



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵔⵉⵜ

ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵔⵉⵜ

ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵔⵉⵜ

ⵜⴰⵎⴰⵎⴰⵔⵉⵜ

الْجُمْهُورِيَّةُ اَلدِّيمُقْرَاطِيَّةُ اَلْجَزَائِرِيَّةُ اَلْجُمْهُورِيَّةُ

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA -1-

**Mémoire de Fin d'étude**

**En vue de l'obtention de Diplôme de Master Académique**

**Filière : Biotechnologies.**

**Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes**

**Evaluation de quelques potentialités agronomiques des extraits de *Thymus spp.***

**Présenté par :**

**Mle Meroua OUAKKAL**

**et**

**Mle Nour El Hanaa CHEBBOUR**

**Soutenu le 13 / 07 / 2023 . Devant les jurys composés de :**

<b>Mme Belkhiter S.</b>	<b>MAB</b>	<b>USDB</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mme SADDEK D.</b>	<b>Docteur</b>	<b>INPV</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme MOUMENE S.</b>	<b>MCA</b>	<b>USDB</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mme Boukhalfa R.</b>	<b>Doctorante</b>	<b>Univ.de Bari Italy</b>	<b>Co-promotrice</b>

**Année universitaire : 2022/2023**

## Remerciements

Nous remercions avant tout dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la force pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer particulièrement nos profonds remerciements et nos vives reconnaissances à notre promotrice **Dr Messgo-Moumene Saida**, Maître de conférences A à la faculté Science de la Nature et de la Vie, Département de Biotechnologie et Agro-Ecologie, Université Saad Dahleb Blida 1, pour nous avoir encadrer, pour son expertise, ses conseils éclairés et sa disponibilité tout au long de ce projet. Ses commentaires constructifs et ses suggestions ont largement contribué à l'amélioration de cette thèse.

Un grand merci et, une profonde gratitude à notre co-promotrice **Melle Rym Boukhalfa**, doctorante à l'Université de Bari, Italie pour nous avoir donnée de précieux conseils concernant l'extraction de HEs de les plantes choisies pour ce travail, et pour son suivi à distance qu'elle trouve ici l'expression de notre grande reconnaissance et le témoignage de notre respect.

Nous tenons également exprimer toute notre gratitude à **Mr Hamid Chikhi** gérant d'entreprise **BIOEXTRAPAMAL** pour nous avoir accueilli dans son entreprise et faciliter l'extraction des huiles essentielles.

Nous remercions également les membres de notre jury de thèse, **Melle Belkhither Sihem** Maître de conférences B à la faculté Science de la Nature et de la Vie, Département de Biologie, Université Saad Dahleb Blida 1 d'avoir accepter de présider le Jury, **Dr. Saddek Dounia**, Docteur en Sciences Agronomiques à l'Institut de Protection des Végétaux, El Harrach, Alger d'avoir examiné le travail ainsi que **Dr Ammad Faiza** Maître de conférences A à la faculté Science de la Nature et de la Vie, Département de Biotechnologie et Agro-Ecologie, Université Saad Dahleb Blida 1, pour l'examination de notre BMC 1275. Nous exprimons notre profond respect et, reconnaissance, pour le temps qu'elles ont consacré pour l'évaluation et l'expertise de notre thèse et BMC 1275 dans le cadre du projet Start up.

Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements à tous nos enseignants qui nous ont soutenues tout au long de cette formation académique et pour, leurs encouragements et leurs conseils prodigués.

Nous tenons aussi adresser nos sincères remerciements à **Mr Fortas Mohand** pour son précieux soutien et aidelors de la récolte des plantes dans la montagne de Bejaia. Sa contribution et son dévouement ont été d'une aide immense.

Nos vifs remerciements s'adressent à nos familles pour leur soutien continu. Leur patience, leurs encouragements et leurs sacrifices ont été les piliers de notre réussite.

Enfin, nous voudrions adresser nos remerciements aux participants de notre étude, qui ont généreusement offert leur temps et ont partagé leurs connaissances et leurs expériences. Leur contribution a été inestimable pour la réalisation de cette recherche.

A la fin, nous sommes extrêmement reconnaissantes envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien a été essentiel à chaque étape de ce projet et a largement enrichi notre formation.

## *Dédicace*

À mes merveilleux parents **Rachid** et **Zizou**, pour leur amour, leur soutien indéfectible et leur encouragement constant tout au long de ma vie et de mon parcours académique. Leur dévouement et leur confiance en moi ont été une source d'inspiration inépuisable.

À mon frère **Aymen**, ta présence à mes côtés est une source constante de soutien et d'inspiration. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir encouragé à poursuivre mes ambitions académiques.

À ma sœur **Inès**, et mon frère **Saddek**, la source de bonheur et inspiration dans ma vie.

À ma directrice de thèse, **Mme Moumene-Messgo Saida** pour ses conseils éclairés, sa patience et son expertise sans faille. Votre mentorat précieux m'a permis de développer mes compétences de recherche et d'approfondir ma compréhension du domaine.

À toute ma famille particulièrement la famille de ma mère.

À mes amis proches : **khadidja, Romaisa, Amina, Fedoua, Yaakoub, Sami, Youcef, Kamel** et **Fares**. Vous êtes des amis irremplaçables. Je vous aime tous profondément. Puissent nos liens d'amitié durer éternellement.

À mes enseignants de Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Ainsi qu'à **Mr Bendali A.** pour son soutien continu et valeureux conseils.

À tous mes connaissances que j'aime et je respecte.

En fin à toutes mes amies de promotion que j'aime.

Avec tout mon amour et ma gratitude,

**Meroua OUAKKAI**

## *Dédicace*

Je dédie cet travail :

À chers parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs encouragements tout au long de mon parcours académique. Je vous suis profondément reconnaissant pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour que je puisse réaliser mes rêves. Cette réussite est autant la vôtre que la mienne. Merci du fond du cœur.

À ma directrice de thèse, **Dr Moumene-Messgo Saida** qui a Encadré ce travail avec beaucoup d'intérêt et d'optimisation.

À mes grands-parents bien-aimés.

À mes frères .

À mes amis proches, **Zakaria** et **Leyla**.

A ma chère binôme « **Meroua OUAKKAL** ». tu as été une partenaire formidable. Je te remercie pour tout ce que tu as fait pour ce mémoire.

Enfin, je dédie ce mémoire à toutes les personnes qui ont croisés mon chemin et qui m'ont apporté leur soutien, leurs conseils et leur inspiration. Votre présence et vos interactions ont contribué à ma croissance en tant qu'individu et à ma compréhension du monde qui m'entoure.

Cette dédicace est une expression de ma gratitude envers vous ,pour votre soutien et votre amour constants. Votre influence positive dans ma vie a été immense, et je suis honorée de vous avoir à mes côtés.

Avec toute mon affection,

**Nour El Hanaa CHEBBOUR**

# RESUME

## Évaluation de quelques potentialités agronomiques de *Thymus Spp*

Notre présente étude est basée sur l'évaluation du potentiel bioherbicide des huiles essentielles de deux plantes médicinales endémiques protégées. Il s'agit de *Thymus ciliatus* et *Thymus numidicus* récoltées au stade végétatif respectivement de la plaine de megtae lazreg de Hammam Melouane et la région d'Adhkar de Béjaia. Les parties aériennes séchées séparément ont fait l'objet d'extraction d'huile essentielle pour chaque espèce végétale par hydrotillation à l'aide de Clevenger et la préparation d'extraits aqueux. Ainsi, chaque extrait décrit précédemment ainsi que les hydrolats ont fait l'objet d'évaluation du pouvoir herbicide *in vitro* sur l'orge, les lentilles, *Lolium*, le *Poa* et le Trèfle. Les HEs ont été testé selon deux modes d'action par contact direct et contact indirect à 1%. L'HE à pouvoir herbicide est retenue pour la recherche de la concentration minimale inhibitrice. à partir des concentrations de 0.75, 0.5 et, 0.25. Par ailleurs, le potentiel herbicide des extraits performants est étudié sur un sol spontané.

Les résultats obtenus ont confirmé un rendement en HE plus important chez *T. numidicus* (0.97%) que chez *T. ciliatus* (0.65%). L'essai *in vitro* de l'effet des traitements à base de *T. numidicus* sur la germination a révélé une sensibilité remarquable sur l'orge, *Lolium* et le *Poa*. Le meilleur pouvoir inhibiteur de la germination est notamment attribué à l'HE de *T. numidicus* (0%), l'extrait aqueux mais, aussi son hydrolat (6.66%) sur les semences de l'orge et, assez faible sur *Lolium* sous l'effet de l'HE (22%). Il a été plus important selon le mode d'action par contact direct à la concentration de 0.75.

Cependant, le pouvoir bioherbicide n'était pas significatif *in vivo* vu que, les espèces adventices germées se sont avérés toutes résistantes sous l'effet des deux types d'huiles essentielles testées à 1%.

Dans ce sens, HE de *T. numidicus* possède une activité herbicide intéressante en vue de formulation d'un bioherbicide à spectre d'action sur les Monocotylédones. Il serait important d'identifier ces molécules potentiellement herbicides pour leur utilisation dans l'agriculture durable respectueuse de l'environnement.

**Mots clés :** *Thymus numidicus*, *Thymus ciliatus*, extraits végétaux, germination, activité herbicide.

# ABSTRACT

## Evaluation of some agronomic potentials of *Thymus spp*

Our current study is based on evaluating the bioherbicide potential of essential oils from two protected endemic medicinal plants. These plants are *Thymus ciliatus* and *Thymus numidicus*, collected at the vegetative stage from the Megtae Lazreg plain in Hammam Melouane and the Adkhar region in Bejaia, respectively. The dried aerial parts of each plant were separately subjected to essential oil extraction using hydrodistillation with a Clevenger apparatus, as well as preparation of aqueous extracts. Subsequently, each aforementioned extract, as well as the hydrosols, were evaluated for their *in vitro* herbicidal activity against barley, lentils, *Lolium*, and clover. The essential oils were tested for their herbicidal effects through two modes of action : direct contact and indirect contact at a concentration of 1%. The essential oil with herbicidal activity was selected for determining the minimum inhibitory concentration, starting from concentrations of 0.75, 0.5, and 0.25. Furthermore, the herbicidal potential of the successful extracts was studied on native soil.

The obtained results confirmed a higher essential oil yield in *T. numidicus* (0.97%) compared to *T. ciliatus* (0.65%). The *in vitro* assay of treatments based on *T.numidicus* revealed remarkable sensitivity on barley, *Lolium*, and *Poa*. The highest inhibitory power on germination was specifically attributed to the essential oil of *T.numidicus* (0%), the aqueous extract, as well as its hydrosol (6.66%) on barley seeds, and it was relatively lower on *Lolium* under the effect of the essential oil (22%). This effect was more pronounced in the direct contact mode at a concentration of 0.75.

However, the bioherbicidal power was not significant *in vivo*, as the germinated weed species were found to be resistant to the two types of essential oils tested at 1%. In this regard, the essential oil of *T. numidicus* possesses an interesting herbicidal activity for the formulation of a broad-spectrum bioherbicide against Monocotyledonous plants. It would be important to identify these potentially herbicidal molecules for their use in sustainable and environmentally friendly agriculture.

**Keywords** : *Thymus numidicus*, *Thymus ciliatus*, plant extracts, germination, herbicidal activity.

## المخلص

تقييم بعض الإمكانيات الزراعية لمستخلصات نبات

### Thymus Spp

تستند دراستنا الحالية إلى تقييم النشاط البيولوجي لمبيدات الأعشاب من الزيوت الأساسية لنباتين طبيين محليين محميين، وهما *Thymus ciliatus* و *Thymus numidicus*. تم جمعها في مرحلة النمو الخضري من واد مقطع لزرق في حمام ملوان ومنطقة أذكار في بجاية على التوالي. تم تعريض الأجزاء الهوائية المجففة لكلنبته بشكل منفصل لاستخراج الزيوت الأساسية باستخدام التقطير المائي بجهاز Clevenger، وكذلك إعداد المستخلصات المائية. وبالتالي، تم تقييم كل مستخلص موصوف سابقاً بالإضافة إلى الهيدروولات لنشاطها المضاد للأعشاب *in vitro* على الشعير والعدس و *Lolium* و *Poa* و *Trifolium*. تم اختبار الزيوت الأساسية بطريقتين: عن طريق التلامس المباشر وغير المباشر بنسبة 1%. تم اختيار الزيت الأساسي ذو النشاط المضاد للأعشاب للبحث عن التركيز المثبط، بدءاً من التراكيز 0.75 و 0.5 و 0.25. بالإضافة إلى ذلك، تم دراسة النشاط المضاد للأعشاب للمستخلصات الفعالة في التربة الطبيعية.

أكدت النتائج أن العائد من الأساسي كان أكبر في *T. numidicus* (0.97%) بمقارنة *T. ciliatus* (0.65%). أظهر الاختبار *in vitro* لتأثير المستخلصات القائمة على *T. numidicus* على الإنبات حساسية ملحوظة على الشعير و *Lolium* و *Poa*.

يُعزى أفضل قدرة على تثبيط الإنبات إلى الزيت الأساسي من *T. numidicus* (0%) والمستخلص المائي وكذلك هيدرولاته (6.66%) على بذور الشعير، وكان ضعيفاً إلى حد ما على *Lolium* تحت تأثير الزيت الأساسي (22%). كان أكثر أهمية وفقاً لطريقة العمل عن طريق التلامس المباشر عند التركيز 0.75.

ومع ذلك، لم يكن النشاط الحيوي لمبيدات الأعشاب مهماً في الاختبار *in vitro* حيث ثبت أن جميع أنواع الأعشاب الحولية التي نبتت كانت مقاومة لتأثير نوعي من الزيوت الأساسية التي تم اختبارها بنسبة 1%.

في هذا الصدد، يمتلك الزيت العطري من *T. numidicus* نشاطاً مضاداً للأعشاب مثيراً للاهتمام بهدف صياغة مبيد أعشاب بيولوجي ذو نطاق عمل على أحاديات الفلقة. من المهم تحديد هذه الجزيئات المحتملة المضادة للأعشاب لاستخدامها في الزراعة المستدامة التي تحترم البيئة.

**الكلمات المفتاحية:** *Thymus ciliatus*، *Thymus numidicus*، المستخلصات النباتية، الإنبات، النشاط الحيوي.

# SOMMAIRE

**Remerciements**

**Dédicace**

**RESUME**

**LISTE D'ABREVIATIONS**

**LISTE DES ANNEXES**

**LISTE DES FIGURES**

**LISTE DES TABLEAUX**

**INTRODUCTION**

## *Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique*

<b>1.1 Généralité sur les adventices</b> .....	<b>21</b>
1.1.1 Définition de les adventices .....	21
1.1.2 Diversité des flores de les adventices .....	21
1.1.3 La nuisibilité de les adventices .....	22
1.1.4 Lutte contre les adventices .....	22
A. La lutte culturale .....	23
B. La lutte physique .....	23
C. La lutte chimique .....	23
<b>1.2 Généralités sur les herbicides et bioherbicides</b> .....	<b>24</b>
1.2.1 Définition des herbicides.....	24
1.2.1.1 La formulation .....	24
1.2.1.2 Modes d'applications des herbicides.....	25
1.2.1.3 Modes de pénétration .....	25
1.2.1.4 Mode d'action des herbicides.....	25
1.2.1.5 Contraintes des herbicides.....	26
1.2.2 Aperçu sur les bioherbicides .....	26
1.2.2.1 Potentiel bioherbicide des plantes médicinales .....	27
<b>1.3 Généralité sur les plantes étudiées</b> .....	<b>29</b>

1.3.1	Généralité sur le genre <i>Thym</i> .....	29
1.3.1.1	Nomenclature.....	29
1.3.1.2	Description botanique.....	29
1.3.1.3	Taxonomie.....	30
1.3.1.4	Répartition géographique du <i>Thym</i> .....	30
1.3.2	Présentation de <i>Thymus ciliatus</i> .....	31
1.3.2.1	Nomenclature .....	32
1.3.2.2	Classification taxonomique.....	32
1.3.2.3	Répartition géographique .....	32
1.3.2.4	Activités biologiques de <i>Thymus ciliatus</i> .....	32
1.3.3	Présentation de <i>Thymus numidicus</i> .....	33
1.3.3.1	Nomenclature .....	33
1.3.3.2	Classification taxonomique.....	33
1.3.3.3	Répartition géographique .....	33
1.3.3.4	Activités biologiques de <i>thymus numidicus</i> .....	34

## ***Chapitre 2 : Matériel et Méthodes***

2.1	<b>L'objectif de l'expérimentation</b> .....	36
2.2	Matériel Biologique.....	36
2.3	Préparation des traitements .....	37
2.3.1	Extraction des huiles essentielles .....	38
2.3.2	Préparation des traitements .....	39
2.4	Evaluation du potentiel herbicide des différents traitements .....	40
2.4.1	Evaluation de l'activité herbicide des traitements sous conditions <i>in vitro</i> .....	40
	- Effet sur la germination .....	40
	• Traitement direct.....	40
	• Traitement indirect.....	41
2.4.2	Evaluation des concentrations minimales efficaces des traitements les plus effectifs.....	41
2.4.3	Evaluation de l'activité herbicide des traitements sous conditions <i>in vivo</i> .....	42
2.5	Analyses statistiques.....	42

## ***Chapitre 3 : Résultats et Discussion***

<b>3</b>	<b>RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1</b>	<b>Rendements en huiles essentielles des deux espèces de thym étudiées.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>Les caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de <i>Thymus ciliatus</i> et <i>Thymus numidicus</i> .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3</b>	<b>Résultats sur le pouvoir herbicide des extraits végétaux.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Pouvoir herbicide <i>in vitro</i> des extraits préparés à base de <i>T. numidicus</i>.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Pouvoir herbicide <i>in vitro</i> des extraits préparés à base de <i>T. ciliatus</i>.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Pouvoir herbicide <i>in vivo</i> des extraits préparés à base de <i>T. numidicus</i> et <i>T. ciliatus</i>.....</b>	<b>63</b>
<b>3.2</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>66</b>

**CONCLUSION**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**LES ANNEXES**

## **LISTE D'ABREVIATIONS**

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice

**HE** : huille essentielles

**Spp** : plusieurs espèces

## LISTE DES ANNEXES

**Annexe 01 :** Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes par le test **ANOVA** selon les différents traitements : témoin et extraits préparés à base de *T. numidicus*.

