



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

Université Blida 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLIGIES

Biotechnologie et valorisation des plantes

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme d'un Master
Académique

Thème :

*Recherche des biomolécules à activité herbicide
de quelques plantes spontanées*

Présenté par : -Mlle. ANANE Nour El Houda

-Mlle. AYADI Maroua

Devant le Jury :

Dr.BELGANDOUZ.R	M.C.A	USDB1	Présidente
Dr.SADEK.D	DOCTORAT	USDB1	Examinatrice
Dr.MOUMENE.S	M.C.A	USDB1	Promotrice

Session 2020 / 2021

REMERCIEMENT

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu qui nous a donné le courage et le savoir par mener jusqu'au bout ce mémoire.

*Nous tenons à présenter nos sincères remerciement et nos haut gratitudes à monsieur **Dr. Moumene Saida**, qui nous encadré tout au long de la réalisation de ce mémoire, pour son aide, ses orientations et ses conseils judicieux.*

*Nos remerciements vont également aux membres de jury, qui ont accepté de lire et d'évaluer ce modeste travail, **DR. Belguendouz rachida** et **Dr. Sadek Dounia**.*

Nous tenons aussi à remercier tous les enseignants qui ont assuré notre enseignement durant tout notre cursus universitaire et qui ont veillé à notre savoir.

*Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à l'élaboration de ce document. **Rym Boukhalfa**, **Safia**, ainsi que tout les membres du laboratoire de recherche.*

DÉDICACE

Dédicace Anane Nour el Houda.

Je dédie mon travail,

A ma Chère Mère Fatiha

A mon Père Mohamed

Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines m'ont permis de vivre ce jour.

A mon Frères et ma sœur, Tarek et Nermine

A ma famille, mes tantines qui ont tant prié pour moi

Ainsi que tous les gens m'aiment

A Mon binôme Maroua

A Radia qui nous a aidé, Ihcene, Fidati, Nadia, Nouha, Amina,

Yasmine, Houda, Fatima, Fella, Amel et Hanane,

Dounia, Fériel.

A zaki Nahel, Imed ainsi que mr. Youcef.

Un grand merci a notre promotrice pour sa patience et sont professionnalisme.

Remercions dieux pour les gens qui nous ont entourés, pour la mains qu'ils nous ont tendues.

Dedicace Maroua Ayadi

*On tient à remercier le bon Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage,
la volonté et la patience pour achever ce travail.*

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie que je dédie ce
travail*

A mes très chers parents qui ont toujours été avec moi à mes côtés,

Je les remercie pour leur éducation, leur

*Sacrifice et leur assistance, merci pour tous, sans vous je ne serais pas là ou
je suis,*

*Je le dois, que Dieu vous garde, leur prête bonheur et longue vie et merci
d'avoir fait de moi ce que je suis.*

A mes très chers Grand parents qui m'ont élevé depuis toute petite

Avec tout mon amour et ma reconnaissance.

*A celle qui ont éclairé ma vie mes chères sœurs, Mariam, Maria et Maram
pour leur soutien et leurs encouragements je les souhaite que de bonheur que
dieu vous garde pour moi.*

*A mes amies que j'ai vécues avec elles des beaux Moments au cours de mon
cursus à l'université :Radia,maissa ,sérine,rachida,houda,fella,nadia et fatima.*

*A mon cher meilleur ami Imad et le supporter numéro un de mes Sans a
l'université ,celui qui m'a soutenir dans mes mauvais et le bon ,il était là pour
moi*

*A mon binôme nour el houda que je lui remercie énormément pour Sa patience
et son aide toute cette période.*

Résumé

Cette présente étude vise la recherche des biomolécules à activité herbicide à partir d'extraits végétaux spontanés chloroformiques et éthanoliques préparés par macération à froid à partir de *Malva sylvestris*, *Anacyclus clavatus*, *Arisarum vulgare*, *Urtica dioïca*, *Cynara cardunculus* et *Oxalis pes caprae* et celle, des extraits aqueux à base de *Marrubium vulgare*, *Cynara cardunculus*, *Oxalis pes caprae* et *Lavandula stoechas* puis, fractionnés par les solvants dont, l'hexane, l'acétate d'éthyle, l'acétone, le méthanol, et le chloroforme. Le pouvoir herbicide de chacun des extraits précités a été étudié in vitro selon l'inhibition de la germination des graines de tomate, d'orge et de lentilles sous l'effet des extraits végétaux chloroformiques et éthanoliques et, selon les graines d'orge seulement sous l'effet des extraits aqueux fractionnés. Quant à l'inhibition de la croissance, elle a été évaluée sur l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées des espèces végétales comme décrites précédemment mis à part que, les graines d'orge ont été substituées par celles de la tomate pour les extraits fractionnés. Le pouvoir inhibiteur a été évalué par absorption selon la croissance des plantules de tomate et de courgette sous l'effet des extraits chloroformiques et éthanoliques et selon celle des plantules de tomate seulement sous l'effet des extraits végétaux fractionnés. L'activité herbicide a été également évaluée pour l'ensemble des extraits végétaux étudiés selon la méthode de contact direct sur les disques foliaires de *Pélagonium* sp. Les résultats obtenus ont confirmé le potentiel inhibiteur des extraits chloroformiques à base d'*Urtica dioïca* sur la germination les graines d'orge (73,3%) et des lentilles (83,3%) ainsi que, celui des fractions acétoniques de l'extrait aqueux d'*Oxalis pes caprae*, méthanolique de *Cynara cardunculus*, et acétonique de *Marrubium vulgare* notamment, les fractions acétoniques de l'extrait aqueux d'*Oxalis pes caprae* (93,33%). Les extraits végétaux chloroformiques à base de *Malva sylvestris* et *Oxalis pes caprae* se sont avérés plus inhibiteurs de l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées de tomate, d'orge et de lentilles. Il en est de même pour les extraits végétaux éthanoliques à base de *Malva sylvestris* (26mm), *Anacyclus clavatus* (24,63mm), *Arisarum vulgare* (24,47mm) sur les graines germées de la tomate mais notamment, celui à base de *Cynara cardunculus* sur tomate (16,233mm) et sur orge (70,93mm). Le potentiel inhibiteur a été remarquable pour les extraits éthanoliques à base d'*Urtica dioïca*, *Anacyclus clavatus*, *Arisarum vulgare* (19,63-17,23mm) et *Malva sylvestris* (16,03mm) sur l'élongation des graines germées de lentilles mais, il demeure plus important pour l'extrait à base d'*Oxalis pes caprae* (12,07mm-19,70mm). Il est important de souligner l'apparition d'un flétrissement sur les plantules des espèces végétales développées sous l'effet d'absorption de l'ensemble des extraits végétaux étudiés. Les extraits chloroformiques à base d'*Arisarum vulgare* et de *Cynara cardunculus* ont montré un effet plus inhibiteur sur la croissance des deux espèces de plantules alors qu'il semble plus important sous l'effet des extraits éthanoliques notamment, sur les plantules de courgette que de la tomate et, en particulier sous l'effet des extraits à base de *Malva sylvestris* et d'*Oxalis pes caprae* (100%) et, celui à base de *Lavandula stoechas* aqueux fractionné par l'hexane (100%). Cependant, il est également important de souligner l'absence du pouvoir herbicide chez l'ensemble des extraits végétaux étudiés selon la méthode de contact direct.

Mots clés: croissance, extraits végétaux, germination, inhibition, modes action.

Abstract

This present study aims to research biomolecules with herbicidal activity from spontaneous chloroform and ethanolic plant extracts prepared by cold maceration from *Malvasylvestris*, *Anacyclusclavatus*, *Arisarumvulgare*, *Urticadioica*, *Cynaracardunculus* and, *Oxalis pescaprae* and that , aqueous extracts based on *Marrubium vulgare*, *Cynara cardunculus*, *Oxalis pes caprae* and, *Lavandula stoechas* then, fractionated with solvents including, hexane, ethyl acetate, acetone, methanol, and chloroform.

