of

herbicides: current status and future trends. Weed Research. 40:99–111. 1999.

**15.** Flaktakidou KC, Hadjipavlou-Litina DJ, Litinas KE, Nicolaides DN. Coumarin derivatives review. Current Pharmaceutical Design. 10:3813. 2004.

**16.** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

**17.** Ghorbani R, Leifert C, Seel W. Biological control of weeds with antagonistic plant pathogens. Advances in Agronomy:191–225. 2005.

**18.** Harkati B. Thèse de doctorat. Université de Constantine. 2011.

**19.** Hasan M, Ahmad-Hamdani MS, Rosli AM, Hamdan H. Bioherbicides: an eco-friendly tool for sustainable weed management. Plants. 10(6):1212. 2021.

**20.** He JY, Zhang W, He LC, Cao YX. Vasodilation mechanism. European Journal of Pharmacology. 573:170. 2007.

**21.** He Y, Qu S, Wang J, He X, Lin W, Zhen H, et al. Osthole micelle carriers. Brain Research. 1433:127. 2012.

**22.** Ho PC, et al. CYP3A4 inhibition. Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 4(3):217. 2001.

**23.** Hoagland RE, Boyette CD, Weaver MA, Abbas HK. Bioherbicides: research and risks. Toxin Reviews. 26(4):313–342. 2007.

**24.** Huang HC, Chu SH, Chao PD. Vasorelaxants from Chinese herbs. European Journal of Pharmacology. 198:211. 1991.

**25.** Hung CM, Kuo DH, Chou CH, Su YC, Ho CT, Way TD. Osthole suppresses EMT in breast cancer cells. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59:9683. 2011.

**26.** Jiang NH, Zhang GH, Zhang JJ, Shu LP, Zhang W, Long GQ, et al. Analysis of the Transcriptome of Erigeron breviscapus uncovers putative scutellarin and chlorogenic acids biosynthetic genes and genetic markers. PLoS One. 9(6):e100357. 2014.

**27.** Ju Y, Zhao YF, Srill CC, Sacalis JN. Cytotoxic compounds. Tsinghua Science and Technology. 5:159. 2000.

**28.** Kang SY, et al. Acetylcholinesterase inhibition. Journal of Natural Products. 64:683. 2001.

**29.** Khan L, Kulkarni M, Gopal M. Coumarins synthesis study. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 15:3584. 2005.

**30.** Kresge N, Simoni RD, Hill RL. An escape from Italy, the discovery of Sadenosylmethionine, and the biosynthesis of creatine by Giulio L. Cantoni. Journal of Biological Chemistry. 280(38). 2005.

**31.** Lacy A, O'Kennedy R. Studies on coumarins and coumarin-related compounds to determine their therapeutic role in the treatment of cancer. Current Pharmaceutical Design. 10:3797–3811. 2004.

**32.** Lake BG. Coumarin toxicity and carcinogenicity. Food and Chemical Toxicology. 37:423. 1999.

**33.** Liang HJ, Suk FM, Wang CK, Hung LF, Liu DZ, Chen NG, et al. Osthole and hyperglycemia in mice. Chemico-Biological Interactions. 181:309. 2009.

**34.** Liu JX, Zhang WP, Zhou L. Anti-inflammatory osthol. Journal of Chinese Medicinal Materials. 28:1002. 2005.

**35.** Luszczki JJ, et al. Anticonvulsant effects study. Epilepsy Research. 85:293. 2009.

**36.** Mahesh V, Million-Rousseau R, Ullmann P, Chabrillange N, Bustamante J, Mondolot L, et al. Functional characterization of two p-coumaroyl ester 3′-hydroxylase genes from coffee tree: evidence of a candidate for chlorogenic acid biosynthesis. Plant Mol Biol. 64(1–2):145– 159. 2007.

**37.** Matsuda H, Tomohiro N, Ido Y, Kubo M. Anti-allergic effects of Cnidium monnieri fructus. Biological and Pharmaceutical Bulletin. 25:809. 2002.

**38.** Musa MA, Badisa VL, Latinwo LM, Waryoba C, Ugochukwu N. In vitro cytotoxicity of benzopyranone derivatives. Anticancer Research. 30:4613. 2010.

**39.** Ojala T, Remes S, Haansuu P, et al. Antimicrobial coumarins. Journal of Ethnopharmacology. 73:299. 2000.

**40.** Okamoto T, et al. Osthol hepatoprotective effect. Biochemical Pharmacology. 65:677. 2003.

**41.** Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

**42.** Repeak M, Innrich J, Fanekova M. Umbelliferone study. Journal of Plant Physiology. 158:1085. 2001.

**43.** Riedelsheimer C, Lisec J, Czedik-Eysenberg A, Sulpice R, Flis A, Grieder C, et al. Genome-wide association mapping of leaf metabolic profiles for dissecting complex traits in maize. Proc Natl Acad Sci. 109(23):8872–8877. 2012.

**44.** Sahraoui W. Les Coumarines. Cours de Pharmacognosie. Université d'El Oued, Algérie.

**45.** Schorderet M et collaborateurs. Pharmacologie. Slatkine. 1992.

**46.** Shi Y, Zhang B, Chen XJ, Xu DQ, Wang YX, Dong HY, et al. Anti-inflammatory activity of Sanghuangporus sanghuang mycelium. International Journal of Molecular Sciences. 48:819. 2013.

**47.** Sunthitikawinsakul A, et al. Coumarins antimicrobial activity. Planta Medica. 69:155. 2003.

**48.** Tebakh C, Imerzoukene F. Mémoire de Master. Université de Tizi-Ouzou. 2012.

**49.** Yang SM, Shim GY, Kim BG, Ahn JH. Biological synthesis of coumarins in Escherichia coli. Microb Cell Fact. 14(1):65. 2015.

**50.** Yao L, Lu P, Li Y, Yang L, Feng H, Huang Y, et al. Cardiometabolic risk study. European Journal of Pharmacology. 699:23. 2013.

**51.** Yenjai C, et al. Antiplasmodial coumarins. Planta Medica. 66:277. 2000.

**52.** You L, An R, Wang X, Li Y. Osthole derivatives study. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 2015.

**53.** Zhang Q, et al. Anti-osteoporotic coumarins. Planta Medica. 73:13. 2007.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université 20 Août 1955- SKIKDA-
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة

Réf : / D.S.AGRO/2026

رقم : /ق.ع.ف/ 2026

Skikda le : 11/07/2026

# Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **BALA Sahima**

Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **BOUCETTI Nessrin**

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Intitulé : **Production des bio herbicides à base des coumarines**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

| Directeur de mémoire | Président(e) de Jury |
| --- | --- |
| | |

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université 20 Août 1955- SKIKDA-
Faculté des Sciences
Département D' Agronomie

جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة

Réf : / D S AGRO/2026

رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 11/07/2026

# Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **BALA Sahima** Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **FAHEM Nada**

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Intitulé : **Production des bioherbicides à base des coumarines**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

| Directeur de mémoire | Président(e) de Jury |
| --- | --- |
| | |