**Annexe 02:** Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes testées par le test **ANOVA** selon les modes d'action (contact direct et contact indirect) de l'huile essentielle de *Thymus numidicus*.

**Annexe 03 :** Analyse de la variance des taux de germination des semences des espèces de plantes testées par le test **ANOVA** selon les dilutions d'HE de *T. numidicus*.

**Annexe 04 :** Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes par le test **ANOVA** selon les différents traitements : témoin et extraits préparés à base de *T. ciliatus*.

**Annexe 05 :** Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes testées par le test **ANOVA** selon les modes d'action (contact direct et contact indirect) de l'huile essentielle de *Thymus ciliatus*.

**Annexe 06 :** Analyse de la variance des taux de germination des semences inféodées au sol par le test **ANOVA** selon l'effet des deux types d'huile essentielle de *T. numidicus* et *T. ciliatus*.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Potentiel bioherbicide selon les familles Botaniques .(De <b>Mastro et al,2021</b> ).....	<b>28</b>
<b>Figure 02</b> : <i>Thymus ciliatus</i> ( site : grainedevie.net).....	<b>32</b>
<b>Figure 03</b> : <i>Thymus numidicus</i> . (cliché Y . Messara 2028).....	<b>33</b>
<b>Figure 04</b> : Les espèces de thym étudiées (photos originales: <b>Meroua OUAKKAL</b> ).....	<b>36</b>
<b>Figure 05</b> : Lieux de récoltes des échantillons (photos originales: <b>Meroua OUAKKAL</b> ) .....	<b>37</b>
<b>Figure 06</b> : Processus d'extraction des huiles essentielles.....	<b>38</b>
<b>Figure 07</b> : Suspensions des huiles essentielles : <i>Thymus ciliatus</i> et <i>Thymus numidicus</i> .....	<b>39</b>
<b>Figure 08</b> : les huiles essentielles de <i>Thymus numidicus</i> et <i>Thymus ciliatus</i> .....	<b>46</b>
<b>Figure 09</b> :Variabilité de la germination in vitro des semences d'orge et de <i>Lolium</i> testées sous l'effet des différents extraits préparés à partir de chacune des espèces de <i>Thymus ciliatus</i> et <i>Thymus numidicus</i> .....	<b>47</b>
<b>Figure 10</b> : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les extraits préparés à base de <i>Thymus numidicus</i> .....	<b>49</b>
<b>Figure 11</b> : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les modes d'action des traitements : témoins et extraits préparés à base de <i>Thymus numidicus</i> .....	<b>52</b>
<b>Figure 12</b> : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les concentrations de l'huile essentielle à base de <i>Thymus numidicus</i> .....	<b>55</b>
<b>Figure 13</b> : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les extraits préparés à base de <i>Thymus ciliatus</i> .....	<b>58</b>
<b>Figure 14</b> : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les modes d'action des traitements : témoins et HE de <i>Thymus ciliatus</i> .....	<b>61</b>
<b>Figure 15</b> : Variabilité de la germination des adventices naturelles du sol testé sous l'effet de chaque huile essentielle de <i>Thymus ciliatus</i> et <i>Thymus numidicus</i> .....	<b>64</b>

**Figure 16 :** Variabilité des taux de germination des semences inféodées au sol selon l'effet de chacune des deux types d'huile essentielle *Thymus numidicus* et *Thymus ciliatus*.....**65**

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b> : Localisation des principales espèces de genre <i>Thymus</i> en Algérie <b>Benayache (2013) et Saadallah (2020)</b> .....	<b>31</b>
<b>Tableau 02</b> : Rendement en HE de <i>Thymus ciliatus</i> et <i>Thymus numidicus</i> endémiques.....	<b>45</b>
<b>Tableau03</b> : caractéristique organoleptiques d’HE de <i>T.ciliatus</i> et <i>T.numidicus</i> .....	<b>49</b>
<b>Tableau 04</b> : Classement des traitements : témoin et extraits préparés à base de <i>T. numidicus</i> selon les plantes testées par le test de Tukey.....	<b>50</b>
<b>Tableau 05</b> : Classement des modes d’action des traitements : témoin et extraits préparés à base de <i>T. numidicus</i> par le test de Tukey.....	<b>53</b>
<b>Tableau 06</b> : Classement des concentrations de l’huile essentielle préparée à base de <i>T. numidicus</i> selon les taux de germination enregistrés sur chaque plante par le test de Tukey.....	<b>56</b>
<b>Tableau 07</b> : Classement des traitements : témoin et extraits préparés à base de <i>T. ciliatus</i> selon les plantes testées par le test de Tukey.....	<b>59</b>
<b>Tableau 08</b> : Classement des modes d’action des traitements : témoin et Huile essentielle de <i>Thymus ciliatus</i> selon les taux de germination selon les plantes par le test de Tukey.....	<b>62</b>
<b>Tableau 09</b> : Classement des traitements (témoin et HE de <i>T. numidicus</i> et <i>T. ciliatus</i> ) par le test Tukey selon les taux de germination enregistrés <i>in vivo</i> sur un sol naturellement infesté par les mauvaises herbes.....	<b>65</b>

# ***INTRODUCTION***

# INTRODUCTION

L'agriculture est l'un des secteurs clés de l'économie algérienne. Elle contribue à la création d'emplois, à la production de biens agricoles, à l'approvisionnement alimentaire du pays et à la réduction de la dépendance aux importations.

L'Algérie dispose d'une superficie agricole considérable, avec des terres cultivables s'étendant sur environ 8,5 millions d'hectares. Cependant, seule une partie de ces terres est actuellement exploitée, et il y a encore un potentiel important pour le développement de l'agriculture.

Différentes cultures céréalières telles que le blé, l'orge, le maïs, ainsi que des cultures oléagineuses comme l'olivier, le tournesol et le colza, les fruits et les légumes sont également cultivés, notamment les agrumes, les tomates, les pommes de terre, les oignons et les légumineuses.

Cependant, de nombreuses contraintes font face à l'agriculture d'aujourd'hui. Les bioagresseurs sont les plus importants parmi lesquels, sont cités les mauvaises herbes qui, ont de graves répercussions économiques sur l'agriculture et menacent notre approvisionnement alimentaire mondial. Elles peuvent concurrencer les cultures pour l'eau, les nutriments et la lumière. Elles peuvent également héberger des ravageurs et des maladies. Ces risques sont principalement atténués par les applications d'herbicides. Malheureusement, leur utilisation inappropriée menace l'environnement et la santé humaine et animale (**Mahmudul et al.,2022**).

En effet, l'utilisation massive et inappropriée des herbicides ont progressivement entraîné l'apparition d'un large éventail de problèmes allant des contaminations alimentaires et environnementales à l'apparition de biotypes résistants.

D'où, la nécessité de rechercher et appliquer des bioherbicides respectueux de l'environnement (**Hoagland et al., 2007, Bailey, 2014**). Les bioherbicides ont été introduits pour la première fois sur les marchés commerciaux en 1980 et les agriculteurs aux États-Unis, au Canada, L'Ukraine et l'Europe étaient les seuls utilisateurs des produits (**Charudattan, 2001, Bailey, 2014, Cordeau et al., 2016**).

La littérature a rapporté l'intérêt de plusieurs microorganismes et produits végétaux ayant prouvé leur efficacité à l'échelle de recherche au laboratoire et sur terrain mais, seuls quelques-uns de différentes origine (9 fongiques, 3 bactériens et un extrait végétal) sont disponibles sur les marchés actuels **(Cordeau et al., 2016)**.

À cet égard, de nombreuses études ont été principalement menées sur l'évaluation des activités herbicides des métabolites secondaires végétaux **(Hazrati et al., 2017 ; Mahdavia et al., 2017)**. Parmi lesquels, les huiles essentielles (HE) ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche **(Taban et al., 2013 ; Hamdi et al., 2017 ; de Assis Alves et al., 2018 ; Hazrati et al., 2018)**. Les résultats ont prouvé le pouvoir herbicide de quelques composés volatils de certaines HE, notamment les terpènes, comme biomolécules bioherbicides **(Hamdi et al., 2017 ; Umpierrez et al., 2017)**.

Dans la même optique, notre étude s'est orientée vers l'évaluation de l'activité bioherbicide de quelques extraits végétaux à base de deux plantes aromatiques et médicinales endémiques protégées en vue d'améliorer leur biomasse végétale ainsi que le rendement et, la qualité de leur biomolécules à potentiel bioherbicide. Il s'agit de *Thymus ciliatus* et *Thymus numidicus*.

***SYNTHESE***

***BIBLIOGRAPHIQUE***

## 1.1. Généralité sur Les adventices

Cette partie rapporte les informations essentielles sur les adventices.

### 1.1.1. Définition des adventices

Par définition, une adventice est n'importe quelle plante qui pousse dans un endroit sans y avoir été intentionnellement installée (Soltys et al., 2013). Elle se retrouve évidemment dans les champs mais aussi en exploitation forestière (fougère par exemple), sur les infrastructures (bâtiments, voies ferrées, ...) et dans les parcs et jardins (Tesio & Ferrero, 2010). En effet, ces adventices rentrent en concurrence avec les plantes cultivées pour l'accès aux ressources (eau, nutriments et lumière). Celles-ci présentent plusieurs désavantages qui expliquent la mise en place de méthodes de lutte visant leur contrôle (Jabran et al., 2015).

### 1.1.2. Diversité des flores de les adventices

Les adventices appartiennent à un grand nombre de familles botaniques, mais plus de la moitié des espèces fréquemment rencontrées appartiennent aux familles suivantes : *Astéracées*, *Poacées*, *Cyperacées*, *Polygonacées*, *Brassicacées* et *Apiacées*. La famille des *Poacées* compte le plus grand nombre d'adventices, mais aussi le plus grand nombre de plantes cultivées (Zimdahl, 2007).

D'après Gunton et al., 2011 Certaines adventices présentent des stratégies intermédiaires entre une stratégie totalement rudérale et une stratégie compétitive, elles peuvent être :

Des plantes vivaces qui se reproduisent de manière végétative ou qui restent en place pendant plusieurs années, telles que le chiendent, le laiteron des champs, le liseron, le tussilage, le chardon, etc.

Des plantes annuelles qui se reproduisent par graines et qui ont souvent un fort potentiel de reproduction, telles que l'amarante, le coquelicot, le chénopode, la sétaire, la folle avoine, la véronique, la stellaire, etc.

Les adventices présentent généralement une stratégie écologique de type rudéral, adaptée aux environnements perturbés et riches en ressources, tels que les agroécosystèmes. Cette stratégie se caractérise par des besoins nutritionnels élevés, un cycle de vie court (avec une

croissance rapide, une petite taille et une floraison précoce) et une forte allocation de ressources à la reproduction (production d'un grand nombre de petites graines pouvant maintenir leur capacité germinative pendant une longue période)(**Grime, 2001**).

### 1.1.3. La nuisibilité des adventices

Les adventices résistantes aux herbicides posent un problème sérieux pour les agriculteurs et autres gestionnaires de terres, car elles sont capables de survivre à l'exposition à des herbicides qui étaient autrefois efficaces pour les contrôler. Cette situation peut entraîner d'importantes pertes de récoltes et des coûts accrus liés à la gestion des mauvaises herbes (**Powels, 2008**).

Le développement de la résistance aux herbicides chez les adventices est un problème complexe, mais plusieurs facteurs peuvent y contribuer. L'un des plus importants est l'utilisation répétée du même herbicide au fil du temps. Cette pratique peut favoriser la sélection d'individus au sein de la population de mauvaises herbes qui sont naturellement résistants à l'herbicide. Une fois que ces individus résistants s'établissent, ils peuvent se reproduire et transmettre leur résistance à leur descendance (**Willey, 2015**).

D'autres facteurs qui peuvent contribuer à la résistance aux herbicides comprennent l'utilisation d'herbicides qui ne sont pas adaptés aux espèces de mauvaises herbes présentes, l'utilisation d'herbicides à des doses sublétales et l'utilisation d'herbicides en combinaison avec d'autres pratiques qui favorisent la résistance (**Radosevich et al, 2017**).

En plus de l'impact économique, la résistance aux herbicides peut avoir des répercussions environnementales préoccupantes. L'utilisation accrue d'herbicides peut conduire à une contamination plus importante des sols et des sources d'eau, ce qui peut avoir des effets néfastes sur les écosystèmes environnants. De plus, cela peut perturber l'équilibre naturel entre les mauvaises herbes et les autres plantes d'un écosystème, avec des conséquences sur la biodiversité et les interactions écologiques (**Powels et Bosch, 2015**).

### 1.1.4. Lutte contre les adventices

Plusieurs moyens de lutte peuvent être préconisés contre les mauvaises herbes, nous distinguons :

## A. La lutte culturale

Plusieurs pratiques agricoles sont mises en évidence pour éviter l'émergence des mauvaises herbes dans les champs des cultures. Parmi ces méthodes, **Bajwa et al., (2015)** ont cité :

- Le travail du sol (Travail en bande pour cibler les mauvaises herbes).
- La gestion des éléments nutritifs des cultures.
- Le contrôle des semences de cultures.

Par ailleurs, la rotation des cultures est considérée comme une des méthodes culturales pour diminuer l'emploi des herbicides. Certaines cultures montrent des avantages compétitifs, réduisant ainsi l'impact des adventices associées avec elles (**Jabran et al., 2015**).

-Le faux semis qui consiste à créer des conditions favorables à la germination des graines d'adventices afin de les détruire avant le semis de la bonne culture.

## B. La lutte physique

Selon **Melander et al., (2005)**, plusieurs méthodes sont disponibles en lutte physique :

- Le retournement de la couche supérieure de la terre pour enfouir les plantes indésirables
- Le désherbage manuel et l'arrachage. Il peut se faire soit directement à la main ou à l'aide d'appareils qui arrachent mécaniquement les adventices
- La méthode thermique qui utilise les hautes températures pour détruire les adventices.

## C. La lutte chimique

Qu'étant une méthode sélective, doit être utilisée avec précaution afin de choisir un herbicide qui n'affecte pas la plante cultivée (**Fenni, 1991**). Cette méthode complète les autres moyens de lutte et permet d'éliminer les adventices, mais elle ne peut en aucun cas les remplacer entièrement. Il est important de souligner que considérer le désherbage chimique comme une solution miracle serait erronée.

## 1.2. Généralités sur les herbicides et bioherbicides

Cette partie rapporte les informations essentielles sur les herbicides chimiques et biologiques.

### 1.2.1. Définition des herbicides

Les herbicides font partie de la famille des pesticides, qui est à son tour incluse dans la famille des biocides. Ils sont utilisés dans l'agriculture, les terrains de golf, la sylviculture, pour lutter contre les mauvaises herbes qui nuisent aux plantes cultivées, qu'elles soient herbacées ou ligneuses. La méthode agricole associée à leur utilisation est le désherbage chimique. Les herbicides agissent différemment en fonction de leur mode d'action (**Directive PE-CE,2009**).

#### 1. 2.1.1. La formulation

La formulation correspond à la forme physique sous laquelle le produit phytopharmaceutique est mis sur le marché ; obtenue par le mélange des matières actives et des formulants, elle se présente sous une multitude de formes, solides ou liquides. Les plus couramment répandues sont les suivantes :

- pour les **formulations solides** : Les Granulés (G), Pellet (P), les poudres mouillables (WP ou W) , Poudre soluble (SP), Granulés dispersible dans l'eau ou sec Fluide (WDG ou DF)
- pour les **formulations liquides**
  - les concentrés solubles (SL), composés de produits solubles dans l'eau,
  - les concentrés émulsionnables (E ou EC), composés de produits liquides en émulsion dans le produit,
  - les suspensions concentrées fluides ou aqueuse (F, L ou AS ), appelées (parfois flow de l'anglais flowable), composées de particules solides dispersées dans le produit.

#### 1. 2.1.2. Modes d'applications des herbicides

Les herbicides se distinguent par rapport à leur voie de pénétration dans les végétaux et à

leur déplacement dans la plante :

- Les herbicides foliaires de contact qui agissent localement sur les parties aériennes de la plante
- Les herbicides foliaires systémiques qui agissent sur l'ensemble de la plante car la matière active du produit circule dans le système vasculaire
- Les herbicides racinaires systémiques qui circulent dans le système racinaire (**Fredon Lorraine, 2013**).

### 1. 2.1.3. Mode de pénétration

Le mode de pénétration renseigne sur la façon dont l'herbicide entre dans la plante à travers l'organe qui sera ainsi touché. La pénétration peut se faire via les tissus méristématiques (cotylédons, gemmules, bourgeons), les racines (herbicide racinaire) ou les feuilles (herbicide foliaire). Si l'herbicide pénètre superficiellement à la surface de l'organe touché et s'il n'agit qu'à cet endroit, on parle d'herbicide de contact. Tandis que s'il pénètre dans la plante et y circule on parle d'herbicide systémique (**Creech et al., 2018**).

Les herbicides de contact détruisent essentiellement en nécrosant les parties atteintes lors de l'application du produit. Ils ne se déplacent que faiblement dans la plante et leur action est généralement rapide. Par contre, les herbicides systémiques sont eux absorbés par la partie de la plante sur laquelle ils sont appliqués ; ils sont ensuite véhiculés dans la plante et peuvent ainsi exercer une action phytotoxique dans d'autres parties de la plante. La pénétration et la migration dans la plante peut se faire par les stomates, les trichomes ou à travers la cuticule en elle-même. Cette action est en général plus lente que celle des herbicides de contact (**Creech et al., 2018 ; Wang & Liu, 2007**).