The herbicidal power of each of the aforementioned extracts was studied *in vitro* according to the inhibition of the germination of tomato, barley and lentil seeds under the effect of chloroform and ethanolic plant extracts and, according to barley seeds only under the effect of fractionated aqueous extracts. As for the inhibition of growth, it was evaluated on the elongation of the hypocotyls and the roots of the germinated seeds of plant species as described previously except that, the barley seeds were substituted by those of the tomato for split extracts. The inhibitory power was evaluated by absorption according to the growth of tomato and zucchini seedlings under the effect of chloroform and ethanolic extracts and by that of tomato seedlings only under the effect of fractionated plant extracts. The herbicidal activity was also evaluated for all the plant extracts studied by the method of direct contact on the leaf discs of *Pelargonium* sp.

The results obtained confirmed the inhibitory potential of chloroform extracts based on *Urtica dioica* on the germination of barley seeds (73.3%) and lentils (83.3%) as well as that of the acetone fractions of aqueous extract of *Oxalis pes caprae*, methanolic extract of *Cynara cardunculus*, and acetonic extract of *Marrubium vulgare* in particular, the acetone fractions of the aqueous extract of *Oxalis pes caprae* (93.33%).

Chloroform plant extracts based on *Malva sylvestris* and *Oxalis pescaprae* were shown to be more inhibiting of hypocotyl and root elongation of sprouted seeds of tomato, barley and lentils.

It is the same for the ethanolic plant extracts based on *Malva sylvestris* (26mm), *Anacyclus clavatus* (24.63mm), *Arisarum vulgare* (24.47mm) on the germinated seeds of the tomato but in particular, that based on *Cynara cardunculus* on tomato (16.233mm) and on barley (70.93mm). The inhibitory potential was remarkable for the ethanolic extracts based on *Urticadioica*, *Anacyclusclavatus*, *Arisarum vulgare* (19.63-17.23mm) and *Malva sylvestris* (16.03mm) on the elongation of germinated lentil seeds but, it remains more important for the extract based on *Oxalis pes caprae* (12.07mm-19.70mm).

It is important to underline the appearance of wilting on the plantlets of the plant species developed under the effect of absorption of all the plant extracts studied. The chloroform extracts based on *Arisarum vulgare* and *Cynara cardunculus* have shown a more inhibitory effect on the growth of the two species of seedlings while it seems more important under the effect of ethanolic extracts in particular, on the zucchini seedlings than of tomato and, in particular under the effect of extracts based on *Malva sylvestris* and *Oxalis pescaprae* (100%) and, that based on aqueous *Lavandula stoechas* fractionated with hexane (100%).

However, it is also important to underline the absence of herbicidal power in all the plant extracts studied by the direct contact method.

Keywords: growth, plant extracts, germination, inhibition, modes of action.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى البحث عن الجزينات الحيوية ذات النشاط المبيد للأعشاب من مستخلصات نباتية من الكلوروفورم و *Anacyclus clavatus* و *Malva sylvestris* العفوي ومستخلصات نباتية/إيثانولية محضرة بالنقع البارد من ذلك ، المستخلصات *Oxalis pes caprae* و *Cynara cardunculus* و *Urtica dioica* و *Arisarum vulgare* بعد *Lavandula stoechas* و *Oxalis pes caprae* ، *Cynara cardunculus* ، *Marrubium* المائية على أساس ذلك ، مجزأة مع المذيبات بما في ذلك ، الهكسان ، أسيتات الإيثيل ، الأسيتون ، الميثانول ، والكلوروفورم. تمت دراسة القدرة المبيد للأعشاب لكل من المستخلصات المذكورة أعلاه في المختبر وفقاً لتثبيط إنبات بذور الطماطم والشعير والعدس تحت تأثير مستخلصات نبات الكلوروفورم والإيثانول ، وفقاً لبذور الشعير فقط. مقتطفات. أما بالنسبة لتثبيط النمو فقد تم تقييم استطالة إبيكوتيل وجذور البذور النابتة لأنواع النباتات كما تم وصفها سابقاً فيما عدا أن بذور الشعير استبدلت ببذور الطماطم كمستخلصات مقسمة. تم تقييم القدرة التثبيطية عن طريق الامتصاص وفقاً لنمو الشتلات الطماطم والكوسا تحت تأثير مستخلص الكلوروفورم والإيثانول ووفقاً لتأثير شتلات الطماطم فقط تحت تأثير المستخلصات النباتية المجزأة. كما تم تقييم فعالية المبيدات لجميع المستخلصات النباتية التي تمت دراستها وفقاً لطريقة الاتصال المباشر على أقرص أوراق . أكدت النتائج التي تم الحصول عليها على القدرة المثبطة لمستخلصات الكلوروفورم المعتمدة *Pelargonium sp* على إنبات بذور الشعير (73.3%) والعدس (83.3%) وكذلك أجزاء الأسيتون من المستخلص المائي *Urtica dioica* على ، والأسيتون *Cynara cardunculus* ، المستخلص الميثانولي من بذور الشعير. *Oxalis pes caprae* من *Oxalis pes caprae* على وجه الخصوص ، كسور الأسيتون من المستخلص المائي من *Marrubium vulgare* من *Oxalis pes caprae* و *Malva sylvestris* (93.33%). تم العثور على مستخلصات نبات الكلوروفورم التي تعتمد على *caprae* لتكون أكثر تثبيطاً لنقص الكريات البيض واستطالة الجذر لبذور الطماطم والشعير والعدس. هو نفسه بالنسبة *pes caprae* (24.63 ملم) *Anacyclus clavatus* (26 ملم) ، *Malva sylvestris* لمستخلصات النباتات الإيثانولية المبنية على (24.47 ملم) على بذور الطماطم النابتة ولكن بشكل خاص ، تلك المستندة *Arisarum vulgare* ، على الطماطم (16.233 ملم) وعلى الشعير (70.93 ملم). كانت القدرة التثبيطية ملحوظة *Cynara cardunculus* إلى *Arisarum vulgare* و *Anacyclus clavatus* و *Urtica dioica* بالنسبة للمستخلصات الإيثانولية المعتمدة على (16.03 ملم) على استطالة بذور العدس النابتة ولكنها تظل أكثر *Malva sylvestris* (17.23-19.63 ملم) و *vulgare* (12.07 ملم) من المهم التأكيد على ظهور mm-19.70mm أهمية بالنسبة للمستخلص الذي يعتمد على *أقصابيس* ماعزي (12.07 ملم) الذبول على نباتات الأنواع النباتية التي تم تطويرها تحت تأثير امتصاص جميع المستخلصات النباتية المدروسة. أظهرت تأثيراً أكثر تثبيطاً على *Cynara cardunculus* و *Arisarum vulgare* مستخلصات الكلوروفورم المعتمدة على نمو نوعي النباتات بينما يبدو أنها أكثر أهمية تحت تأثير المستخلصات الإيثانولية على وجه الخصوص ، على نباتات *Malva* الكوسة أكثر من الطماطم ، وعلى وجه الخصوص تحت تأثير المستخلصات التي تعتمد على المائي المجزأ مع الهكسان *Lavandula* (100%) والتي تعتمد على نبات *Oxalis pes caprae* و *Malva sylvestris* (100%). طريقة الاتصال المباشر.

الكلمات المفتاحية : النمو ، المستخلصات النباتية ، الإنبات ، التثبيط ، طرق المفعول.

Liste de figures

Figure. 1 : Types de nuisibilité des mauvaises herbes (Caussanel, 1989).

Figure. 2 : Voies de libération et les effets des produits allélochimiques.

Figure. 3 : Induction de la production des composés allélochimiques sous l'effet des facteurs biotique et abiotique, selon De Albuquerque et *al.* (2011).

Figure. 4:Morphologie de *Cynaracardunculus* L. au stade végétatif (Gostin et Waisundara, 2019).

Figure. 5 : Morphologie des plantes duGenre *Oxalis* sp. L. (Obone, 2005).

Figure. 6 : Morphologie de *Malvasylvestris* L. (Ghédira et *al.*, 2016).