### 1. 2.1.4. Mode d'action des herbicides

La plupart des herbicides commerciaux ciblent des enzymes impliquées dans des mécanismes importants chez la plante (**Dayan et al, 2012**). Les sites d'action ciblés par ces produits sont la photosynthèse, la synthèse de pigment photosynthétique et des acides aminés, le transfert d'énergie, l'expression et la régulation de gènes, la régulation hormonale, la macrostructure (polymérisation des microtubules, synthèse de cellulose), la synthèse de

lipides, la fonction des membranes et la stabilité des lipides, le cycle cellulaire de la plante. Par exemple, l'atrazine est un inhibiteur du photosystème II (PSII), le chlorsulfuron inhibe la synthèse d'acétolactate synthase, le dicamba inhibe la synthèse d'auxines et le glyphosate cible le 5-énolpyruvylshikimate-3 phosphate synthase (EPSPS) (Shariq I. Sherwani, 2016).

#### 1. 2.1.5. Contraintes des herbicides

Dans la nature, des phénomènes de résistance aux pesticides se sont développés en raison de l'utilisation croissante de désherbants, similaires aux phénomènes d'antibiorésistance. Certains végétaux ont acquis la capacité de métaboliser et de décomposer les pesticides qui sont toxiques pour d'autres plantes (**Kömives et al., 2003**).

L'utilisation intensive d'herbicide a entraîné l'émergence de résistances chez certaines mauvaises herbes. Ces résistances, observées même à plusieurs désherbants, posent des problèmes complexes pour la gestion des cultures (**Moss, Clark, 1994**).

Leur utilisation a révélé un impact négatif sur les rendements des cultures (**Vila-Aiu et Ghers, 2005**) et favorise la survie des adventices concurrentes, pouvant causer des pertes économiques et des problèmes sanitaires.

L'utilisation d'herbicides a entraîné une contamination répandue des eaux de surface (**Dubois, 2013**) et des eaux souterraines (**Willis et Mcdowell, 1983**). La contamination des eaux peut être causée par la substance active elle-même ou par ses produits de dégradation (**Bommelaer et Devaux 2011**). Les résidus de pesticides sont également présents dans de nombreux sols, même à distance des zones d'application initiales (**GIS, 2011**).

L'usage des herbicides est associé à l'apparition de diverses maladies chez les agriculteurs et leur famille, telles que la dépression (**Marc et al, 2013**), le cancer (**Dreiherr et Kordysh, 2006**), la dégénérescence rétinienne, les problèmes respiratoires (**Jane et al, 2002**), la maladie de Parkinson (**Ascherio, 2006**) et les malformations congénitales (**Gaspari, 2011**).

#### 1.2.2. Aperçu sur les bioherbicides

Les bioherbicides sont des agents biologiques utilisés pour cibler les plantes indésirables. Un bioherbicide était défini comme une substance conçue pour réduire les mauvaises herbes sans causer de dommages à l'environnement (**Revue semestrielle de terminologie française,**

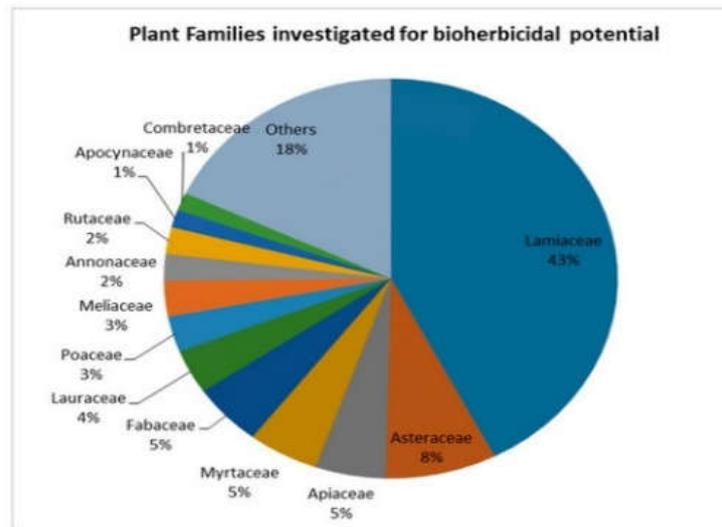
1971). Selon **Bailey (2014)**, les bioherbicides sont considérés comme des produits d'origine naturelle ayant des propriétés dés herbantes. Ces produits peuvent avoir deux origines différentes : microbienne ou végétale telles que les substances dérivées d'organismes vivants, notamment les métabolites naturels qu'ils produisent tout au long de leur croissance et de leur développement.

Les bioherbicides sont recherchés à la fois dans les systèmes agricoles conventionnels et biologiques, dans le but de trouver de nouveaux modes d'action contre la résistance des mauvaises herbes et d'offrir des alternatives puissantes aux herbicides synthétiques (**Cordeau, et al., 2016**).

### 1.2.2.1. Potentiel bioherbicide des plantes médicinales

L'intérêt pour l'exploitation du potentiel herbicide naturel des plantes découle d'un besoin mondial de trouver de nouvelles stratégies durables de lutte contre les mauvaises herbes (**Puig et al, 2018**).

Il a été rapporté dans la littérature que les huiles essentielles de plantes comme l'origan (**Da Mastro et al, 2006**), le thym (**Hanana et al, 2017**) le romarin (**Atak et Urtmis, 2016**) et la menthe (**Onaran et al, 2014**) sont efficaces comme bioherbicides grâce à la présence de composés volatils bioactifs tels que l' $\alpha$ -pinène, le limonène, le 1,8-cinéole, le carvacrol, le camphre et le thymol. Ces composés ont des niveaux différents de phytotoxicité. Par ailleurs certains composés phénoliques des huiles essentielles agissent comme bioherbicides commerciaux dans des interactions allélopathiques. Leurs mécanismes d'action précis sur les mauvaises herbes sont peu étudiés, mais des composés individuels et certains mécanismes ont été explorés.



**Figure 01: Potentiel bioherbicide selon les familles Botaniques. (De Mastro et al,2021)**

Les Lamiaceae, une famille de plantes, représentent 43% des espèces étudiées et sont connues pour contenir des concentrations élevées d'allélochimiques volatils, ce qui justifie leur intérêt dans ces études. De nombreux efforts ont été déployés pour extraire les allélochimiques des plantes et les tester dans des bioessais bioherbicidaires, avec succès. Ces études portées sur les activités herbicides des plantes ont été réalisées par de nombreux chercheurs dont **Chen et al (2013)**, **Kashkooli et Saharkhiz (2014)**, **Atak et al (2016)**, **Hazrati et al (2018)**, **Matković et al (2018)**, **Jouini et al (2020)**, **Abd-Elgawad et al (2020)**, et **Maccioni et al (2020)**.

### 1.3. Généralité sur les plantes étudiées

Notre étude repose sur l'évaluation du pouvoir herbicide de quelques espèces de thym cette partie rapporte les informations essentielles sur ce genre.

#### 1.3.1. Généralité sur le genre Thym

« **Thym** » vient du grec et du latin et désigne plusieurs labiées aromatiques de petite taille. Ce nom ne provient ni d'une plante pour embaumer les corps ni de la racine grecque "Thym" signifiant "exhaler une odeur". Le Thym commun du midi est le *Thymus Vulgaris*, connu également sous le nom de « farigole » en provençal. Il est souvent cultivé dans les jardins. Ce mot vient du latin *ferus*, signifiant sauvage. Les plantes rampantes sont appelées « serpolet ». Ce nom vient du latin *serpyllum* qui désignait les thyms rampants et du grec *herpillon* pour les plantes (Couplan, 2012).

##### 1.3.1.1. Nomenclature

Le thym tire son nom de la nomenclature d'origine grecque « *Thymus* », qui signifie « parfumer » en raison de son agréable odeur, ou du mot « *thymos* » qui signifie « force » : plante aromatique et stimulante (Pariante, 2001). En arabe, il est connu sous les noms de « Zaâteur » (Quezel et Santa, 1963) ou « zaatar » (Kabouche et al, 2005), et en tamazigh, on peut le trouver sous les noms « Tizaatarte » (Mebarki, 2010). En Français on trouve son nom Thym (Quezel et Santa, 1963). Son nom scientifique est *Thymus* (Quezel et Santa, 1963).

##### 1.3.1.2. Description botanique

Les thyms sont de petites plantes semi-ligneuses qui peuvent atteindre une hauteur de 40cm. Leurs feuilles sont petites, recourbées sur les bords, d'une couleur verte foncée et recouvertes de poils et glandes appelées trichomes. Les trichomes contiennent une huile essentielle composée principalement de monoterpènes. Les calices et les jeunes tiges sont également couverts de ces structures qui libèrent leur essence au simple contact, bien que leur densité soit plus faible sur les tiges. Les petites fleurs zygomorphes sont regroupées en

glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose ( **Soto-Mendivil et al,2006**).

### 1.3.1.3. Taxonomie

Classification taxonomique Selon **Mebarki (2010) et Madi (2010)** :

- **Règne** : Plantae
- **Division** : Magnoliophyta
- **Embranchement** : Spermaphytes (phanérogames)
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Famille** : Lamiaceae (labiées)
- **Genre** : *Thymus*

### 1.3.1.4. Répartition géographique du Thym

#### A) Dans le monde

Le genre *Thymus* est l'un des 250 genres les plus diversifiés de la famille des Labiées. Selon **Dob et al., 2006**, il existe près de 350 espèces de thym réparties entre L'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée. C'est un genre très répandu dans le Nord-Ouest africain (Maroc, Algérie, Tunisie et Libye), il pousse également sur les montagnes D'Ethiopie et d'Arabie du sud-ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Egypte. On Peut le trouver également en Sibérie et même en Himalaya. Selon une étude menée par **Nickavar et al.,2005**, environ 110 espèces différentes du genre *Thymus* se concentrent dans Le bassin méditerranéen. ( **Benayache, 2013**).

#### B) En Algérie

À la région algérienne, **Quezel et Santa 1963** décrivent 12 Espèces de *Thymus* dont huit sont endémiques (**Dob et al., 2006**). Par ailleurs, le thym est Une plante répandue en Algérie, les différentes espèces qui y existent sont réparties le long Du territoire national, du Nord Algérois à l'Atlas saharien, et du Constantinois à L'Oranais (**Kabouche, 2005**). La répartition géographique du genre *Thymus* en Algérie est représentée dans le **Tableau 01** .

**Tableau 01 : Localisation des principales espèces de genre *Thymus* en Algérie Benayache (2013 ) et Saadallah (2020).**

<b>Espèces</b>	<b>Découverte par</b>	<b>Localisation</b>
<i>Thymus capitatus</i>	Hoffman et Link	Rare dans la région de Tlemcen
<i>Thymus fontanesii</i>	Boiss et Reuter	Commun dans le Tell Endémique Est Algérie-Tunisie
<i>Thymus commutatus</i>	Battandier	Endémique Oran
<i>Thymus numidicus</i>	Poiret	
<i>Thymus guyoni</i>	Noé	Rare dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois, oranais et constantinois
<i>Thymus pallidus</i>	Coss	Très rare dans le sous-secteur de L'Atlas Saharien et constantinois
<i>Thymus hirtus</i>	Willd	Commun sauf sur le littoral
<i>Thymus glandulosus</i>	Lag	Très rare dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois
<i>Thymus algériensis</i>	Boiss et Reuter	Très commun dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois, oranais
<i>Thymus munbyanus</i>	Boiss et Reuter	Endémique dans le secteur Nord algérois

### 1.3.2. Présentation de *Thymus ciliatus*

### 1.3.2.1. Nomenclature

**Nom Vernaculaire :** Thym cilié rampant, laineux

**Nom Scientifique :** *thymus ciliatus* (Quezel et Santa, 1963)

**Nom Arabe :** زعتر , Zaater (Kabouche et al, 2005)



**Figure 02:** *Thymus ciliatus* (site : grainedevie.net)

### 1.3.2.2. Classification taxonomique

Selon **Quezel et Santa, 1963**. Le *Thymus ciliatus* est une -espèce qui appartient à:

- **Embranchement :** Phanérogames
- **Classe :** Dicotylédones
- **Famille :** Labiées
- **Genre :** Thymus
- **Espèce :** *Thymus Ciliatus*

### 1.3.2.3. Répartition géographique

*Thymus ciliatus* est limité à l'Afrique du Nord. On le trouve dans les montagnes du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie, on le trouve également en Espagne, en France, en Italie, en Turquie et en Grèce.

### 1.3.2.4. Activités biologiques de *Thymus ciliatus*

Selon les études de recherche, il a été démontré que l'huile essentielle de *Thymus Ciliatus* présente une forte activité antibactérienne et antifongique (Amarti et al, 2009). De plus, elle possède une bonne activité antioxydant (Kholkhal, 2014) .Il est efficace contre les champignons et la pourriture du bois (El ajjouri et al, 2009).

### 1.3.3. Présentation de *Thymus numidicus*

#### 1.3.3.1. Nomenclature

**Nom Scientifique :** *Thymus numidicus* Poirt

**Nom en Kabyle :** Thazâatarine



**Figure 03 :** *Thymus numidicus*. (clichéY . Messara 2028)

#### 1.3.3.2. Classification taxonomique

La classification du *Thymus numidicus* (El Ajjouri, Satrani et al., 2008)

- **Embranchement :** Phamérogames
- **Classe :** Dicotylédones
- **Famille :** Lamiaceae
- **Genre :** Thymus
- **Espèce :** *Thymus numidicus*

#### 1.3.3.3. Répartition géographique

*Thymus numidicus* est une espèce endémique algérienne, que l'on retrouve dans le secteur de l'Atlas tellien, la grande et la petite Kabylie, au niveau du Tell constantinois et de Skikda à la frontière tunisienne.

#### 1.3.3.4. Activités biologiques de *Thymus numidicus*

En ce qui concerne l'huile essentielle de *Thymus numidicus*, il a été constaté que son pouvoir antimicrobien est extrêmement important et se caractérise par une action bactéricide (**Messara, 2012**). De plus, elle présente une activité antioxydante et anti-radicalaire (**Djeddi et al, 2015**), une activité antifongique (**Fernane et al, 2018**) et une activité insecticide (**Ferchichi et al, 2015**).

# ***MATERIEL ET METHODES***

## 2.1. L'objectif de l'expérimentation

Notre étude a été réalisée dans le laboratoire de recherches sur les plantes médicinales et aromatiques et la serre pédagogique, au niveau de département de Biotechnologie et Agro-Ecologie. De l'Université de Saad Dahleb Blida1. L'expérimentation s'est déroulée du mois de mars2023 au mois de Mai 2023.

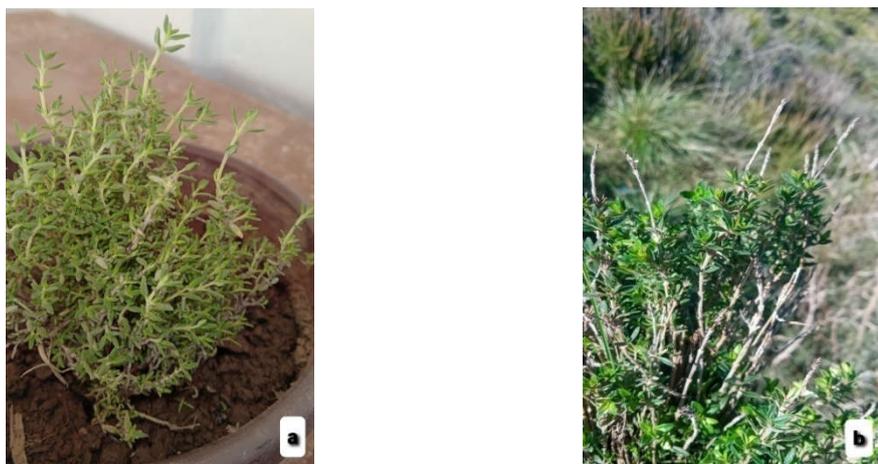
L'étude que nous avons menée à pour objectif d'évaluer la présence de composés bioactifs ayant une activité herbicide dans certaines espèces de la flore endémique algérienne telle que le thym.

Cet travail nécessite l'utilisation d'un matériel végétal et les suivis d'une méthodologie comportant plusieurs étapes essentielles :

- Évaluation In vitro de l'effet herbicide de thym
- Évaluation in vivo de l'effet herbicide de thym

## 2.2. Matériel Biologique

Le matériel végétal de départ consiste en 2 espèces de Thym : *Thymus ciliatus* Desf. Subsp. *Coloratus* (Boiss, et Reut ) Batt. et *Thymus numidicus* Poirt pour préparation des traitements. Ces espèces ont été choisies en raison de leurs importances écologiques et de leur abondante présence dans les écosystèmes naturels algériens. (Figure 4 )

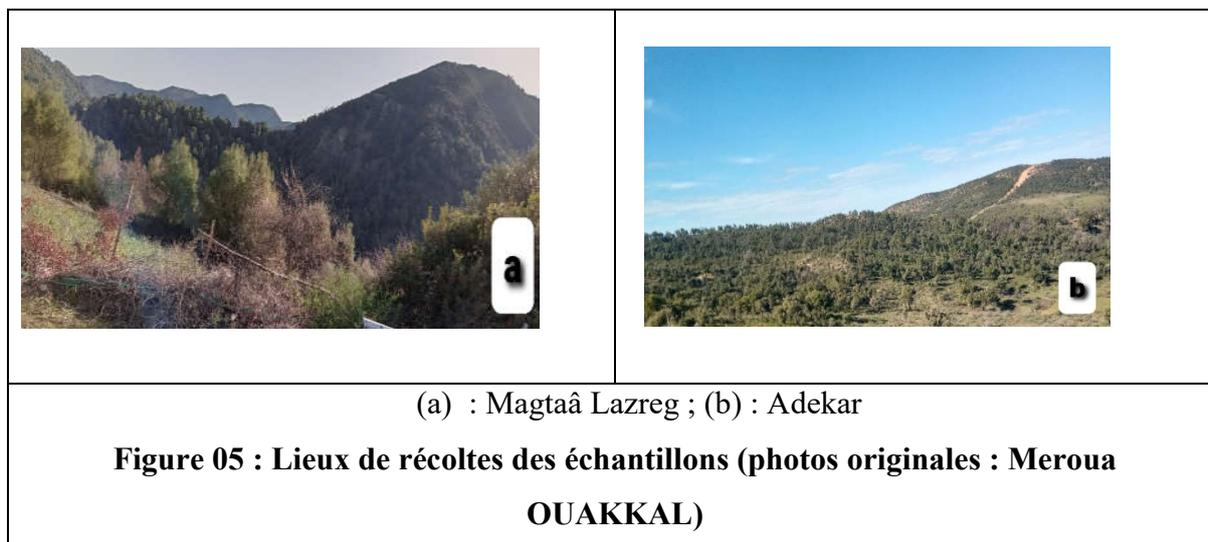


(a) : *Thymus Ciliatus coloratus* (Boiss, et Reut ) Batt ; (b) : *Thymus numidicus* Poirt.

**Figure 04 : Les espèces de thym étudiées (photos originales : Meroua OUAKKAL).**

Parties aériennes de *Thymus ciliatus* Desf. Subsp. *Coloratus* (Boiss. Et Reut.) Batt ont été récoltés au stade végétatif au mois de mars au niveau de PARC National de Chréa, secteur de Hammam Melouane (W. Blida) au point dit Magtaâ Lazreg. (Figure 5).

Les parties aériennes de *Thymus numidicus* Poirt ont été récoltés au stade végétatif au mois de janvier à Adekhar, wilaya de Bejaia. (Figure 5).



L'identification botanique du matériel végétal a été faite, d'abord au niveau du département de Biotechnologie et Agro-Écologie à Université de Blida 1, puis au niveau du Jardin Botanique du Hamma (Jardin d'essai d'Alger).

Le second matériel végétal consiste en les graines des espèces testés : *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Trifolium alexaderium*, *Horreur vulgare* et *lens culinaris*. Les graines de *L. perenne*, *P. annua* et *T. alexaderium* ont été achetées auprès de Weberseeds Company (Vaals, Pays-Bas), celle de *H. Vulgare* et *L. culinaris* par la Cooperative des Céréales et Légumes Secs de Galema (CCLS).

### 2.3. Préparation des traitements

Une fois au laboratoire, les d'échantillons frais des plantes récoltées ont été pesées puis rincées à l'eau du robinet pour éliminer la poussière et les débris. Les échantillons ont été disposés à plat sur un plan en conditions ambiantes (température entre 20 et 25°C) et retournés régulièrement pour éviter tout risque de fermentation jusqu'à ce qu'ils soient

complètement secs. Après cela, la matière sèche a été divisée en 2 parties, une première pour l'extraction des huiles essentielles et une seconde pour la préparation des extraits aqueux.

Celle destinée à l'extraction des huiles essentielles a été conservée telle quelle alors que celle destinée à la préparation des extraits aqueux a été broyée en une poudre fine à l'aide d'un mixeur de cuisine. Toute la matière sèche et la poudre a été stockés dans des bocaux en verre stériles et hermétiques à température ambiante (25°C) et au sec jusqu'à utilisation.

### 2.3.1. Extraction des huiles essentielles

L'huile essentielle de Thym a été extraite par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger (**Figure 6**) au niveau du département de Biotechnologie et Agro-Ecologie.

Une masse de 100g de matière sèche a été introduite dans un ballon en verre de 1L contenant une quantité suffisante d'eau distillée 500mL. Le mélange a été porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon. Les vapeurs chargées de essentielles se condensent, refroidissent dans le serpentín de l'appareil et se séparent de l'hydrolat par différence de densité. L'Hydrodistillation dure 1h.



**Figure 06: Processus d'extraction des huiles essentielles (Photo originale)**

- Après l'extraction, les huiles essentielles extraites ont été pesées et les rendements ont été déterminés selon la formule ci-dessous :

$$R(HE) = (M_{HE} / M_{MV}) \times 100$$

**Ou :**

**R(HE) :** rendement en huile essentielle (%).

**M HE** : masse d'huile essentielle en gramme.

**M MV** : masse de la matière végétale utilisée en gramme.

- L'huile essentielle et hydrolat ont été conservée dans des flacons bruns hermétiques à une température de 4°C jusqu'à la préparation des traitements.

-

#### ❖ **Caractères organoleptiques des huiles essentielles**

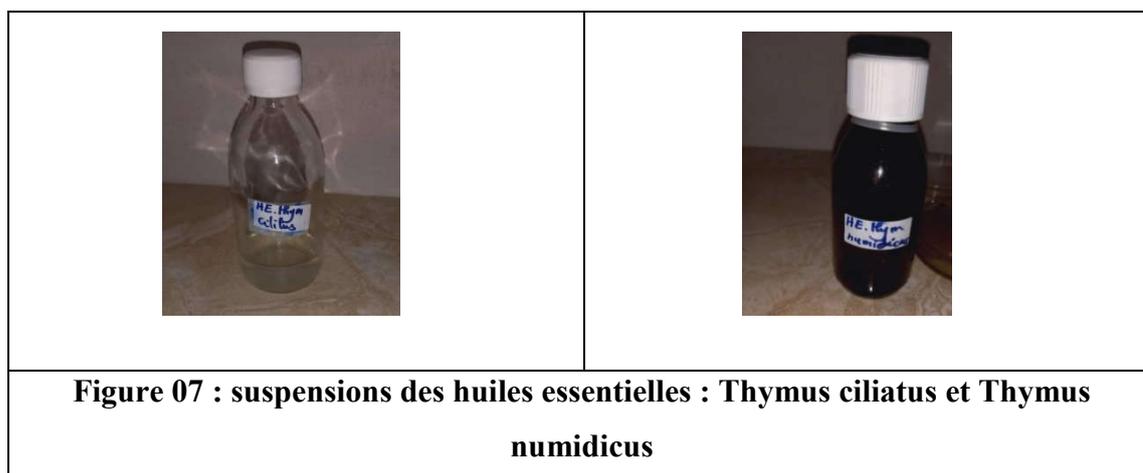
Les caractéristiques organoleptiques d'huile essentielle regroupe tout ce qui est perceptible par le sens dont l'aspect, la couleur et l'odeur.

### 2.3.2. Préparation des traitements

Pour l'évaluation de l'activité herbicide de *T. ciliatus* et *T. numidicus*, trois traitements ont été préparés comme suit :

#### - **Les suspensions des huiles essentielles**

Une solution d'une concentration de 1% a été préparée en mettant 1mL d'huile essentielle dans 100 mL d'eau distillée stérile et en utilisant une solution de Tween® 20 à 2 comme agent émulsifiant (Abd-ElGawad *et al.* ; 2020)(Figure 7).



#### - **Préparation de l'extrait aqueux**

Quarante (40) grammes de la poudre de l'échantillon ont été trempées dans 100ml d'eau distillée et agitées pendant 24 heures à 25°C sur un agitateur horizontal. L'extrait a été filtré

trois fois à travers du papier Whatman et une fois de plus à l'aide d'un filtre à seringue. Ensuite, ils ont été conservés à 4°C dans l'obscurité jusqu'à leur utilisation (**Chon et al., 2005**).

## **2.4. Evaluation du potentiel herbicide des différents traitements**

Le potentiel herbicide de l'huile essentielle, de l'extrait aqueux et Hydrolat a été testé sur la germination des espèces tests dans dans des conditions *in vitro* puis *in vivo*, en utilisant deux méthodes de l'application de traitements : directe (par trempage) et indirecte ( par macro-atmosphère).

- Aussi, les traitements les plus efficaces ont été dilués pour déterminer la dose minimale inhibitrice.

### **2.4.1. Evaluation de l'activité herbicide des traitements sous conditions *in vitro***

Ce test a pour objectif d'évaluer le potentiel des traitements à inhiber ou retarder la germination des graines. Cela pourrait être un outil approprié pour contrôler les mauvaises herbes, nettoyer le sol des graines de mauvaises herbes ou éviter la concurrence des mauvaises herbes dans les premiers stades de développement de la culture, permettant à la culture de se développer et d'échapper à la période critique.

Avant l'initiation des traitements, les graines des différentes espèces tests ont été stérilisées en surface à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium (2 % - v/v) pendant 2 minutes et rincées trois fois avec de l'eau distillée stérile (**Liu et al., 2023**).

- **Effet sur la germination**

#### **⇒ Traitement direct (par trempage)**

Les graines des espèces tests ont été trempées dans les traitements de *T. ciliatus* (P1) et *T. numidicus* (P2) pendant une heure puis dix (15) graines de chaque espaces ont été placées dans des boîtes en plastique stériles (10cmX 9cmX 5cm) munies de deux couches de papier filtre Whatman préalablement imbibés avec 3ml d'eau distillée. Une eau distillée stérile a été utilisée pour les témoins.

Toutes les boîtes ont été ensuite placées dans une chambre de croissance avec des périodes de lumière et d'obscurité alternées (14/10h respectivement) et à température variant entre 24 et 26°C. Le nombre de graines germées a été compté à partir du deuxième jour après les traitements et le comptage a duré sept jours. Les graines présentant des radicules de plus de 2 mm ont été considérées comme germées (**Franco et al., 2022 ; Li et al., 2022**). Tous les traitements et témoins ont été répliqués 3 fois en suivant un plan expérimental en randomisation totale.

### ⇒ **Traitement indirect (micro-atmosphère)**

Quinze graines des espèces tests ont été mises dans des boîtes en plastique stériles (15 cm x 10 cm x 8 cm) munies de deux couches de papier filtre Whatman préalablement imbibés avec 3ml d'eau distillée. Un coton imbibé de chaque traitement a été placé sous le couvercle des boîtes de façon à permettre une bonne diffusion des molécules volatiles contenues dans les traitements.

Toutes les boîtes ont été ensuite placées dans une chambre de croissance avec des périodes de lumière et d'obscurité alternées (14/10h respectivement) et à température variant entre 24 et 26°C. Le nombre de graines germées a été compté à partir du deuxième jour après les traitements et le comptage a duré sept jours. Les graines présentant des radicules de plus de 2 mm ont été considérées comme germées (**Franco et al., 2022 ; Li et al., 2022**). Tous les traitements et témoins ont été répliqués 3 fois en suivant un plan expérimental en randomisation totale.

#### **2.4.2. Evaluation des concentrations minimales efficaces des traitements les plus effectifs**

Les traitements à base d'huile essentielle de *T. numidicus* se sont révélés les plus efficaces. Pour ceci, des dilutions ont été réalisées pour déterminer les doses minimales inhibitrices. Trois dilutions ont été réalisées : 75%, 50% et 25%.

Les graines des espèces tests ont été trempées dans les traitements pendant une heure puis quinze (15) graines de chaque espace ont été placées dans des boîtes en plastique stériles

(10cmX 9cmX 5cm) munies de deux couches de papier filtre Whatman préalablement imbibés avec 3ml d'eau distillée. Une eau distillée stérile a été utilisée pour les témoins.

Les boîtes ont été ensuite placées dans une chambre de croissance avec des périodes de lumière et d'obscurité alternées (14/10h respectivement) et à température variant entre 24 et 26°C. Le nombre de graines germées a été compté à partir du deuxième jour après les traitements et le comptage a duré sept jours. Tous les traitements et témoins ont été répliqués 3 fois en suivant un plan expérimental en randomisation totale.

Pour toutes les expérimentations, le taux de germination des graines pour chaque boîte de Pétri a été déterminé selon la formule suivante :

$$\text{IR \%} = \left[ \frac{\text{Nombre de graines germinées}}{\text{Nombre total de graines}} \right] \times 100$$

#### **2.4.3. Evaluation de l'activité herbicide des traitements sous conditions *in vivo* :**

Cette expérimentation a été conduite dans des conditions *in vivo* en utilisant un sol non stérile pour évaluer l'effet des traitements sur les adventices présentes dans le sol et trois espèces testées étudiées (*L. perenne*, *P. annua*, et *H. vulgare*.). La méthode sandwich a été utilisée en mettant une première couche d'un mélange sol/terreau puis une seconde couche de sable puis une troisième couche du mélange sol/terreau. 2 ml de chaque traitement est apportées à chaque pot.

L'expérimentation a été conduite sous serre avec trois répétition pour chaque traitement et témoin, en suivant un plan expérimental en randomisation totale.

Les pots sont irrigués régulièrement. Le suivi de l'expérimentation a duré un mois.

#### **2.5. Traitements des données et analyses statistiques**

L'analyse statistique a été réalisée pour l'ensemble des paramètres évalués à savoir les Taux de germination selon les extraits végétaux, les méthodes d'études, les plantes testées et les concentrations pour l'extrait végétal le plus efficace pour la partie *in vitro*.

Aussi, les taux de germination des sols infestés par les mauvaises herbes selon, les extraits végétaux pour la partie *in vivo*.

Les analyses statistiques **ANOVA** sont effectuées par le logiciel **MINITAB**, et l'analyse de variance ont été faites par le test de GLM (General Linear Model) alors que, les classements des données ont été faits par le test de **TUKEY**. La signification statistique a été acceptée lorsque la probabilité de l'hypothèse nulle ( $p$ ) est inférieure à 0,05 ( $p < 0,05$ ) (**Shedden, 2015**).

# ***RESULTATS ET DISCUSSION***

### 3. Résultats et Discussion

#### 3.1. Rendements en huiles essentielles des deux espèces de thym étudiées

Le rendement en huile essentielle a été calculé en fonction de la matière végétale sèche de la partie aérienne de chacune des deux espèces de thym. Il semble plus important chez *T. numidicus* (0.97%) que chez *T. ciliatus* (0.65%) (**Tableau 2**).

Cette variabilité reste liée à l'espèce de thym et à leurs biotopes qui dépend de nombreux facteurs tels que, le climat, la région, l'altitude et le sol.

**Tableau 02 :Rendement en HE de *Thymus ciliatus* et *Thymus numidicus* endémiques.**

Matière végétale	Partie utilisée	Date de récolte	Date d'extrac-tion	Méthode d'extraction	Durée d'extractio-n (minutes)	Rendem-ent en HE en %
<i>Thymus Ciliatus</i>	Partie végétative sèche	25/02/2023	13/04/2023	Hydrodistilati-on type Clevenger	45	0.65
<i>Thymus Numidicus</i>	Partie végétative sèche	20/01/2023	13/04/2023	Hydrodistilati-on type Clevenger	60	0.97

En effet, les rendements en HE enregistrés pour chacune des espèces de thym étudiées restent plus faibles que ceux rapportés par la bibliographie. Cependant, un rendement (0,31%) plus faible a été relevé pour l'échantillon d'HE de *Thymus ciliatus* issu de la région Si mahdjoub, wilaya de Médéa selon **Giordani et al. (2008)**.

En revanche, L'espèce étudiée de *Thymus ciliatus* montré un rendement plus faible (0.65%) que celui enregistré (2% à 3 %) par l'échantillon récolté de djebel Ansel, Wilaya de Guelma et, même celui collecté (1,790%)avant la période floraison dans la même wilaya à Ain Makhluf d'après **Giordani et al. (2008)**.

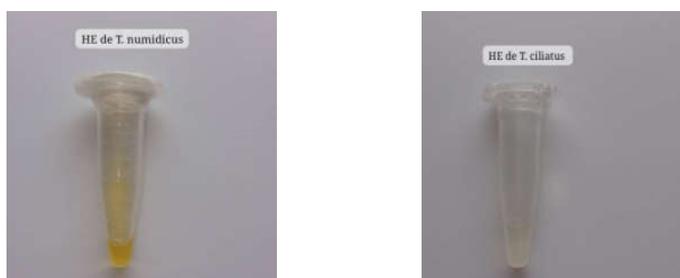
Au même titre que l'espèce décrite précédemment, le rendement en HE enregistré par l'échantillon de *Thymus numidicus* étudié (0,97%) semble plus important que celui enregistré par les échantillons de la même espèce récoltée au début du mois de mai de l'année 2018, dans la région de Ait l'Aziz dans la wilaya de Bouira (0,4%) mais, un rendement plus important atteignant en moyenne dans la même wilaya (1,1%) selon **Hadef et al. (2007)**. Des rendements plus importants de 1,02% ont été affirmés pour la même espèce en période de floraison à Annaba, 2% dans la région de Constantine et 2,4% dans la région d'Azzazga selon **Ghorab et Kabouche (2014)**.