Figure. 7 : Morphologie de *Marrubiumvulgare* L. au stade début floraison (Sapin, 2006).

Figure. 8 : Morphologiede *Lavandulastoechas* (Chu et Kemper, 2001).

Figure. 9 : Morphologie d'*Urticadioïca* L. (Draghi, 2005).

Figure. 10 :Morphologie d'*Anacyclus clavatus* aux stades végétatif (a) et floraison (b) (Selles, 2012).

Figure. 11 : Morphologie d *Arisarum vulgare* Targ. (*Arum arisarum* L.) (Fournier, 1947)

Figure. 12 : Morphologies des espèces végétales spontanées étudiées.

Figure. 13: Extraits végétaux obtenus par solvants.

Figure. 14: fractionnement des extraits efficaces par l'hexane et l'acétate d'éthyle

Figure. 15: Concentration à sec des extraits végétaux au rotavapeur modèle (Heidolph, Allemagne).

Figure. 16: préparation du lit de germination.

Figure. 18: absorption de plantules de courgette par les extraits par solvants.

Figure. 19: Decoupage des disques foliaires de *Pelargonium* sp.

Figure. 20: Effet des extraits végétaux chloroformiques sur la germination des graines de tomate et de lentille et les grains d'orge

Figure. 21: Inhibition de la germination des graines selon les extraits végétaux éthanoliques et selon les espèces végétales des graines

Figure. 22: Effet des extraits végétaux éthanoliques sur la germination des grains de tomate et lentille et les grains d'orge

Figure. 23: Tôt d'inhibition de la germination des graines selon les extraits végétaux éthanoliques et selon les espèces végétales des graines.

Figure. 24: Effet des extraits fractionnés par solvants de l'extrait aqueux d'*Oxalis pes caprae*, *Cynara cardunculus*, *Marrubium vulgare*, *Lavandula stoechas* sur la germination des grains d'orge

Figure. 25: Tôt d'inhibition de la germination des graines d'orge selon les solvants organiques utilisés lors du fractionnement des extraits aqueux végétaux.

Figure. 26: Effet des extraits chloroformiques végétaux sur l'élongation des racines et des épicotyles des graines germées de tomate, d'orge et lentille.

Figure. 27: Inhibition de l'élongation des épicotyles et racines des graines germées selon les extraits chloroformiques végétaux et selon les espèces végétales testées

Figure. 28: Effet des extraits éthanoliques végétaux sur l'élongation des racines et des épicotyles des grains germées de tomate, orge et lentille.

Figure. 29: Inhibition de l'élongation des épicotyles et racines des graines germées selon les extraits éthanoliques végétaux et selon les espèces végétales testées.

Figure. 30: Effet des extraits végétaux aqueux fractionnés de *lavandula stoechas* et *Cynara cardunculus* sur l'élongation des racines et des épicotyles des grains germées de tomate.

Figure. 31: Effet des extraits végétaux aqueux de *Marrubiumvulgare* et *Oxalis pes-caprae* fractionnés sur l'élongation des racines et des épicotyles des grains germées de tomate.

Figure. 32: Inhibition de l'élongation des épicotyles et des racines des graines de tomate germées selon les solvants organiques utilisés lors du fractionnement des extraits végétaux aqueux.

Figure. 33: Développement des symptômes de flétrissement sous l'effet de l'absorption des extraits aqueux végétaux fractionnés par solvants sur les plantules de tomate.

Figure. 34 Réponse foliaire du *Pelargonium* sp. à l'effet des extraits végétaux testés selon la méthode de contact direct

Liste des tableaux:

Tableau . 01: Nomenclature des composés allélopathiques d'après Putnam et Tang 1986

Tableau . 02: Données sur les espèces végétales spontanées étudiées

Tableau . 03: Tableau 3. Espèces végétales utilisées dans les essais biologiques.

Tableau. 04: Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des espèces végétales de graines testées selon les extraits végétaux chloroformiques par le test Anova

Tableau. 05 : Classement des extraits chloroformiques végétaux selon les taux d'inhibition de germination et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey

Tableau. 06 : Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des graines testées selon les extraits végétaux éthanoliques par le test Anova.

Tableau. 07: Classement des extraits végétaux éthanoliques selon les taux d'inhibition de germination et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey.

Tableau. 08 : Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des graines d'orge selon les extraits fractionnés à partir des extraits aqueux végétaux par le test Anova.

Tableau. 09 : Classement des extraits fractionnés à partir des extraits aqueux végétaux selon les taux d'inhibition de germination des graines d'orge et selon les solvants par le test de Tukey.

Tableau. 10 : Analyse de la variance de l'élongation des épicotyles et des racines des graines germées des espèces végétales testées selon les extraits végétaux chloroformiques par le test Anova.

Tableau. 11: Classement des extraits chloroformiques végétaux selon l'élongation des épicotyles et des racines des graines germées et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey.

Tableau. 12 : Analyse de la variance de l'élongation des épicotyles et des racines des graines germées des espèces végétales testées selon les extraits végétaux éthanoliques par le test Anova.

Tableau. 13 : Classement des extraits éthanoliques végétaux selon l'élongation des épicotyles et des racines des graines germées et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey

Tableau. 14 : Analyse de la variance de l'élongation des épicotyles et des racines des graines germées de tomate selon les extraits végétaux aqueux fractionnés par le test Anova.

Tableau. 15: Classement des extraits végétaux aqueux fractionnés selon l'élongation des épicotyles et des racines des graines germées de tomate par le test de Tukey.

Tableau. 16: Pouvoir inhibiteur des extraits végétaux fractionnés par les solvants sur la croissance des plantules de tomate par absorption

Liste des abréviations

CEE : Communauté économique européenne

AMM : autorisation de mise sur le marché

UV : ultra-violet

ITCMI : l'Institut Technique des Cultures Potagères

IG : Inhibition de la germination

TG : taux de germination

Ox : *Oxalis pes carpae*

Ma : *Malva sylvestris*

Cp : *Cynara cardunculus*

Mb : *Marrubium vulgare*

An : *Anacyclus clavatus*

Av : *Arisarum vulgare*

Lav : *Lavandula stoechas*

Hex : hexane

Chlo- : chloroforme brut

Chlo+ : chloroforme

Meth : méthanol

Act : acétone

Ethy-acet : éthyle acétate

Table de matière :

Introduction

Chapitre 1 : Recherches bibliographiques

1 Généralités sur les mauvaises herbes	Error! Bookmark not defined.
1.1 Définition	Error! Bookmark not defined.
1.2 Impact agro-économique.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Classification biologique.....	Error! Bookmark not defined.
1.3.1 Les plantes annuelles	Error! Bookmark not defined.
1.3.2 Les plantes bisannuelles.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Nuisibilité.....	Error! Bookmark not defined.
1.4.1 La nuisibilité réelle	Error! Bookmark not defined.
1.4.2 La nuisibilité potentielle	Error! Bookmark not defined.
2 Lutte contre les adventices	Error! Bookmark not defined.
2.1 Lutte culturale.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Lutte chimique.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Lutte biologique.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Le biocontrôle :.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Avantages d'utilisation de biopesticides	Error! Bookmark not defined.
3 Bioherbicides	Error! Bookmark not defined.
3.1 Définition :	Error! Bookmark not defined.
3.2 Principe d'action :	Error! Bookmark not defined.
3.3 Identifier des herbicides naturels :.....	Error! Bookmark not defined.
4 Généralités sur l'allélopathie	Error! Bookmark not defined.
4.1 Historique	Error! Bookmark not defined.
4.2 Définition	Error! Bookmark not defined.
4.3 Composés allélochimiques	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Nature chimique	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Accumulation dans la plante	Error! Bookmark not defined.
4.3.3 Facteurs influençant leur production	Error! Bookmark not defined.
4.3.4 Voies d'émission	Error! Bookmark not defined.
4.4 Intérêts de l'allélopathie en agriculture.....	Error! Bookmark not defined.
5 Activité allélopathique et composés allélochimiques d'origine végétal	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
5.1 Activité allélopathique	Error! Bookmark not defined.
5.2 Composés allélochimiques	Error! Bookmark not defined.

5.3	Classifications des métabolites secondaires	Error! Bookmark not defined.
5.3.1	Composés phénoliques et leurs dérivés	Error! Bookmark not defined.
5.3.2	Les monoterpènes	Error! Bookmark not defined.
5.3.3	Alcaloïdes.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.4	Acides hydroxamiques des benzoxazinoïdes	Error! Bookmark not defined.
5.3.5	Autres composés allélopathiques bénéfiques.....	Error! Bookmark not defined.
6	Données bibliographiques sur les plantes étudiées.....	Error! Bookmark not defined.
6.1	Généralités sur <i>Cynaracardunculus</i> L.	Error! Bookmark not defined.
6.2	. <i>LegenreOxalis</i> L.	Error! Bookmark not defined.
6.3	<i>Malvasylvestris</i> L.....	Error! Bookmark not defined.
6.4	<i>Marrubiumvulgare</i> L.....	Error! Bookmark not defined.
6.5	<i>LavandulaStoechas</i> L.	Error! Bookmark not defined.
6.6	<i>Urticadioïca</i> L.	Error! Bookmark not defined.
6.7	<i>Anacyclusclavatus</i> Pers.....	Error! Bookmark not defined.
6.8	<i>Arrisarum vulgare</i>	Error! Bookmark not defined.

Chapitre2 : Materiels et méthodes

2.1.	Introduction	Error! Bookmark not defined.
2.2.	Matériels végétale.....	24
2.2.1.	Espèces végétales spontanées	Error! Bookmark not defined.
2.2.2.	Especies végétales cultivées	26
2.3.	Récolte et stockage des plantes	27
2.4	Extraction des plantes et préparation des traitements	27
2.4.1	Extraits par solvants.....	28
2.4.2	Extraits aqueux fractionnés.....	28
2.4.2.1	préparations des extraits aqueux.....	28
2.4.2.2	Fractionnement des extraits	28
2.4.2.2.1.	Première methode.....	29
2.4.2.2.2.	Deuxième méthode :.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.3.	Preparation des traitements	30
2.5.	Evaluation in vitro de l'activité herbicide des extraits de plantes.....	30
2.5.1.	Inhibition de la germination des graines.....	31
2.5.2.	Inhibition de l'élongation racine/épicotyle.....	32
2.5.3.	Inhibition de la croissance des plantules par absorption.....	33
2.5.4.	Inhibition par contacte direct sur les disques foliaires.....	34

2.6. Analyse statistique	35
--------------------------------	----

Chapitre3 : resultats et discussion

3.1. Resultats**Error! Bookmark not defined.**

3.1.1. Pouvoir inhibiteur des extraits végétaux sur la germination des graines **Error! Bookmark not defined.**

3.1.1.1.Effet des extraits végétaux chloroformiques**Error! Bookmark not defined.**

3.1.1.2. Effet des extraits végétaux éthanoliques.....38

3.1.1.3. Effet des extraits végétaux aqueux fractionnés par solvant.....42

3.1.2. Pouvoir inhibiteur des extraits végétaux sur l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées des espèces végétales :**Error! Bookmark not defined.**

3.1.2.1.Extraits chloroformiques des végétaux**Error! Bookmark not defined.**

3.1.2.2. Extraits éthanoliques des végétaux 52

3.1.2.3. Extraits vegetaux aqueux fractionnés par solvant organique.....57

3.1.3. Effet des extraits végétaux fractionnée par solvants sur les plantules de tomate.....64

3.1.4. Pouvoir herbicide des extraits végétaux selon la méthode de contacte directe65

3.2. Discussion67

Conclusion

Références bibliographiques

INTRODUCTION

Introduction :

L'agriculture est considérée comme l'une des composantes majeures de l'économie nationale (Laoubi et Yamao, 2009). Cependant, les terres arables (surface agricole utile) sont limitées à moins de 3% de sa superficie totale, soit environ 8,7 millions d'ha (cultures de rente, forêt, pâturages, parcours, broussailles et luzerne). Cette déficience dans la production agricole est probablement liée aux différents facteurs biotiques en tenant compte de la concurrence des herbes envahissantes pour les cultures associées, les molécules allélochimiques emmagasinées dans le sol, les facteurs abiotiques ou anthropiques liés aux activités agricoles (épandage), l'introduction des produits phytosanitaires pour la protection des cultures et, l'utilisation excessive et irrationnelle des pesticides lors de traitement (HE et *al.*, 2005).

La production agricole dépend des conditions adéquates, principalement la lumière, l'eau et les nutriments. Cependant, la disponibilité des nutriments peut être réduite par la concurrence des adventices coexistant avec les cultures, ce qui suscite des inquiétudes quant au potentiel des adventices à affecter le développement de cultures économiquement importantes.

Dans l'agriculture conventionnelle, la gestion des mauvaises herbes est généralement effectuée à l'aide de produits chimiques. L'utilisation excessive et prolongée d'herbicides chimiques a entraîné des modifications de la capacité d'oxydation et dans la structure de la communauté microbienne du sol (Soghers et *al.*, 2003 ;Pose-juan et *al.*, 2017). De plus, les herbicides affectent négativement la qualité de l'environnement et la santé des populations exposées (Nunes et Alves, 2012; Morillo et Villaverde, 2017).

Par ailleurs, l'utilisation non raisonnée des herbicides a progressivement donné lieu à une augmentation des populations d'adventices résistantes aux herbicides, dans le monde. Une telle résistance est nombreuse et fréquente dans les cultures de base telles que le blé, le maïs et le riz (Tas. i., 2018).

De nouvelles technologies alternatives de désherbage moins nocives pour l'environnement sont actuellement recherchées. Parmi celles-ci, les bioherbicides à base de plantes ou de micro-organismes sont des substituts potentiels pour une gestion durable des mauvaises herbes (Klaic., 2015) car ceux-ci présentent de faibles risques et conviennent à la production d'aliments biologiques (Bailey, 2014). L'Algérie possède une des flores les plus diversifiées et les plus originales du bassin méditerranéen. La connaissance de la composition de la flore adventice et de son évolution avec les pratiques culturales est un préalable indispensable à toute mise au point de stratégies de lutte intégrée. C'est la raison pour laquelle, depuis

plusieurs années déjà, des études floristico-écologiques ont été entreprises dans différentes régions d'Algérie (Abdelkrim,1995;Fenni et Maillet,1998).

La lutte biologique offre une approche alternative pour les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes en agriculture (Jordan, 1993 ;Bond et Grundy.,2001 ; Mason et Spanner, 2006). En revanche, l'application du contrôle biologique des mauvaises herbes s'est souvent révélé difficile en pratique (Müller-Schärer et *al.*,2000).

L'allélopathie est considérée comme une technique prometteuse pour la lutte biologique (Lovett, 1991). Elle présente des capacités élevées de la lutte contre les mauvaises herbes en conditions réelles (in-situ) (Olofsdotter., 2001).

Dans ce contexte, cette étude vise la recherche et l'évaluation du potentiel herbicide des extraits végétaux de quelques plantes spontanées (*Arisarum vulgare* , *Marrubium vulgare*, *Cynara cardunculus*, *Urtica dioica*,*oxalis pes caprea* , *Lavandula stoechas*, *Anacyclus clavatus* ,*Malva sylvestris*) de différentes régions du nord algérien fractionnée par plusieurs solvants organiques (hexane, acétate d'éthyle, méthanol, chloroforme) et d'autres qui sont extrait d'éthanol et chloroforme, l'étude du mode d'action de leurs composés actifs sur le plan in vitro est faite par 5 paramètres, inhibition de germination, inhibition d'élongation racinaire et hypocotylique , contacte et absorption, sur 5 plantes testes de différentes familles (tomate,orge,lentille,courgette,geranium) ,pour but de formulation de bioherbicides efficaces et leur utilisation comme solution alternative au produits chimiques a la problématique des adventices en terrain agricole, pour une agriculture biologique durable.