### 3.2. Les caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Thymus numidicus* :

Les caractéristiques organoleptiques des HE de deux espèces de *Thymus* obtenus par la méthode Hydrodistillation sont représentées dans (**Tableau 3**)

**Tableau 03** : Les caractéristiques organoleptiques d'HE de *T.ciliatus* et *T.numidicus*

La plante	L'aspect	Couleur	Odeur/ saveur
<i>Thymus ciliatus</i>	Mobile, liquide	Jaune claire	Agréable, Piquante
<i>Thymus numidicus</i>	Liquide	Jaune foncé	Désagréable

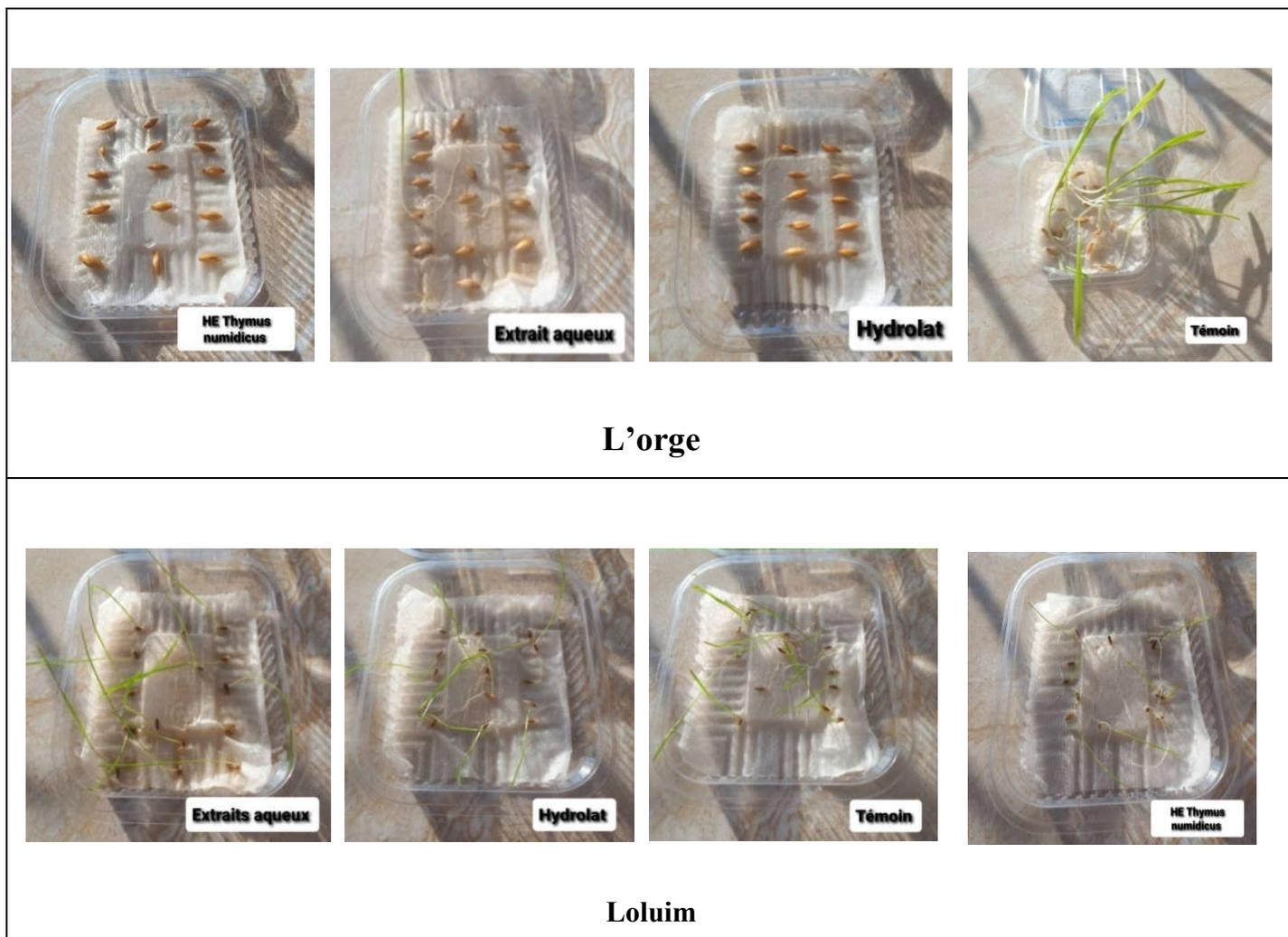


**Figure 08** : Les huiles essentielles de *Thymus numidicus* et *Thymus ciliatus*

### 3.3. Résultats sur le pouvoir herbicide des extraits végétaux

### 3.3.1. Pouvoir herbicide *in vitro* des extraits préparés à base de *T. numidicus*

L'analyse de la variance des taux de germination des semences des espèces végétales testées a montré une variabilité selon les traitements. Une différence très hautement significative a été affirmée par les taux de germination enregistrés sur les plantes dont, l'orge, *Lolium* et le *Poa* ( $P=0.000$ ) mais, une différence non significative ( $P\geq 0.005$ ) a été enregistrée sur les lentilles et le trèfle (**Annexe 1, Figure 09**).



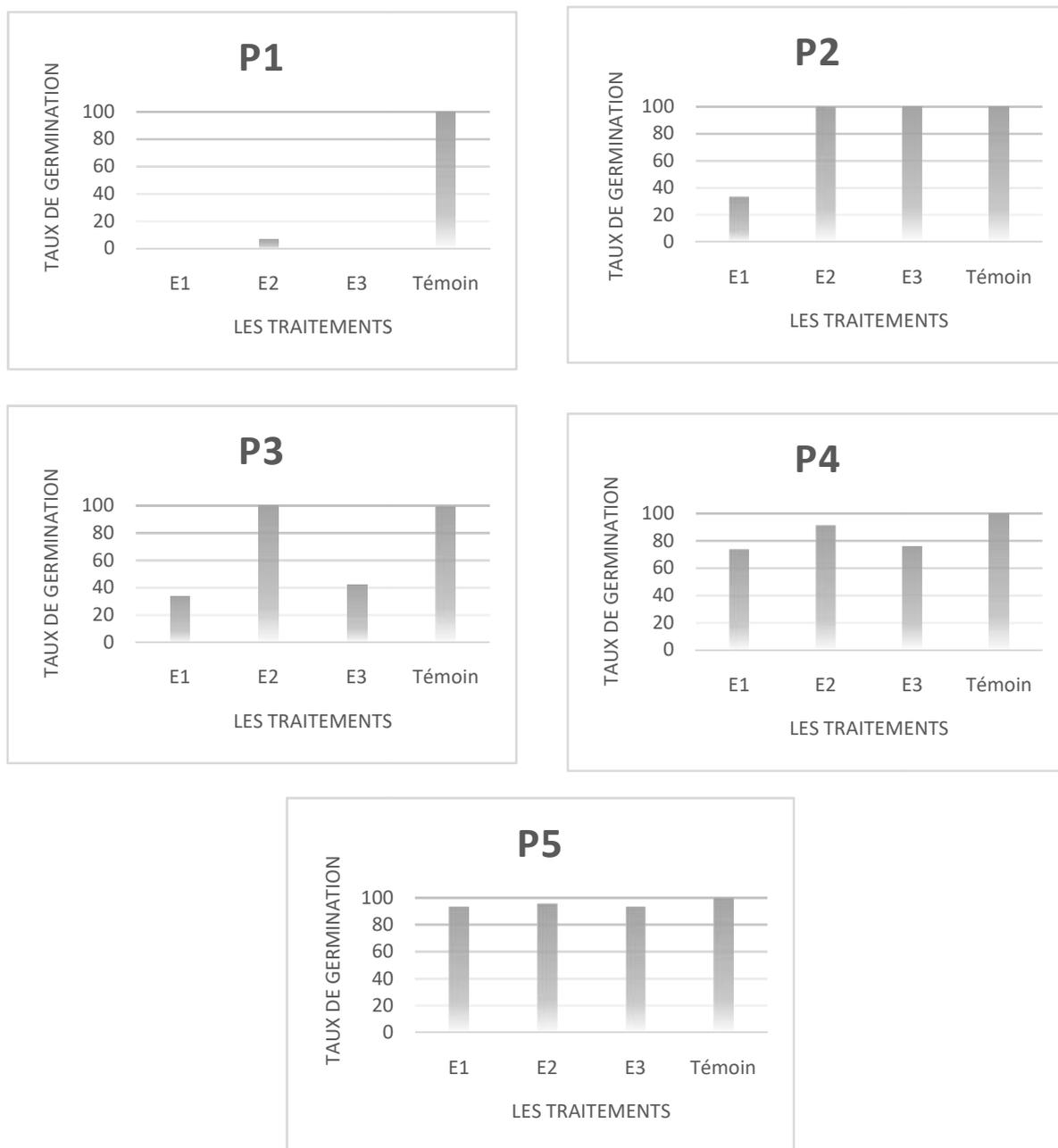
**Figure 09 :** Variabilité de la germination *in vitro* des semences d'orge et de *Lolium* testées sous l'effet des différents extraits préparés à partir de chacune des espèces de *Thymus ciliatus* et *Thymus numidicus*.

Le test de Tukey a permis le classement des traitements selon les taux de germination enregistrés sur chaque espèce végétale comme suit :

Sur l'orge la germination était nulle (0%) sous l'effet de l'HE et l'extrait aqueux préparés à base de *T. numidicus* mais, aussi faible sous l'effet de son hydrolat (6.66%) (**Figure 10, Tableau 4**).

De même, une faible germination a été relevée sur *Lolium* sous l'effet de HE (22%) mais légèrement modérée sous l'effet de l'extrait aqueux (42.2%) préparés à base de *T. numidicus* (**Figure 10, Tableau 4**).

Cependant, aucun pouvoir inhibiteur n'a été enregistré sur les semences de lentilles sous l'effet de tous les extraits mise à part celui de HE (33,33%). En revanche, d'importants taux de germination ont été enregistrés sur le Poa (73.57 – 91.11%) et le trèfle (93.33 – 97.78%) sous l'effet de tous les extraits végétaux préparés à base de *T. numidicus* (**Figure 10, Tableau 4**).



P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *T. numidicus*,  
 E2 :Hydrolat de *T. numidicus* , E3 : Extrait aqueux préparé à base de *T. numidicus*.

**Figure 10 : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les extraits préparés à base de *Thymus numidicus* .**

**Tableau 04 : Classement des traitements : témoin et extraits préparés à base de *T. numidicus* selon les plantes testées par le test de Tukey.**

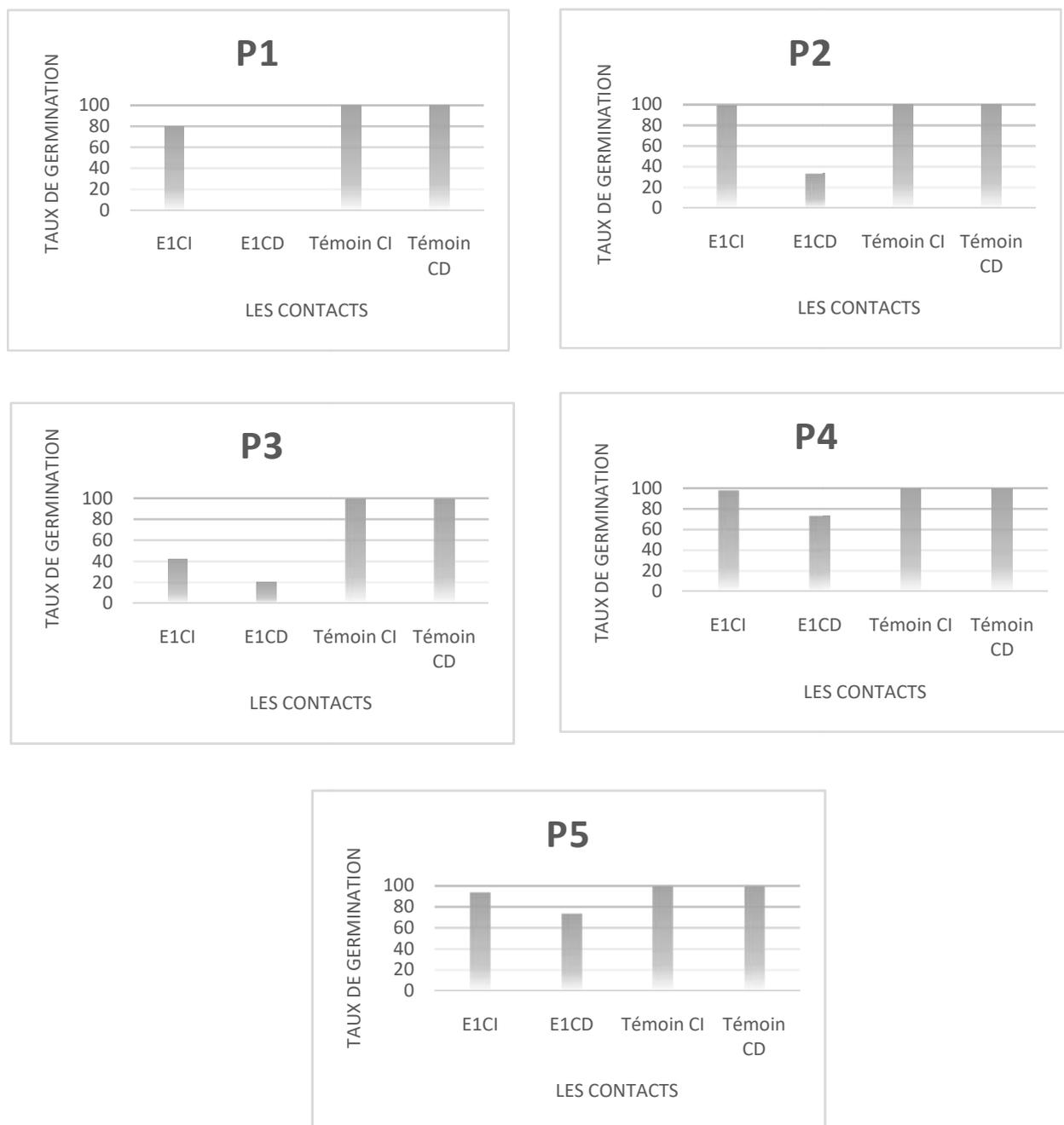
Traitements	N	Moyenne	Groupe
<b>P1</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E2</b>	3	6,66	B
<b>E3</b>	3	0	B
<b>E1</b>	3	0	B
<b>P2</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E2</b>	3	100	B
<b>E3</b>	3	100	C
<b>E1</b>	3	33,33	D
<b>P3</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E2</b>	3	100	A
<b>E3</b>	3	42,2	B
<b>E1</b>	3	20	C
<b>P4</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E2</b>	3	91,11	A
<b>E3</b>	3	75,55	B
<b>E1</b>	3	73,57	B
<b>P5</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E2</b>	3	97,78	A
<b>E3</b>	3	93,33	A
<b>E1</b>	3	93,33	A

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *T. numidicus*,  
E2 :Hydrolat de *T. numidicus* , E3 : Extrait aqueux préparé à base de *T. numidicus*.

Par ailleurs, une variabilité remarquable a été également enregistrée sur les mauvaises herbes de la famille des graminées dont, le *Poa* et *Lolium*, selon les modes d'action par contact direct et indirect de l'HE de *T. numidicus* ( $P=0.000$ ) (**Annexe 2**).

Le test de Tukey a permis le classement de chaque mode d'action de HE de *T. numidicus* comme suit :

De très faibles taux de germination ont été enregistrés sur l'orge (0%), les lentilles (33%) ainsi que sur *Lolium* (20%) selon le mode d'action par contact direct mais, la germination s'est avérée très importante selon les deux modes d'action sur le *Poa* ainsi que sur le trèfle (73% à 97%) (**Figure 11, Tableau 5**).



P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *Thymus numidicus*,  
 CD : contact direct, CI : contact indirect.

**Figure 11 : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les modes d'action des traitements : témoins et extraits préparés à base de *Thymus numidicus*.**

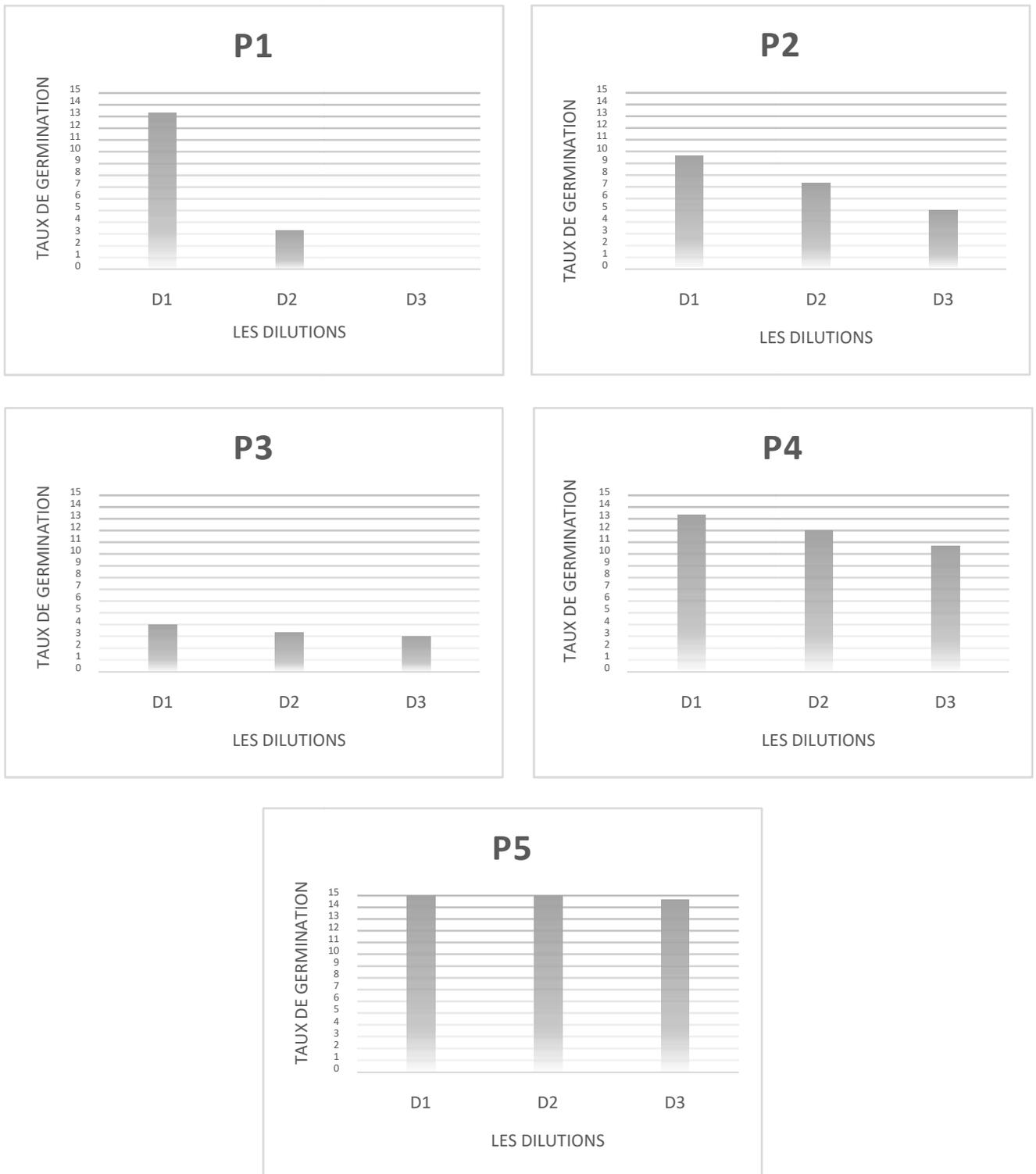
**Tableau 05 : Classement des modes d'action des traitements : témoin et extraits préparés à base de *T. numidicus* par le test de Tukey.**

Par contacte	N	Moyenne	Groupe
<b>P1</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	B
E1CI	3	80	C
E1CD	3	0	D
<b>P2</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	B
E1CI	3	100	C
E1CD	3	33,33	D
<b>P3</b>			
Témoin CI	3	100	
Témoin CD	3	100	
E1CI	3	42,22	
E1CD	3	20	
<b>P4</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	A
E1CI	3	97,78	A
E1CD	3	73,33	B
<b>P5</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	B
E1CI	3	93,33	C
E1CD	3	73,33	D

P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *Thymus numidicus*,

CD : contact direct, CI : contact indirect

Le pouvoir inhibiteur de germination était révélé notamment sous l'effet de l'HE de *T. numidicus*. Ainsi, l'effet des trois dilutions : 0,5 ; 0,25 et 0,75 de cette HE n'a montré une différence significative que sur l'orge ( $P=0.000$ ) et les lentilles ( $P=0.024$ )(**Annexe 3**).Cependant, la concentration de 0.75 était plus significative sur la réduction de germination enregistrée sur l'orge (0%), les lentilles (5%) et *Lolium* (3%) d'après le test de Tukey réalisé sur les taux de germination des plantes sous l'effet de l'HE de *T. numidicus* préparées aux différentes concentrations (**Figure 12, Tableau 6**).