Chapitre 1 : Recherches bibliographiques :

1 Généralités sur les mauvaises herbes

1.1 Définition

Une mauvaise herbe est une plante herbacée ou, par extension, une plante ligneuse qui à l'endroit où elle se trouve, est indésirable. Le terme adventice est admis comme synonyme, bien que son sens botanique soit différent : il désigne une plante introduite accidentellement à l'insu de l'homme (Bailly *et al.*, 1980).

Les plantes adventices sont celles qui poussent sur les terres de culture transformées par les hommes, mais qui ne dépendent pas de ces derniers pour leur reproduction et leur survie (Colombel et Tersis, 1975). Origine

Selon Maillet et Guillerm (1992), les « mauvaises herbes » sont distinguées selon leurs origines, comme suit :

- Espèces pionnières ou colonisatrices.
- Espèces provenant d'habitats perturbés, et de certains milieux ouverts non perturbés,
- Espèces de formations stables,
- Espèces allochtones, envahissantes,
- Espèces inféodées aux milieux cultivés.

1.2 Impact agro-économique

Certains adventices sont parfois plus concurrentiels que d'autres, et leurs impacts peuvent varier d'une année et d'une culture à l'autre. Il est traduit par la réduction du rendement. Les mauvaises herbes peuvent tout de même réduire le rendement. L'évaluation de leur densité et de leur biomasse nous renseigne sur leurs incidences sur le rendement et, la qualité de la récolte (Hammermeister *et al.*, 2006). Le contrôle des mauvaises herbes peut débuter pendant les dernières récoltes (Thibault, 2004). Leurs habitats sont plus ou moins ouverts et perturbés. Elles trouvent dans des itinéraires techniques des conditions favorables qui leur permet de s'étendre à partir des milieux voisins des parcelles (Chauval *et al.*, 2004).

1.3 Classification biologique

Les adventices sont distingués en deux types biologiques :

1.3.1 Les plantes annuelles

Ce type de mauvaises herbes est subdivisé en plantes annuelles d'été et les annuelles d'hiver (McCully *et al.*, 2004).

Les plantes annuelles d'été germent au printemps et en été, produisent des organes végétatifs, des fleurs et des graines et meurent la même année. Les mauvaises herbes annuelles d'été ont en commun la propriété de pousser très rapidement et de produire beaucoup de graines. Les nouvelles plantes qui poussent à l'automne sont habituellement détruites par le gel (Djellad, 2017).

Les plantes annuelles hivernantes germent de la fin du mois d'Août jusqu'au début du mois de Novembre et passent l'hiver à l'état de rosettes. Elles poussent très rapidement, fleurissent, produisent des graines le printemps suivant, puis meurent à la fin de la saison (Djellad, 2017).

1.3.2 Les plantes bisannuelles

Ces adventices sont rares dans les cultures annuelles du fait de la rupture de leur cycle par les travaux culturaux.

Elles complètent leur cycle au cours de deux années. Elles produisent des rosettes de feuilles durant la première année mais, fleurissent et produisent leur graines au cours de la deuxième année (Harkas et Hemmam, 1997).

1.4 Nuisibilité

La nuisibilité des mauvaises herbes est due en premier lieu aux phénomènes de concurrence qui se produisent en cours de la végétation et qui se traduisent par une perte, soit de la quantité (nuisibilité directe), soit de la qualité du produit récolté (nuisibilité indirecte). La nuisibilité adventice concerne aussi toute possibilité de ré-infestation par les organes de propagation des mauvaises herbes (nuisibilité secondaire).

La nuisibilité des mauvaises herbes est extrêmement variable, elle n'est pas toujours directement perceptible ni aisément appréciable (Longchamp, 1977).

Caussanel (1996) évoque les deux types de nuisibilité suivants (Figure 1) :

1.4.1 La nuisibilité réelle

La nuisibilité réelle est celle qui s'exerce par les plantes qui lèvent réellement au cours du cycle de la culture (nuisibilité primaire). Elle peut se manifester soit directement ou indirectement et n'est prise en compte que par ses effets indésirables sur le produit récolté (Caussanel, 1989).

Parmi les interactions entre les mauvaises herbes et les plantes cultivées, ce sont surtout les phénomènes de concurrence englobant les processus de compétition et d'allélopathie qui ont été affirmés comme responsables des diminutions de productions.

La nuisibilité réelle a été à son tour subdivisée en deux cas : réelle directe et réelle indirecte : Caussanel(1996) a expliqué le premier cas lorsque, deux plantes entrent en concurrence lorsque la croissance de l'une d'entre elles, ou des deux est réduite ou que leur forme est modifiée. Cette concurrence, est l'interaction réciproque et négative entre les organismes au moyen d'interférences directes ou indirectes au niveau de l'exploitation des ressources partagées du milieu (Connel, 1990). Par contre, la compétition est la concurrence qui s'établie entre deux ou plusieurs organismes pour une même source d'énergie ou de matière, lorsque la demande est en excès sur les disponibilités (Caussanel,1996;Loomis et Cannor,1996).

Selon Caussanel (1989), la nuisibilité réelle indirecte correspond à tous les autres effets indésirables qui ne provoquent pas nécessairement une réduction quantitative de la récolte, mais sont responsables de :

- L'abaissement de la qualité et par suite de la valeur commerciale de la récolte ;
- L'aggravation de l'état sanitaire de la culture (Plantes adventices = réservoirs ou hôtes de divers parasites).

- L'augmentation du coût des travaux culturaux.

1.4.2 La nuisibilité potentielle

On parle de nuisibilité potentielle si, pour chaque espèce, chacun des organes de multiplication conservés dans le sol à l'état de repos végétatif, donne un individu à la levée d'où la notion de nuisibilité secondaire. Elle n'est observée que si les dommages de l'action combinée de la flore réelle et potentielle s'étendent aussi à la capacité ultérieure de production (Caussanel, 1989).

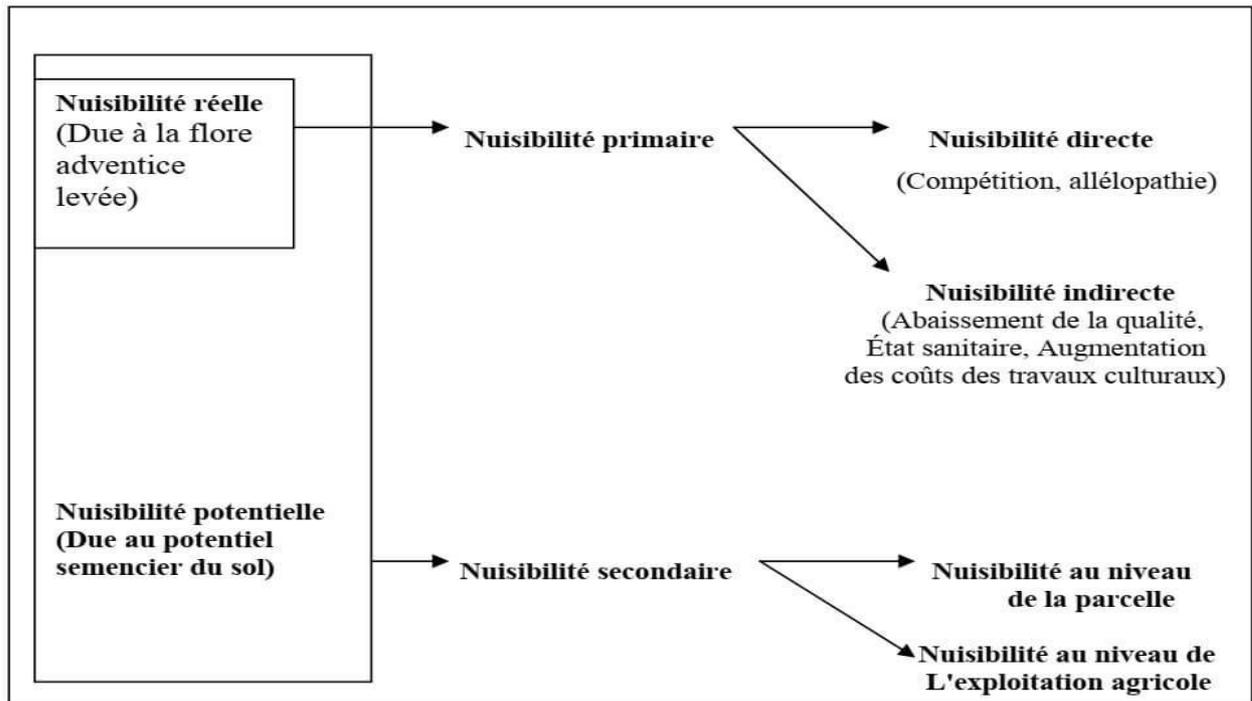


Figure. 1 : Types de nuisibilité des mauvaises herbes (Caussanel, 1989)