P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : Poa, P5 : Trèfle.

**Figure 12 : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les concentrations de l'huile essentielle à base de *Thymus numidicus*.**

**Tableau 06 : Classement des concentrations de l'huile essentielle préparée à base de *T. numidicus* selon les taux de germination enregistrés sur chaque plante par le test de Tukey.**

Dilutions	N	Moyenne	Groupe
<b>P1</b>			
0,25	3	13,33	A
0,5	3	3,33	B
0,75	3	0	B
<b>P2 TOUT COMPETE</b>			
0,25	3	9,667	A
0,5	3	7,33	AB
0,75	3	5	B
<b>P3</b>			
0,25	3	4	A
0,5	3	3,33	A
0,75	3	3	A
<b>P4</b>			
0,25	3	13,33	A
0,5	3	12	A
0,75	3	10,66	A
<b>P5</b>			
0,25	3	15	A
0,5	3	15	A
0,75	3	14,666	A

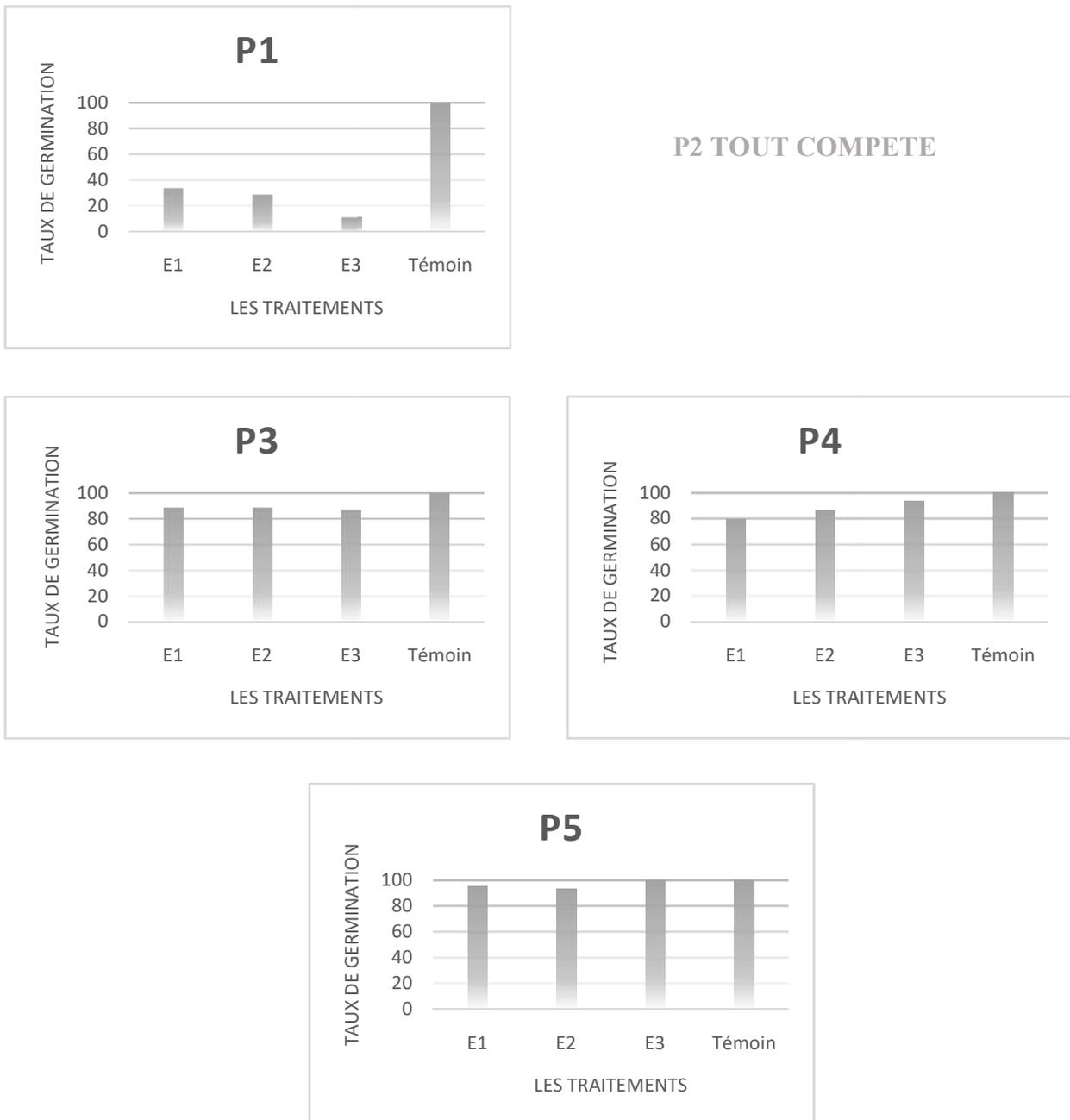
\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle.

### 3.1.2. Pouvoir herbicide *in vitro* des extraits préparés à base de *T. ciliatus*

L'analyse de la variance des taux de germination a montré une différence très hautement significative sous l'effet des traitements sur l'orge ( $P=0.000$ ) et, *Lolium* ( $P=0.001$ ) mais, non significative sur le trèfle et surtout les Lentilles et le *Poa* ( $P \geq 0.005$ ) (Annexe 4).

Le test de Tukey a permis le classement des traitements dont, les extraits végétaux préparés à base de *T. ciliatus* comme suit :

Une réduction de la germination n'a été enregistrée que sur l'orge sous l'effet d'HE (33.33%), l'hydrolat (28.89%) et l'extrait aqueux (11.11%). Contrairement aux taux importants de germination compris entre 80 et 100%, enregistrés sur les autres plantes testées sous l'effet des trois extraits préparés à base de *T. ciliatus* selon le test de Tukey (**Figure 13, Tableau 7**).



P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *T. ciliatus*,  
 E2 :Hydrolat de *T. ciliatus*, E3 : Extrait aqueux préparé à base de *T. T. ciliatus*

**Figure 13 : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les extraits préparés à base de *Thymus ciliatus*.**

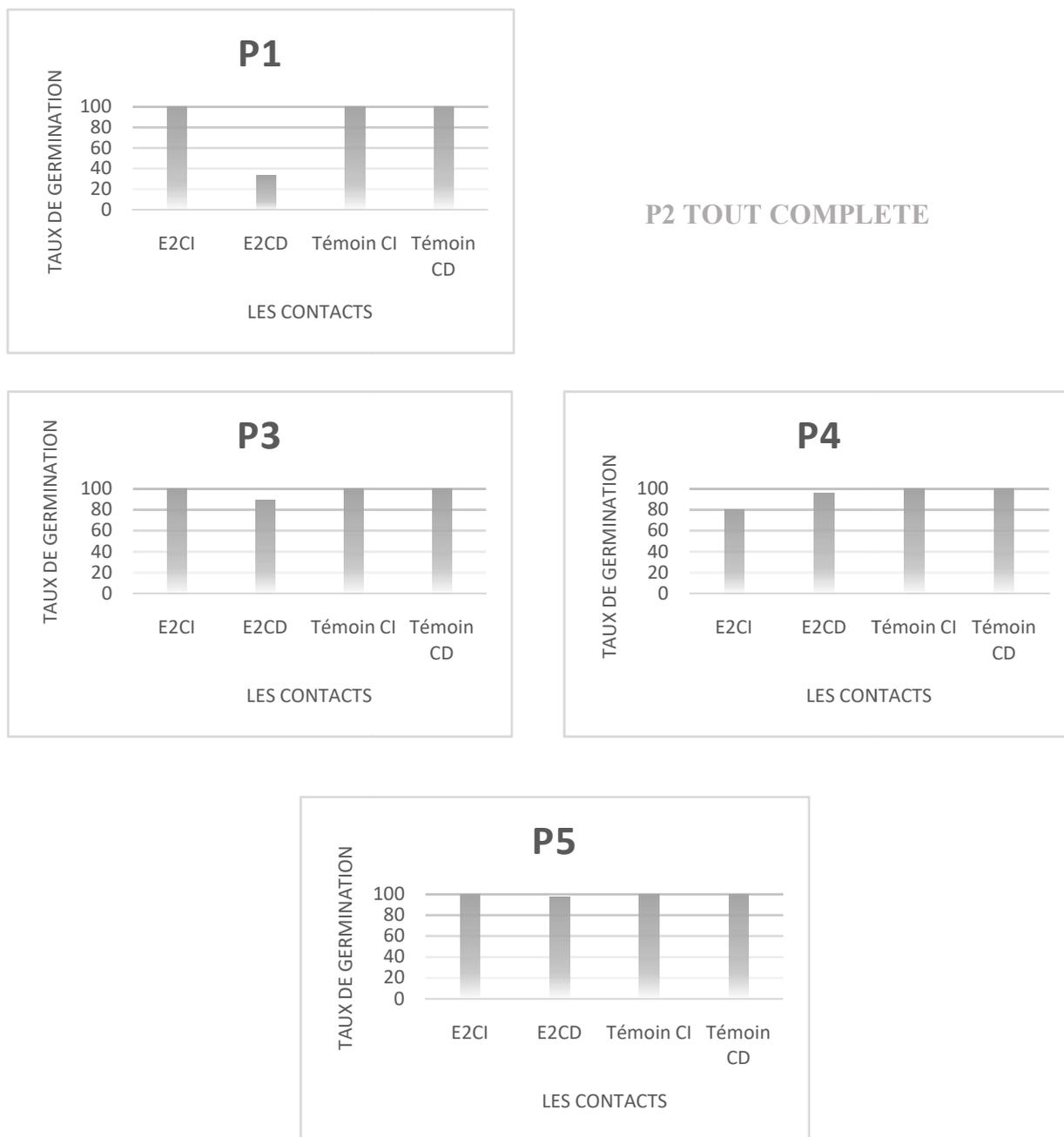
**Tableau 07 : Classement des traitements : témoin et extraits préparés à base de *T. ciliatus* selon les plantes testées par le test de Tukey.**

Traitements	N	Moyenne	Groupe
<b>P1</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E1</b>	3	33,33	B
<b>E2</b>	3	28,89	B
<b>E3</b>	3	11,1a	C
<b>P2 TOUT COMPETE</b>			
<b>P3</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E2</b>	3	88,88	B
<b>E1</b>	3	88,88	B
<b>E3</b>	3	86,66	B
<b>P4</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E3</b>	3	93,33	B
<b>E2</b>	3	86,66	C
<b>E1</b>	3	80	D
<b>P5</b>			
<b>Témoin</b>	3	100	A
<b>E3</b>	3	100	A
<b>E1</b>	3	95,55	AB
<b>E2</b>	3	93,33	B

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *T. ciliatus*,  
E2 :Hydrolat de *T. ciliatus*, E3 : Extrait aqueux préparé à base de *T. T. ciliatus*

L'effet des modes d'action par contact direct et indirect de HE de *T. ciliatus* n'a été significatif sur la germination que sur *Lolium* et le *Poa* (P=0.000) (**Annexe 5**).

Cependant, le test de Tukey a établi le classement des modes d'action de l'HE de *T. ciliatus* sur la germination des plantes testées. Il a été confirmé d'importants taux de germination selon les modes d'action sur l'ensemble des plantes testés mis à part l'effet de HE par contact direct sur l'orge dont les taux de germination ont atteint 33.33% alors que, l'ensemble des taux de germination enregistrés selon le contact direct et indirect sont compris entre 88.88 et 100% (**Figure 14, Tableau 8**).



P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *T. ciliatus*, CD : contact direct,  
 CI : contact indirect.

**Figure 14 : Variabilité de la germination des semences des espèces végétales selon les modes d'action des traitements : témoins et HE de *Thymus ciliatus*.**

**Tableau 08 : Classement des modes d'action des traitements : témoin et Huile essentielle de *Thymus ciliatus* selon les taux de germination selon les plantes par le test de Tukey.**

Par contacte	N	Moy	Groupe
<b>P1</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	B
E2CI	3	100	C
E2CD	3	33,33	D
<b>P2TOUTECOMPETE</b>			
<b>P3</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	A
E2CI	3	100	A
E2CD	3	88 88	B
<b>P4</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	A
E2CI	3	95,55	A
E2CD	3	80	B
<b>P4</b>			
Témoin CI	3	100	A
Témoin CD	3	100	A
E2CI	3	100	A
E2CD	3	97,78	A

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, E1 : HE de *T. ciliatus*, CD : contact direct, CI : contact indirect

### 3.1.3 . Pouvoir herbicide *in vivo* des extraits préparés à base de *T. numidicus* et *T. ciliatus*

Le sol spontané choisi pour l'étude de l'activité bioherbicide *in vivo* des deux HE de *T. numidicus* et *T. ciliatus*, n'a pas montré de différence significative concernant la germination des mauvaises herbes en comparaison avec les témoins ( $P \geq 0.005$ ) (**Annexe 6**).

Ainsi, les espèces adventices germées se sont montrées toutes résistantes à l'effet des deux HE de *T. ciliatus* et *T. numidicus*. Il serait donc nécessaire de tester plusieurs types sols pour confirmer le pouvoir herbicide de chaque huile essentielle et faire ressortir le spectre d'action en identifiant les espèces sensibles et celles résistantes en comparaison avec les témoins (**Figures 15, Figure 16, Tableau 9**).



Sol traité par incorporation d'HE de *T. ciliatus* après 2 mois d'incubation  
avec maintien d'arrosage

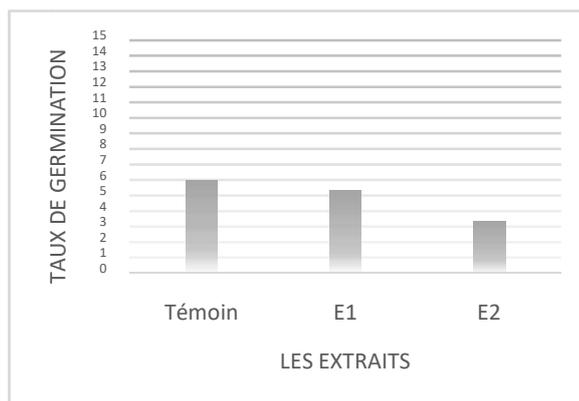


Sol traité par incorporation d'HE de *T. numidicus* après 2 mois d'incubation avec maintien d'arrosage



Sol témoin après 3 semaines d'incubation

Figure 15 : Variabilité de la germination des adventices naturelles du sol testé sous l'effet de chaque huile essentielle de *Thymus ciliatus* et *Thymus numidicus*.



E1 : HE de *T. numidicus*, E2 :HE de *T. ciliatus*

**Figure 16 : Variabilité des taux de germination des semences inféodées au sol selon l'effet de chacune des deux types d'huile essentielle *Thymus numidicus* et *Thymus ciliatus*.**

**Tableau 09 : Classement des traitements (témoin et HE de *T. numidicus* et *T. ciliatus*) par le test Tukey selon les taux de germination enregistrés in vivo sur un sol naturellement infesté par les mauvaises herbes.**

Traitement	N	Moyenne	Groupe
Témoin	3	6	A
E1	3	5,33	A
E2	3	3,33	A

\*E1 : HE de *T. numidicus*, E2 :HE de *T. ciliatus*

### 3.2. Discussion

L'essai *in vitro* de l'effet des traitements sur la germination a révélé une sensibilité seulement vis à vis de l'orge, *Lolium* et le *Poa*.

Dans ce sens, la germination était nulle (0%) sous l'effet de l'HE et l'extrait aqueux préparés à base de *T. numidicus* mais, aussi faible sous l'effet de son hydrolat (6.66%) sur les semences de l'orge et, assez faible sur *Lolium* sous l'effet de l'HE (22%) mais, légèrement modérée sous l'effet de l'extrait aqueux (42.2%) préparés à base de *T. numidicus*. Cependant, aucun pouvoir inhibiteur n'a affecté les semences de lentilles sous l'effet de tous les extraits mise à part celui de HE (33,33%).