2 Lutte contre les adventices

Plusieurs méthodes de lutte peuvent être recommandées contre les mauvaises herbes. On distingue :

2.1 Lutte culturale

De nombreuses pratiques agricoles sont préconisées pour éviter l'émergence des mauvaises herbes dans les champs des cultures. Bajwa et *al.* (2015) ont résumé les méthodes comme suit:

- Travail du sol en bandes pour cibler les mauvaises herbes,
- Gestion des éléments nutritifs des cultures,
- Contrôle des semences de cultures.

Jabran et *al.* (2015) ont signalé que la rotation des cultures contribue également à diminuer l'utilisation des herbicides dont, certaines cultures montrent des avantages compétitifs, réduisant ainsi l'impact des adventices associées avec elles. Il en est des même que 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.

Des méthodes mécaniques de désherbage ont été décrites par Melander et *al.* (2005) in Ben Kaab (2020). Elles se résument par : le retournement de la couche supérieure de la terre, le désherbage manuel et, la méthode thermique.

2.2 Lutte chimique

La lutte chimique basée sur l'utilisation des herbicides est considérée comme un outil puissant de lutte contre les mauvaises herbes sur lequel s'appuient les agriculteurs du monde entier.

Aux États-Unis, les herbicides représentaient 65 % de toutes les dépenses en pesticides, coûtant aux agriculteurs environ 5,1 milliards de dollars en 2007 (Nehring, 2016).

Un meilleur contrôle des mauvaises herbes avec des herbicides a le potentiel d'améliorer la récolte et assurer des rendements significatifs (Masthan et *al.*, 1989).

Ils aident les cultures à pousser en détruisant les mauvaises herbes qui causent des dommages et des effets qui incluent la compétition pour l'eau, les nutriments et la lumière, l'interférence des mauvaises herbes avec la croissance des cultures par la libération de toxines, la modification du sol et de la température d'aire et l'hébergement des organismes nuisibles.

Leur efficacité et innocuité sont fortement influencées par le sol et le climat (Maheswari et Ramesh, 2019). Selon, Tschuy et Wirth (2015), les herbicides agissent en bloquant les fonctions fondamentales au développement et à la survie de la plante-cible.

Toutefois, la lutte chimique ne s'avère pas efficace face à la résistance développée par les adventices. En Suisse, des résistances contre cinq modes d'action biochimiques ont été observées. Il s'agit des herbicides : inhibiteurs de Acétyl-coenzyme A carboxylase

inhibiteurs de l'acétolactate synthase, inhibiteurs de la photosynthèse sur le photosystème II et inhibiteurs de 5-énolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase.

2.3 Lutte biologique

Selon Bailey (2014) in Ben Kaab (2020), la lutte biologique contre les adventices repose sur l'utilisation de produits naturels.

En effet, les origines biologiques de la plupart des bioherbicides sont microbiennes (bactéries, champignons, virus, nématodes), végétale (farine de gluten de maïs) ou des minérales (huiles)(Bailey, 2014).

Au sens large, ce sont des produits dérivés des organismes vivants, y compris les métabolites secondaires qu'ils produisent au cours de leur croissance. Ils ont la capacité de supprimer les populations des mauvaises herbes (Kiewnick, 2007 ; Bailey et *al.*, 2010; Glareet *al.*, 2012).

En effet, leur modes d'action est similaire aux mécanismes d'interactions hôtes/agents pathogènes et au phénomène d'allélopathie (Bonin et *al.*, 2014). Des méthodes d'extraction des composés actifs montrant des propriétés allélopathiques permettent de tester au laboratoire leurs effets phytotoxiques sur la germination et la croissance des adventices. Le but à terme est donc, de pouvoir identifier des molécules naturelles à effet herbicide(Bragazza et Wirth, 2021).

2.3.1 Le biocontrôle :

Le biocontrôle est défini, comme étant l'utilisation de mécanismes d'interactions naturelles qui régissent les relations entre espèces (Herth, 2011). Ainsi, le principe du biocontrôle est basé sur la gestion des équilibres des populations d'agresseurs plutôt que sur leur éradication. Les produits de biocontrôle représentent un ensemble d'outils à utiliser, seuls ou associés à d'autres moyens de protection des plantes (Herth, 2011). Il existe quatre types d'agents de biocontrôle : les macro-organismes ; les micro-organismes ; les médiateurs chimiques ; les substances naturelles. Parmi ces quatre catégories de produits, les trois dernières sont rattachées au domaine des produits phytopharmaceutiques selon le règlement 1107/2009/CEE et nécessitent l'obtention d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) (Soubeyran, 2014). Les macro-organismes, eux, sont soumis par le régime national d'autorisation. Ce régime permet de protéger le territoire français contre l'introduction d'espèces ayant un potentiel invasif. Il stipule qu'une évaluation de leur potentiel de nuisibilité envers les écosystèmes doit être réalisée en amont. Les décisions d'autorisations sont délivrées par l'ANSES, après analyse des risques phytosanitaires et environnementaux (ANSES, 2013). Dans la lutte contre les adventices, les types d'agents de biocontrôle recherchés sont essentiellement les micro-organismes et les substances naturelles mais également les macro-organismes (Hinz, 2014 ; Zimdahl, 2011).

2.4 Avantages d'utilisation de biopesticides

L'application des biopesticides présentent divers avantages pour les maraichers. Ils sont moins toxiques que les pesticides chimiques. Ils diminuent les risques de développement de résistances des organismes (Sellami et *al.*, 2015). Ils aident à diminuer les externalités

négatives sur la biodiversité et améliorent la qualité de vie des travailleurs agricoles (Caron et al., 2006).

3 Bioherbicides :

Au sens large, les bioherbicides sont des mauvaises herbes

Contrôler ; les produits dérivés des organismes vivant , y compris les produits naturels qu'ils produisent au cours de leur croissance, suppriment les populations de mauvaises herbes (Bailey et al., 2010; Glareet al., 2012 ; Kiewnick, 2007). Les origines biologiques de la plupart des bioherbicides sont microbiennes (bactéries, champignons, virus, nématodes), d'origine végétale(farine de gluten de maïs) ou des minéraux (huiles).(BaileyK. L, 2014)

3.1 Définition :

En 1971 un bioherbicide était défini comme une substance destinée à réduire la présence des mauvaises herbes et ne provoquant pas de dégradation de l'environnement (Revue semestrielle de terminologie française, 1971). De nos jours, cette définition a évolué. D'après Bailey (2014), les bioherbicides sont des produits d'origine naturelle ayant un pouvoir désherbant. Ces produits peuvent être soit des microorganismes, soit des dérivés d'organismes vivants comprenant entre autres les métabolites naturels que produisent ces organismes au cours de leur croissance et leur développement.

3.2 Principe d'action :

Le principe d'action des bioherbicides est similaire aux mécanismes d'interactions hôtes/agents pathogènes et au phénomène d'allélopathie (Bonin et al., 2014). Dans le cas de l'interaction de type hôte/pathogène, l'agent de biocontrôle appliqué sur des adventices doit contourner les réactions de défense de la plante. La relation entre les deux individus doit être compatible pour que l'agent pathogène (ici l'agent de biocontrôle) soit capable d'infecter la plante cible (Andanson, 2010).

3.3 Identifier des herbicides naturels :

Des méthodes d'extraction de composés montrant des propriétés allélopathiques permettent de tester en laboratoire leurs effets phytotoxiques sur la germination et la croissance des adventices. Le but à terme est de pouvoir identifier des molécules naturelles à effet herbicide.(Luca Bragazza et Judith Wirth, 2021)

4 Généralités sur l'allélopathie

4.1 Historique

L'allélopathie fait référence à l'effet inhibiteur ou stimulateur d'une plante sur une autre par la production de produits chimiques et leur libération dans l'environnement (Molisch, 1937; Rice, 1984). La première trace écrite sur l'allélopathie remonte à 300 ans avant JC, lorsque le philosophe grec Théophraste remarqua que les plants de pois chiches « épuisent » le sol et détruisent les mauvaises herbes (Hor, 1916). Pour comprendre les rôles de l'allélopathie dans l'agriculture, la foresterie et la succession des vieux champs, de nombreuses études ont été menées depuis 1970 (Rice, 1984).

En effet, des recherches récentes ont classé l'allélopathie comme un aspect important de la défense des plantes ayant un impact sur la diversité des communautés végétales (Fernandez et al., 2013).

4.2 Définition

L'allélopathie est définie au sens large comme un phénomène englobant à la fois les effets positifs et négatifs des plantes ou des micro-organismes sur d'autres organismes au moyen des produits chimiques, qualifiés d'allélochimiques, que ces espèces produisent (Terzi, 2008). Cette forme d'interférence est distincte de la compétition pour les ressources, qui est régulée par la lumière, l'eau ou les nutriments minéraux (Duke et al., 2008).

Selon Macheix et al. (2005), l'allélopathie représente la compétition chimique qui peut exister entre des plantes de différentes espèces à l'intérieur d'une communauté végétale.

4.3 Composés allélochimiques

4.3.1 Nature chimique

Les plantes peuvent interférer avec l'établissement et la croissance des plantes voisines par compétition, allélopathie ou les deux. À la différence de la compétition pour les ressources, l'allélopathie implique la libération des substances allélochimiques à partir des plantes vivantes ou mortes dans l'environnement (Meiners et al., 2012). En conséquence, l'identification des composés allélochimiques des plantes et de leurs environnements est essentielle pour comprendre les interactions allélopathiques plante-plante. Jusqu'à présent, de nombreux composés allélochimiques ont été étudiés et identifiés à partir d'une variété d'espèces végétales. Ces produits sont chimiquement divers, étant représentés par des composés phénoliques (phénoliques simples, flavonoïdes, coumarines et quinones), des terpénoïdes (monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, triterpènes et stéroïdes), des alcaloïdes et des

produits chimiques azotés (acides aminés non protéiques, benzoxazinoïdes, glycosides cyanogéniques) (Macheix et *al.*,2005).

4.3.2 **Accumulation dans la plante**

Les composés allélopathiques sont produits à différents endroits de la cellule et emmagasinés surtout dans les vacuoles. Ils sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement. Ils sont généralement sécrétés par les racines mais, présents en quantités variables dans les tiges, les feuilles et les fruits (Bubel, 1988). En outre, leur concentration dans la plante varie souvent dans des grandes proportions au cours d'une période de 24 heures (Raven et *al.*, 2003).

4.3.3 **Facteurs influençant leur production**

Il existe des preuves que la production allélochimique peut être plus importante lorsque les plantes souffrent de stress environnemental (Rice, 1979). La production est influencée par l'intensité, la qualité et la durée de la lumière et, la plus grande quantité est produite sous l'effet de la lumière ultraviolette (UV) élevée et des jours longs (Aldrich, 1984). Les mauvaises herbes sont généralement des plantes de sous-étage. Elles produisent de plus faibles quantités de produits allélochimiques car, la lumière UV est filtrée par l'ombre des plantes cultivées. Ceci, suppose que les cultures fournissent de l'ombre et que l'ombre supprime efficacement l'activité allélopathique. Les quantités de produits allélochimiques produites sont également plus importantes dans des conditions de carence en minéraux, de stress hydrique et de températures fraîches par opposition à des conditions de croissance plus optimales. Dans certains cas, les plantes affectées par les herbicides régulateurs de croissance peuvent augmenter la production de produits allélochimiques. Le stress augmente fréquemment la production allélochimique et, accentue l'implication de l'allélopathie dans l'interférence adventice-culture et que la compétition pour des ressources limitées peut augmenter le potentiel allélopathique ou la sensibilité de l'adventice, de la culture ou des deux. Ainsi, la compétition adventice-culture et l'allélopathie doivent être considérées comme des composantes intimement liées de l'interférence dans un écosystème de culture (Zimdahl,2018).

4.3.4 **Voies d'émission**

L'émission des composés allélochimiques est résumée par la figure 3. L'allélopathie végétale (à gauche) peut libérer des composés chimiques selon les voies suivantes (flèches noires) : lessivage par la pluie (P1), décomposition des résidus végétaux (P2), exsudation des racines

(P3) et volatilisation (P4). Les produits allélochimiques peuvent affecter la plante d'essai, directement (flèches rouges) ou indirectement par leur effet sur le biote du sol (flèches rouges en pointillés). Le biote du sol peut également affecter les allélochimiques, par conversion ou dégradation des substances allélochimiques (Zhijie Zhang et *al.*,2020).

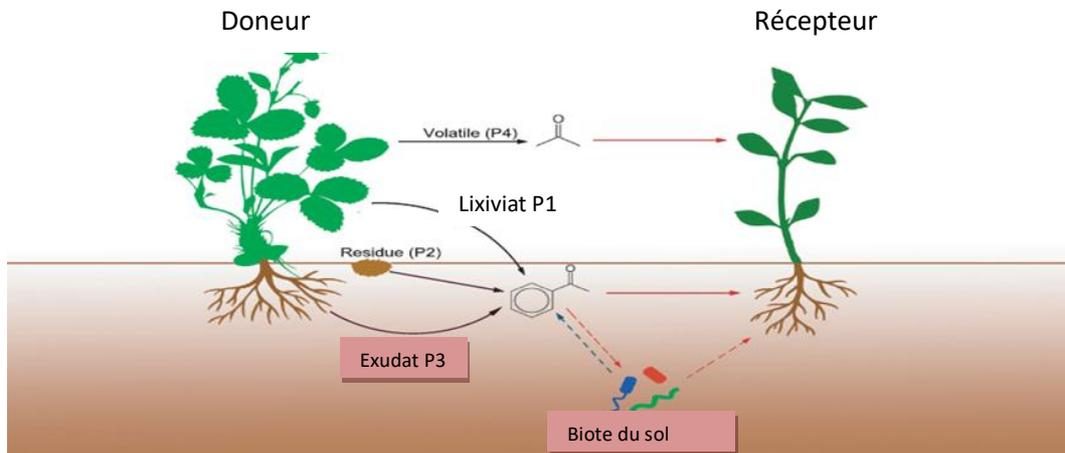


Figure. 2 : Voies de libération et les effets des produits allélochimiques

(Zhijie Zhangetal.,2020).

4.4 Intérêts de l'allélopathie en agriculture

On peut envisager trois manières d'utiliser l'allélopathie pour la maîtrise des mauvaises herbes en agriculture:

- Sélection des variétés cultivées allélopathiques, donc susceptibles de mieux concurrencer les mauvaises herbes (Wuet *al.*, 1999),
- Mise en place des cultures « nettoyantes » (cover crop) durant l'interculture (Foley, 1999),
- Installation des couvertures végétales (ground cover) allélopathiques, notamment en cultures pérennes (Delabayset *al.*, 2000).

5 Activité allélopathique et composés allélochimiques d'origine végétal

Il est avéré que de nombreuses espèces végétales synthétisent des molécules capables d'inhiber la germination et le développement des plantes croissant dans leur voisinage (Macias et *al.*, 1999 ; Macias et *al.*, 2004). L'allélopathie constitue vraisemblablement un des aspects de la nuisibilité de certaines mauvaises herbes. Elle est également suspectée d'être

parfois à l'origine des déboires rencontrés lors de semis directs: certaines molécules exsudées par les résidus de la récolte précédente sont phytotoxiques et peuvent interférer avec la levée de la nouvelle culture.