Par ailleurs, une réduction de la germination a été notée sur les espèces végétales telles que, l'orge (0%), *Lolium* (20%) et les lentilles (33%) sous de l'HE de *T. numidicus* selon le mode d'action par contact direct. De même, la concentration de 0.75 était plus significative sur l'orge (0%), *Lolium* (3%) et, les lentilles (5%).

Cependant, une réduction moins importante n'a pu affecter que la germination de l'orge sous l'effet d'HE de *T. ciliatus* (33.33%), son hydrolat (28.89%) et son extrait aqueux (11.11%).

Par ailleurs, une réduction légèrement assez faible a été confirmée seulement sous l'effet de HE par contact direct sur l'orge (33.33%) à la concentration de 1%.

Nos résultats sur le pouvoir bioherbicide s'avèrent intéressants notamment sous l'effet de l'HE et l'extrait aqueux à base de *T. numidicus*. L'étude de l'activité bioherbicide *in vivo* des deux HE de *T. numidicus* et *T. ciliatus* sur le sol spontané, n'était pas significatif vu que, les espèces adventices germées se sont avérées toutes résistantes sous l'effet des deux types d'huiles essentielles étudiées à 1%. D'où, il serait judicieux de reprendre cette étude avec plusieurs types sols pour confirmer le pouvoir herbicide de chaque huile essentielle et faire ressortir leurs spectres d'action.

Plusieurs travaux dans ce sens concordent et / ou divergent avec nos résultats.

De nombreux travaux ont rapporté le haut pouvoir réducteur de la germination et de la croissance de nombreuses adventices sous l'effet d'application de l'HE de thym à différentes concentrations selon le mode de contact direct suivie de l'effet d'HE d'*Eucalyptus* ayant montré des résultats similaires mis à part chez *Xanthiumstrumarium* où, les taux d'inhibition

de la germination enregistrés semblaient faibles (19%). Il en est de même pour l'HE de la sarriette pour son plus faible pouvoir réducteur aux concentrations 1 et 2% chez *S. arvensis*. L'analyse phytochimique de ces huiles efficaces ont mis en évidence les principaux composés chimiques à pouvoir inhibiteur de germination de nombreuses espèces adventices dont, le carvacrol, le 1,8-cinéole et le citronellal (Hazrati et al., 2017; Ootani et al., 2017 ; Romagni et al., 2000 ; Singh et al., 2002).

Dans le même sens, **Benchaa (2021)** a affirmé l'activité herbicide des HEs de *Thymus fontanesi*, *Staureja calamintha* et *Eucalyptus citriodora* à l'égard des espèces de différentes familles botaniques. Il a confirmé leurs potentialités comme herbicides naturels. Dans ce sens, la germination et la longueur des racines ainsi que celle des plantules ont été fortement affectés par l'effet de la variabilité de leurs concentrations. Il est également important de souligner la nécessité d'application d'une concentration supérieure à 0.03% pour l'activité herbicide vis-à-vis de certaines plantes parasites dont; une inhibition complète de la germination (100%) chez *S. arvensis*, *A. fatua*, *S. oleraceus* et *C. rotundus*, et un fort pouvoir inhibiteur de germination (84,5%) chez *X. strumarium*.

Néanmoins, le Blé dur a montré une forte résistance vis-à-vis les traitements utilisés en plein champ.

Ainsi, l'application de fortes concentrations de chaque HE a confirmé des résultats comparables à ceux enregistrés par les herbicides chimiques sur la densité et la diversité des adventices dans la culture et sur le rendement et le poids de mille graines de Blé dur.

De nombreux travaux ont confirmé le haut pouvoir réducteur de la germination et de la croissance de nombreuses adventices sous l'effet d'application de l'HE de thym à différentes concentrations selon le mode de contact direct suivie de l'effet d'HE d' *Eucalyptus* ayant montré des résultats similaires mis à part chez *Xanthiumstrumarium* où, les taux d'inhibition de la germination enregistrés semblaient faibles (19%). Il en est de même pour l'HE de la sarriette pour son plus faible pouvoir réducteur aux concentrations 1 et 2% chez *S. arvensis*. L'analyse phytochimique de ces huiles efficaces ont mis en évidence les principaux composés chimiques à pouvoir inhibiteur de germination de nombreuses espèces adventices dont, le carvacrol, le 1,8-cinéole et le citronellal (Hazrati et al., 2017; Ootani et al., 2017 ; Romagni et al., 2000 ; Singh et al., 2002).

Dans le même sens, **Benchaa (2021)** a affirmé l'activité herbicide des HEs de *Thymus fontanesi*, *Staureja calamintha* et *Eucalyptus citriodora* à l'égard des espèces de différentes

familles botaniques. Il a confirmé leurs potentialités comme herbicides naturels. Dans ce sens, la germination et la longueur des racines ainsi que celle des plantules ont été fortement affectés par l'effet de la variabilité de leurs concentrations. Il est également important de souligner la nécessité d'application d'une concentration supérieure à 0.03% pour l'activité herbicide vis-à-vis de certaines plantes parasites dont; une inhibition complète de la germination (100%) chez *S. arvensis*, *A. fatua*, *S. oleraceus* et *C. rotundus*, et un fort pouvoir inhibiteur de germination (84,5%) chez *X. strumarium*.

Néanmoins, le Blé dur a montré une forte résistance vis-à-vis les traitements utilisés en plein champ.

Ainsi, l'application de fortes concentrations de chaque HE a confirmé des résultats comparables à ceux enregistrés par les herbicides chimiques sur la densité et la diversité des adventices dans la culture et sur le rendement et le poids de mille graines de Blé dur.

Par ailleurs, l'évaluation de l'efficacité herbicide des extraits aqueux préparés à partir des plantes des genres *Thymus* (Balah et Latif, 2013), *Satureja* (Taban et Saharkhiz, 2015) et *Eucalyptus* (Javaid et al., 2006) appliqués aux doses de 1,2 et 4 t/ha se sont montrés hautement significatifs sur l'émergence des adventices et leur poids sec.

Puig et al. (2013) ont également affirmé que l'enfouissement des feuilles fraîches d'*Eucalyptus globulus* Labill comme engrais verts réduisent fortement l'émergence et le poids sec d'*Echinochloa crus-galliet Digitariasanguinalis*. De même, Balah et Latif (2013) ont montré l'efficacité de l'application des extraits aqueux de *Thymus vulgariset Calendula officinalis* à la dose de 20 mg/ml dans la réduction de *Lolium multiflorum* et *Phalaris paradoxa* alors que, la dose de 40 mg/ml a affecté négativement les adventices et le blé.

En outre, Taban et Saharkhiz (2015) ont suggéré que les extraits aqueux et les poudres de feuilles séchées des trois espèces de *Satureja* : *S. khuzestanica*, *S. bachtiarica* et *S. rechingeri* possèdent une activité herbicide puissante et pourraient être utilisées comme herbicides naturels pour le contrôle des adventices en agriculture durable.

Dans un autre contexte, le pouvoir inhibiteur de l'hydrolat de *Thymus vulgaris* a été également rapporté sur les espèces de mauvaises herbes, à savoir l'amarante à racine rouge, la chénopode blanche, le pourpier commun, l'épine-vinette, l'herbe de Johnson et la morelle noire. Indépendamment de la concentration appliquée, les graines de tournesol ont présenté les taux de germination les plus élevés, alors que les graines d'amarante à racine rouge ont

montré la plus grande sensibilité. Cependant, les plus faibles concentrations d'hydrolat (10%) ont révélé un effet stimulant sur la longueur des plantules de tournesol, tant au niveau de la tige que des racines, tandis que, dans le cas des autres plantes testées, une réduction significative a affecté la taille des plantules.

Par ailleurs, les travaux décrits par **Bojan et al. (2022)** ont confirmé que certains hydrolats représentent une source potentielle de composés naturels alternatifs et respectueux de l'environnement pour le contrôle sélectif des mauvaises herbes. Ces hydrolats renferment des composés dont, le thymol, le bornéol et le carvacrol responsables du pouvoir inhibiteur de la germination des graines et la croissance des plantules de plusieurs mauvaises herbes.

En 2019, **El Sawi et collaborateurs** ont confirmé le potentiel allélopathique indirect des huiles essentielles extraites des agrumes : *Citrus sinensis*, *Citrus aurantium* et, *Citrus reticulata* sur les graines de différentes espèces végétales telles que, *Heliantus annus*, *Portulacaoleracea*, *Lupinus albus* , et *Malva parviflora*. La propriété allélopathique détectée de ces huiles essentielles représente une source prometteuse et inépuisable de biomolécules naturelles, herbicides, biodégradables et non toxiques. Ainsi, des propositions d'utilisation de ces huiles essentielles sur des cultures sont proposées dans des conditions de serres et aux champs.

***CONCLUSION ET  
PERSPECTIVES***

## CONCLUSION

L'agriculture est l'un des secteurs clés de l'économie algérienne. Cependant, elle connaît plusieurs défis aujourd'hui. Parmi les contraintes biotiques sont citées les mauvaises herbes qui, peuvent concurrencer les cultures pour l'eau, les nutriments et l'espace, représenter des réservoirs d'inoculum phytopathogène. En effet, les solutions les plus prometteuses pour limiter ces adventices indésirables sont les herbicides. Cependant, leur utilisation massive, répétée et non raisonnée représente un danger sur l'environnement et la santé de l'homme et de l'animal vu leur toxicité et leur persistance.

Dans ce sens, nous avons jugé opportun de rechercher et évaluer les potentialités allélopathiques de quelques extraits végétaux en vue de formuler des bioherbicides. Notre choix s'est orienté vers deux espèces médicinales endémiques protégées du genre *Thymus*. Il s'agit de *Thymus ciliatus* et *Thymus numidicus*.

Les deux espèces étudiées ont été récoltées au stade végétatif respectivement de la plaine de megtae lazreg de Hammam Melouane et la région d'adkhar de Bejaia. Les parties aériennes séchées séparément ont fait l'objet d'extraction d'huile essentielle (HE) et d'hydrolat par hydrodistillation à l'aide de Clevenger et la préparation d'extraits aqueux pour chaque espèce végétale. Ainsi, les trois types d'extraits préparés à base de chaque espèce végétale étudiée ont fait l'objet d'évaluation du pouvoir herbicide *in vitro* sur l'orge, les lentilles, *Lolium* le *Poa* et le trèfle. Les HE ont été testées à la concentration de 1% selon les deux modes d'action par contact direct et micro-atmosphère ou contact indirect. Ainsi, l'HE à haut pouvoir herbicide est retenu pour la recherche de la CMI à partir des concentrations de 0.75, 0.5 et, 0.25. Par ailleurs, le potentiel herbicide des extraits performants est étudié sur un sol spontané.

Au terme de ce travail, il est important de résumer les principaux résultats obtenus. Nous confirmons un rendement en HE plus important chez *T. numidicus* (0.97%) que chez *T. ciliatus* (0.65%). L'essai *in vitro* sur l'effet des extraits préparés a révélé une sensibilité remarquable sur l'orge, *Lolium* et le *Poa* et, le pouvoir inhibiteur de la germination est notamment attribué à l'HE de *T. numidicus* (0%), son extrait aqueux et, aussi son hydrolat (6.66%). Le pouvoir inhibiteur de l'HE sur la germination des semences était complet sur l'orge (0%) et, faible sur *Lolium* (22%). Son efficacité était confirmée selon le mode d'action

par contact direct à la concentration de 0.75. Cependant, le potentiel bioherbicide *in vitro* de l'huile essentielle de *T. ciliatus* demeure faible. Ceci peut être traduit par le choix de la période non propice de la récolte qui, était caractérisée par des températures très élevées en été pouvant être responsable de la réduction ou la destruction des composés volatils bioactifs. En revanche, le pouvoir bioherbicide n'était pas significatif *in vivo* vu que, les espèces adventices germées se sont avérées toutes résistantes à l'effet des deux types d'huiles essentielles testées à 1%.

En conclusion, HE de *T. numidicus* possède une bonne activité inhibitrice de germination en vue de formulation d'un bioherbicide à spectre d'action orienté particulièrement sur les Monocotylédones et quelques légumineuses. Il serait donc important d'identifier ces molécules herbicides pour leur utilisation dans l'agriculture durable respectueuse de l'environnement.

Plusieurs perspectives s'ouvrent à la recherche :

- Il serait donc intéressant d'identifier la ou les biomolécules à activité herbicide de l'HE de *T. numidicus*,
- Il serait important de reconduire l'essai de l'activité bioherbicide *in vivo* avec d'autres sols potentiellement infestés par les adventices en vue d'une meilleure connaissance de son spectre d'action,
- Il est judicieux de formuler un bioherbicide à partir de cette huile essentielle et le tester en serre et au champ.
- Il serait aussi intéressant d'étudier ses propriétés physico-chimiques et écotoxicologiques,
- Il serait aussi primordial d'évaluer la stabilité et la durabilité des biomolécules herbicides.

***REFERENCES***

***BIBLIOGRAPHIQUES***

## Références bibliographiques

1. **Amarti,F.;Satrani, B.B.; Abdellah, F.; Ghanmi,M.(2009).** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. &Reut. Et *Thymusciliatus* (Desf.) Benth. du Mmaroc. 1461–47.
2. **Ascherio, A. (2006).** « Pesticide Exposure and Risk for Parkinson’s Disease ». *Annals of Neurology*. 1–13.
3. **Assis-Alves, J.; Monteiro, A.; Rocha, M. ; Carvalho, F.; De Souza, J. (2018).** Essential oils of *Thymus vulgaris* ,*Rosmarinus officinalis*, *Lavandula angustifolia* ,*Cinnamomum zeylanicum* ,*Ocimum basilicum* as bioherbicides : A review of their potential and challenges. 2–40.
4. **Atak, M.; Mavi, K.; Uremis, I. (2016).** Bioherbicides effects of oregano and rosemary essential oils on germination and seedling growth of bread wheat cultivars and weeds. *Rom. Biotechnol. Lett.*, 2. 149–158.
5. **Bailey, K. L. (2014 ).** The Bioherbicide Approach to Weed Control Using Plant Pathogens. In *Integrated Pest Management Current Concepts and Ecological Perspective*. 24–26.
6. **BaileyK,L. (2014 ).** The Bioherbicide Approach to Weed Control Using Plant Pathogens. 33–35.
7. **Bajwa, A. A., Mahajan, G., & Chauhan, B. S. (2015).** Nonconventional Weed Management Strategies for Modern Agriculture. *Weed Science*, 63(04), 723–747. <https://doi.org/10.1614/ws-d-15-00064.1>
8. **Balah,M. ; Latif, A. (2013).** Antioxidant and Cytotoxic activities of *Thymus vulgaris* Essential Oil and Its Main Constituents. 346–353.
9. **Benayache, F. (2013).** Etude phytochimique et biologique de l’espèce *Thymus numidicus*. Poiret.Memoire fin d’étude.
10. **Benchaa, M. ; Boucetta, F. . ; Ait-Mohamed, A. ; El Hachimi, M. . ; Benmansour, M . ; El Rhazi, N. ; Boukhris, H. (2021).** Herbicide Activity of *Thymus fontanesii* Essential Oil on Weeds. 60–67.
11. **Berbari, E. (2005).** Weed Management in Organic Production SysteRo. 27–33.
12. **Bojan, F. ; Boucetta, F. ; Ait-Mohamed, A. ; Hachimi, M. ; Menmansour, M ;, El Rhazi, N. ; Boukhris, H. (2022).** Influence of Hydrosols of *Thymus vulgaris*, *Thymus serpyllum*, and *Thymus capitatus* on Weed Germination and Growth.10–17.
13. **Bommelaer, O.; Devaux., J. (2011).** Pesticides and the Endocrine System: An Overview. 13–27.
14. **Charudattan, R. (2001).** Biological Control of Weeds by Means of Plant Pathogens : Significance for Integrated Weed Management in Modern Agro-Ecology. 258–260.
15. **Chen, F. ; Peng, S. ; Chen, B.-M. ; Ni, G. ; Liao, H. (2013).** Allelopathic potential and volatile compounds of *Rosmarinus officinalis* L. against weeds. *AlSTEPHANIE*. 32,57–66.
16. **Chon, S-U. ; Jang , H-G. ; Kim, D-K. ;Kim ,Y.( 2005 ).** Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) placha. 10–11.

17. **Cordeau, S. ; Triolet, M. ; Wayman, S. ; Steinberg, C. ; Guillemain, J.-P. (2016).** Bioherbicides : Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop. Prot.* 44–49.
18. **Cordeau, S., Triolet, M., Wayman, S., Steinberg, C., & Guillemain, J. P. (2016).** Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop Protection.* 87, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.016>
19. **Couplan, J. (2012).** The thymus in health and disease. *Nature Reviews Immunology,* 12(12), 845–859.
20. **Creech, C. F., Henry, R. S., Hewitt, A. J., & Kruger, G. R. (2018).** Herbicide Spray Penetration into Corn and Soybean Canopies Using Air-Induction Nozzles and a Drift Control Adjuvant. *Weed Technology.* 32(1), 72–79. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.84>
21. **Da Mastro, G. ; Fracchiolla, M. ; Verdini, L. ; Montemurro, P.(2006).** Oregano and its Potential Use as Bioherbicide. *Acta. Hortic.* 335–346.
22. **Dayan, F. E., Owens, D. K., & Duke, S. O. (2012).** Rationale for a natural products approach to herbicide discovery. *Pest Management Science,* 68(4), 519–528. <https://doi.org/10.1002/ps.2332>
23. **Davis, A. S., & Frisvold, G. B. (2017).** Are herbicides a once in a century method of weed control? *Pest Management Science,* 73(11), 2209–2220. <https://doi.org/10.1002/ps.4643>
24. **Directive du Parlement européen et du Conseil (2009).** instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable 2009/128/CE.
25. **Djeddi, S. ; Yannakopoulou, R. ; Papadopoulos, K. ; Skaltsa, H. (2015).** Activités anti-radicalaires de l'huile essentielle et des extraits bruts de *Thymus numidicus* Poiret. 64–65.
26. **Dob T. ; Darhmane, T. ; Benabdelkader, T. ; Chelgoum T. ( 2006).** Studies on the essential oils and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. *Int. J. Aromath.* 91–100.
27. **Dreiher, D. ; Kordysh, E. (2006).** « Non-Hodgkin Lymphoma and Pesticide Exposure: 25 Years of Research », *Actae Haematologica.* 7–13.
28. **Dubois , M. (2013).** Herbicides for Weed Control in Field Crops. 45–68.
29. **El Ajjouri, M. ; Ghanmi, M. ; Satrani, B. ; Amarti, F. ; Rahouti, M. ; Aafi, A. ; Ismaili, R. ; Abdellah , F. (2009).** Composition chimique et activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Contre les champignons de pourriture du bois. 113–114.
30. **El-Gawad, A.A. ; ElShamy, A. ; El Gendy, A.E.-N. ; Gaara, A. ; Assaeed, A. (2019).** Volatiles Profiling, Allelopathic Activity, and Antioxidant Potentiality of *Xanthium Strumarium* Leaves Essential Oil from Egypt: Evidence from Chemometrics Analysis. *Molecules.* 24–584.
31. **El Sawi, J.A.; Al-Ghazali, M.A.; Khan, I.A. (2019).** Potential allelopathic indirect effects of citrus on weeds: A review. *Allelopathy Journal .* 52, 1–16.
32. **Erica A. Soto Mendívi. ; Juan F. ; Moreno Rodríguez. ; Mirna Estarrón-Espinosa.; Eva Noemí Obledo-Vázquez.(2018).** Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternaria citri*.
33. **Fenni, M. (1991 ).** La gestion des mauvaises herbes dans les céréales dans la région méditerranéenne. 87–97.

34. **Erica A. Soto Mendívi. ;Juan F. ;Moreno Rodríguez. ;Mirna Estarrón-Espinosa.;Eva Noemí Obledo-Vázquez.(2018).** Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternaria citri*.
35. **Franco, M., Cataldi, A., Durando, S., & Fava, C. (2022).** Computed tomography and pathological findings in thymoma and thymic carcinoma, 32(5), 3317–3329.
36. **Fredon lorraine .(2013)**Article: Qu'est-ce qu'un produit phytosanitaire .
37. **GIS Sol. (2011).** L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols.
38. **Gaspari, L. (2011).** « Prenatal environmental risk factors for genital malformations in a population of 1442 French male newborns : a nested case–control study », Human Reproduction. 15–21.
39. **Ghorab, H. ; Kabouche, A. ; Kabouche, Z. (2014).** Comparative compositions of essential oils of *Thymus* growing in various soils and climates of North Africa. 300–302.
40. **Giordani, R. ; Hadeif, Y. ; Kaloustian, J. (2008).** Compositions and antifungal activities of Essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 79: 199–203.
41. **Grime.J.P. ;(2001).** plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. Book. 21–248.
42. **Gunton, J. ; Leishman, M.R. ; Mortimer, S.(2011).** The impact of climate change on weed seed banks. 2–7.
43. **Hadeif, Y. ; Kaloustian, J. ;Chefrour, A. (2007).** Chemical composition and variability of the essential oil of *Thymus numidicus*Poiret. FromAlgeria. *Acta Bot. Gallica*. 154: 265–74.
44. **Hamdi, M. ; Al-Saedi, A.; Mahmood. M,A. ; Mahdavia, M. ( 2017).** Herbicide resistance in weeds of major crops in Iraq : Status, management, and future prospect *Weed*. 13–147.
45. **Hamdi, M.A. ; Al-Saedi, A.J. ; Mahmood, M. ; Mahdavia, M. (2017).** Herbicide resistance in weeds of major crops : Status, management, and future prospects. 11–147.
46. **Hanana, M. ; Mansour, M.B. ; Algabr, M. ; Amri, I. ; Gargouri, S. ; Romane, A. ; Jamoussi, B. ; Hamrouni, L. (2017).** Potential use of essential oils from four Tunisian species of Lamiaceae: Biological alternative for fungal and weed control. *Rec. Nat. Prod*. 258–269.
47. **Hazrati, H. ; Saharkhiz, M.J. ; Moein, M. ; Khoshghalb, H. (2017).** Phytotoxic effects of several essential oils on two weed species and Tomato. *Biocatal. Agric. Biotechnol*. 10,12–17.
48. **Hazrati, H. ; Saharkhiz, M.J. ; Moein, M. ; Khoshghalb, H. (2018).** Phytotoxic effects of several essential oils on two weed species and Tomato. *Biocatal. Agric. Biotechnol*. 204–212.
49. **Hoagland, R. ; Weaver, M. ; Boyette, C. (2007).** *Myrothecium verrucaria* (MV) fungus ; A bioherbicide and strategies to reduce its non-target risks. 179-192.
50. **Hoppin, J. ; David, M. ; Stephanie, J. ; Michael C.R., Dale,P. ,(2002).** « Chemical Predictors of Wheeze among Farmer Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study ». 669–674.
51. **Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., & Chauhan, B. S. (2015).** Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57–65.  
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.004>

52. **JANE A. HOPPIN ; DAVID M. UMBACH. ;STEPHANIE J. LONDON. ;MICHAEL C. R. ALAVANJA. ; DALE P. SANDLEP.** « Chemical Predictors of Wheeze (2002) .Among Farmer Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study », *Am J RespirCrit Care Med*.
53. **Jouini, A. ; Verdeguer, M. ; Pinton, S. ; Araniti, F. ; Palazzolo, E. ; Badalucco, L. ; Laudicina, V.(2020).** Potential Effects of Essential Oils Extracted from Mediterranean Aromatic Plants on Target Weeds and Soil Microorganisms. 12–89.
54. **Kabouche, A. (2005).** Etude phytochimique de plantes Médecinales appartenant à la famille des Lamiaceae. Mémoire fin d'étude. 302.
55. **Kashkooli, A.B. ; Saharkhiz, M. (2014).** Essential Oil Compositions and Natural Herbicide Activity of Four Denaei Thyme (*Thymus daenensis*Celak.) Ecotypes. *J. Essent. OilBear. Plants*. 859–874.
56. **Kholkhal, F. (2014).** Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des extraits des composés phénoliques de *Thymus ciliatus* ssp.*coloratus* et ssp.*eucliliatus*. 75–164.
57. **Kömives, T. ; Gullner, T. ; Kálmán, J. ; Hatzios , J. ; Casida, E. (2003 ).** Ability of poplar (*Populus* spp) to detoxify chloroacetanilide herbicides. 41–54.
58. **Liu, B. ; Martre,P.; Ewert,F. ; Webber, H. ; Waha,K. ; Thorburn, P. ; Ruane, A. ; Aggarwal, P. ; Ahmed, M. ; Balkovič, B. ; Basso, C. ; Biernath, M. ; Bindi, D. ; Cammarano, W. ; Cao, A. ; Challinor, G. ; De Sanctis, B. ; Dumont, M. ; Espadafor, E. ; EyshiRezaei, E. ; Fereres, R. ; Ferrise, M. ; Garcia-Vila, S. ; Gayler, Y. ; Gao, H. ; Horan, G. ; Hoogenboom, R.C. ; Izaurralde, M. ; Jabloun, C.D. ; Jones, B.T. ; Kassie, K.C. ; Kersebaum, C. ; Klein, A.-K. ; Koehler, A. ; Maiorano, S. ; Minoli, M. ; Montesino , C. ; Müller, S. ; Naresh Kumar, C. ; Nendel, G.J. ; O'Leary, J.E. ; Olesen, T. ; Palosuo, J.R. ; Porter, E. ; Priesack, D. ; Ripoche, R.P. ; Rötter, M.A. ; Semenov, C. ; Stöckle, P. ; Stratonovitch, T. ; Streck, I. ; Supit, F. ; Tao,F. ; Van der Velde,M. ; Wang, E. ; Wwol,J. ; Xiao ,L. ; Zhang, Z. ; Zhao,Z. ; Zhu,Y. ; Asseng,S.(2023) .** Wheat multi-model simulations on climate change impact and adaptation for global wheat. 15–2.
59. **Maccioni, A. ; Santo, A. ; Falconieri, D. ; Piras, A. ; Farris, E. ; Maxia, A. ; Bacchetta, G.(2020).** Phytotoxic effects of *Salvia rosmarinus* essential oil on *Acacia saligna* seedling growth. *Flora-Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants*. 5–23.
60. **Madi, A. (2010)** Caractérisation et Comparaison du Contenu Polyphénolique de deux Plantes Médicinales (Thym et Sauge) et la Mise en évidence de leurs activités biologiques. 12–20.
61. **Mahdaviakia, M. ; Tabatabaei, S. ; Masoudi-Nejad, M.A. ; Asghari, A. (2017).** Herbicide resistance in weeds : An emerging threat to sustainable agriculture. 22–25.
62. **Mahmudul, M. ; Islam, R. ; Sarker, M.H. ; Islam M.; Rahman, K. ; Khan, S. (2022).** Herbicide Effects on the Germination and Growth of Weeds in Bangladesh. 1–10.
63. **Marc, G. ;Frédéric, M. ; Christophe, T. ; Paul, J. ; Rathouz, P. ; Alexis, E. (2013) .** « Pesticide Exposure and Depression Among Agricultural Workers in France », *American Journal of Epidemiology?* 20–21.
64. **Matković, A. ; Marković, T. ; Vrbničanin, S. ; Sarić-Krsmanović, M. ; Božić, D. (2018).** Chemical composition and in vitro herbicidal activity of five essential oils on Johnson grass (*Sorghum halepense* L. Pers.). *Lek. Sirovin*. 44–50.

65. **McDowell, M. ; Willis, G. (1983).** Soil contamination by pesticides: A review. *Environmental Pollution* ? 15–36.
66. **Mebarki, N. ( 2010).** Extraction de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* et application à la formulation d'une forme médicamenteuse-antimicrobienne. 14–24.
67. **Melander, B., Rasmussen, I. A., & Barberi, P. (2005).** Integrating physical and cultural methods of weed control— examples from European research. *Weed Science*, 53(3), 369–381. <https://doi.org/10.1614/ws-04-136r>
68. **Mendivil, E. ; Juan, F. ; Moreno, R. ; Mirna, E. ; Noemí, E. (2006).** Effect of thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) on the radial growth of *Alternaria citri* on PDA. 4–10.
69. **Messara, Y. ; Fernane, F. ; Meddour, R. (2018) .** Chemical Composition, Antibacterial, and Antifungal activities of the Essential Oil of *Thymus numidicus* Poiret from Algeria. 5–8.
70. **MESSARA, Y. (2012).** Extraction des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des Labiées – Essais de formulet 297. 14–15.
71. **Moss , R. ; Clark, L. ; Stephen, R. (1994).** Herbicide resistance in the weed *Alopecurus myosuroides*. *Weed Science*. 412–424.
72. **Nickavar, B. ; Mojab, F. ; Dolat-Abadi, R. (2005).** Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. 16–53.
73. **Onaran, A. ; Yilar, M. ; Belguzar, S. ; Bayan, Y. ; Aksit, H. (2014).** Antifungal and Bioherbicidal Properties of Essential Oils of *Thymus fallax* Fish & Mey. , *Origanum vulgare* L. and *Mentha dumetorum* Schult. *Asian J. Chem*. 5159 –5164.
74. **Pariante, J. (2001).** Management of Weeds in Organic Cropping Systems. 11–30.
75. **Powles, S. (2008).** Evolved Glyphosate-Resistant Weeds around the World: Lessons to Herbicides. 3–11.
76. **Powles, S. ; Bosch, J. (2015).** Weed Resistance to Herbicides : From Evolution to Management. 3–10.
77. **Puig, C.G. ; Reigosa, M.J. ; Valentão, P. ; Andrade, P.B. ; Pedrol, N. (2018).** Unravelling the bioherbicide potential of *Eucalyptus globules Labill* : Biochemistry and effects of its aqueous extract.
78. **Quezel, P. et Santa, S. (1963).** Nouvelle Flore de l'Algérie et de ses régions désertiques méridionales. Tome II. Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 493–1170.
79. **Radosevich, S. ; Clay, M. ; Hanlon, M. ; Van Acker, J. (2017).** Methods to Study Interactions Among Crops and Weeds. 1–16.
80. **Romagnì, A. ; Boller, P. ; Malavolta, M. ; Cioni, G. (2000).** Allelopathic effects of essential oils from aromatic plants on weeds. 23–39.
81. **Saadallah, H. ; Radjeh, B. ; Dakhli, D. (2020).** Les activités biologiques des constituants Bioactifs de thym (*Thymus algeriensis*). Mémoire de master, Université Mohammed Sedik benyahia, Jijel, Algérie, 64.
82. **Soltys, D., Krasuska, U., Bogatek, R., & Gniazdowska, a. (2013).** Allelochemicals as Bioherbicides - Present and Perspectives. *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*, 517–542. <https://doi.org/10.5772/56185>
83. **Singh , H.S. ; Gupta, R. ; Chauhan, B. ; Chadha, K.L. ; Randhawa, S. ; Uppal, J. (2002)** Weed Management in Rice-Wheat Systems in the Indo-Gangetic Plains. 635–645.

84. **Szymon, M. ; Manuel, P. (2011).** Assessing the Impact of Climate Change on Weeds in Temperate Cereal Cropping Systems. 3–7.
85. **Taban, A. ; Saharkhiz, M.J. ; Hadian, J. (2013).** Allelopathic potential of essential oils from four Satureja spp. *Biol. Agric. Hort.*, 29: 244–257.
86. **Tesio, F., & Ferrero, A. (2010).** Allelopathy, a chance for sustainable weed management. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17(5), 377–389.  
<https://doi.org/10.1080/13504509.2010.507402>
87. **Umpierrez, M.E. ; Van Asten, J. ; Strong, D. ; Van Ittersum, J. ; Van der Werf, T. (2017).** Herbicide-resistant weeds: A global perspective on the status of research and knowledge. 4–102.
88. **Vila-Aiu, M. ; Gherardi, M. (2005).** Herbicides and their effects on soil and water. 18–22.
89. **Wang, C. J., & Liu, Z. Q. (2007).** Foliar uptake of pesticides—Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 87(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2006.04.004>
90. **Willey, J. (2015).** Weeds as Drivers of Change in Agroecosystems. 4–17.
91. **Zimdahl, R. (2007).** *Fundamentals of Weed Science, Third Edition*. book. 15–688.

## LES ANNEXES

**Annexe 01 : Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes par le test ANOVA selon les différents traitements : témoin et extraits préparés à base de *T. numidicus*.**

Source Extraits végétaux/plante	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F Value	P value	Signification
P1	3	21600,4	7200,13	648,34	0.00	DS
P2	3	10001	3333,67	*	*	DNS
P3	3	14981,8	4993,93	103,86	0.00	DS
P4	3	1446,3	482,09	24,35	0.00	DS
P5	3	100,1	33,37	2,25	0,16	DNS

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, DS : différence significative, DNS : différence non significative.

**Annexe 02 : Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes testées par le test ANOVA selon les modes d'action (contact direct et contact indirect) de l'huile essentielle de *Thymus numidicus*.**

Source Techniques D'études HE de <i>T. numidicus</i>	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F Value	P value	Signification
P1	3	20400	6800	*	*	DNS
P2	3	10001	3333,67	*	*	DNS
P3	3	14979	4993	103,69	0.00	DS
P4	3	1522,6	507,53	34,22	0.00	DS
P5	3	1433,67	477,889	*	*	DNS

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, DS : différence significative, DNS : différence non significative.

**Annexe 03 : Analyse de la variance des taux de germination des semences des espèces de plantes testées par le test ANOVA selon les dilutions d'HE de *T. numidicus* .**

Source Dilutions des extraits végétaux/plante	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F Valu e	P value	Signifi cation
P1	2	288,89	144,444	50	0,000	DS
P2	2	32,67	16,333	7,35	0,024	DS
P3	2	1,556	0,7778	0,21	0,819	DNS
P4	2	10,67	5,333	1,85	0,237	DNS
P5	2	0,2222	0,1111	1	0,422	DNS

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, DS : différence significative, DNS : différence non significative.

**Annexe 04 : Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes par le test ANOVA selon les différents traitements : témoin et extraits préparés à base de *T. ciliatus*.**

Source Extraits végétaux/plante	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F Value	P value	Signification
P1	3	13675,3	4558,44	246,21	0.000	DS
P2	3	666,733	222,244	*	*	DNS
P3	3	326,25	108,751	14,67	0,001	DS
P4	3	666,733	222,244	*	*	DNS
P5	3	100,1	33,367	9	0,006	DNS

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, DS : différence significative, DNS : différence non significative.

**Annexe 05 : Analyse de la variance des taux de germination des semences de plantes testées par le test ANOVA selon les modes d'action (contact direct et contact indirect) de l'huile essentielle de *Thymus ciliatus*.**

Source Techniques D'études HE de <i>T. numidicus</i>	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F Value	P value	Signification
P1	3	10001	3333,67	*	*	DNS
P2	*	*	*	*	*	DNS
P3	3	278,06	92,685	25	0.000	DS
P4	3	811,09	270,363	72,93	0.000	DS
P5	3	11,12	3,707	1	0,441	DNS

\*P1 : orge, P2 : Lentilles, P3 : *Lolium*, P4 : *Poa*, P5 : Trèfle, DS : différence significative,  
 DNS : différence non significative

**Annexe 06 : Analyse de la variance des taux de germination des semences inféodées au sol par le test ANOVA selon l'effet des deux types d'huile essentielle de *T. numidicus* et *Thymus ciliatus*.**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F Value	P value	Signification
Traitements						
P1	2	6,222	3,111	0,33	0,729	DNS

\*P1 : orge, DNS : différence non significative.