Enfin, une meilleure maîtrise de l'allélopathie pourrait offrir des perspectives intéressantes pour la gestion de la flore spontanée des parcelles cultivées; en utilisant des plantes allélopathiques comme couverture végétale, en sous-semis ou comme culture intercalaire "nettoyante" (smother crop), Une telle approche constitue une alternative particulièrement prometteuse et bienvenue dans le cadre du développement de la production intégrée ou de l'agriculture biologique (Anaya, 1999; Bhowmik et Inderjit, 2003).

5.1 Activité allélopathique

Cette activité est le plus souvent décrite comme un effet inhibiteur de la germination ou de la croissance exercé par une plante (donneur) sur une autre plante (réceptrice). Pour mettre en évidence ce phénomène, la plupart des essais sont effectués au laboratoire ou en serre en conditions contrôlées où, de nombreuses études utilisent des méthodes d'extraction à l'eau ou à l'éthanol des parties aériennes et/ou des racines pour des tests de germination avec des graines telles que le cresson ou la laitue (Kalinova et Vrchotova, 2009). En conditions naturelles, l'étude est plus complexe car les interactions biotiques et abiotiques du sol peuvent influencer la présence des composés allélopathiques. De plus, de nombreux facteurs, comme les conditions environnementales ou l'état phytosanitaire de la plante, influencent la synthèse et la libération de ces molécules. La grande difficulté est de séparer la compétition pour les ressources des effets allélopathiques, car l'allélopathie est subtile dans le champ et il est compliqué de la distinguer de la compétition (Duke, 2015). En général les composés allélochimiques sont des molécules phytotoxiques, qui exercent leurs effets à des quantités faibles, mais constantes ou des concentrations croissantes sur des longues périodes (Duke, 2015). L'effet allélopathique peut être dû à un composé allélochimique ou à un mélange de molécules. Une fois libérés dans le sol, les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ces allélochimiques changent (Latif et *al.*, 2016). En plus, ces composés peuvent être transformés et dégradés par les micro-organismes du sol (Massalha et *al.*, 2017).

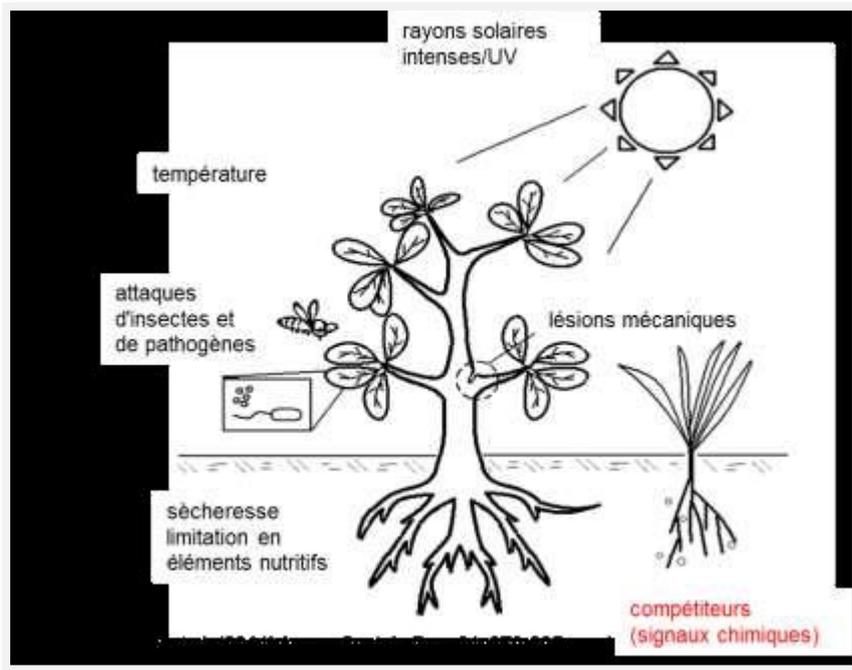


Figure 3 : Induction de la production des composés allélochimiques sous l'effet des facteurs biotique et abiotique, selon De Albuquerque et *al.* (2011).

5.2 Composés allélochimiques

Les composés allélochimiques d'origine végétale sont en général des métabolites secondaires qui appartiennent à plusieurs familles chimiques comme des dérivés benzéniques (p. ex. sorgoleone du sorgho), des phénoliques (p.ex. acide vanillique), des acides hydroxamiques (p.ex. DIMBOA du seigle) ou des terpènes (Latif et *al.*, 2016 ; Massalha et *al.*, 2017).

5.3 Classifications des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires, y compris les composés allélochimiques, sont classés selon leur structure squelettique carbonée et le type de groupes fonctionnels.

D'après Walton et Brown (1999) et Riz (1974), les composés allélochimiques végétaux peuvent être divisés en trois grands groupes de composés : les phénoliques, les terpénoïdes et les alcaloïdes.

5.3.1 Composés phénoliques et leurs dérivés

Ces composés représentent un groupe extrêmement diversifié de composés organiques partageant une structure commune. Ils sont constitués d'un cycle aromatique possédant au moins un groupe hydroxyle et éventuellement d'autres substituant (Staliques, 2007). Ils sont généralement classés comme acides phénoliques, flavonoïdes, stilbènes, coumarines, lignines et tanins. Les travaux de Dinelli et *al.* (2009) et Cheynier et *al.* (2013) ont étudié le

phénomène de phytotoxicité produit par le trèfle et ont signalé la libération de plusieurs métabolites secondaires, dont des flavonoïdes et leurs glycosides, ce qui a entraîné l'inhibition des mauvaises herbes et des plantes négatives qui interagissent avec les plantes.

5.3.2 Les monoterpènes

Les principaux constituants des huiles essentielles végétales, sont largement connus pour leurs puissants effets inhibiteurs sur la croissance des plantes et la germination des plantules. Les monoterpènes tels que, les 1,4-cinéole et 1,8-cinéole (5) se sont avérés de bons inhibiteurs de croissance (Haïg, 2008).

Les isomères géométriques de la xanthoxine présente dans les feuilles de *Pueraria thumbergiana* L. (Sieb. et Zucc.), également connue sous le nom de vigne kudzu envahissante, a inhibé la croissance des racines des plantules de nombreuses dicotylédones et graminées annuelles à petites graines à de très faibles concentrations (Kato-Noguchi, 2003 ; Rashid, Asaeda et Uddin, 2010).

5.3.3 Alcaloïdes

Ces composés sont basiques azotés hétérocycliques d'origine végétale et sont ainsi nommés en raison de leur nature chimique alcaline. Les alcaloïdes végétaux prédominent dans quatre familles de plantes dont les *Asteraceae*, les *Apocynaceae*, les *Boraginaceae* et les *Fabaceae* (Haïg, 2008). Ils ont été importants depuis l'antiquité en raison de leurs propriétés pharmacologiques et sont parmi le plus grand groupe de métabolites secondaires avec environ 20 000 composés identifiés à ce jour représentant une grande diversité biosynthétique structurale (Yang et Stockigt, 2010).

Les alcaloïdes tels que, la quinolizidine, y compris la lupanine et la spartéine, produites par les légumineuses étudiées par Clin d'œil (2004), ont révélé une inhibition puissante en interférant avec la perméabilité membranaire et la synthèse des protéines.

5.3.4 Acides hydroxamiques des benzoxazinoïdes

Les acides hydroxamiques sont des dérivés du phénol, connus sous le nom de 2-hydroxy-2H-cyclique 1,4-benzoxazin-3-(4H)-ones, qui sont un squelette de base d'une famille plus large de métabolites secondaires végétaux bioactifs appelés benzoxazinoïdes. Ils ont été étudiés par plusieurs chercheurs qui ont, confirmé leurs activités antimicrobiennes, antifongiques, antiappétantes et phytotoxiques (Chiapusio et *al.*, 2005).

Dans ce sens, les composés : 2,4-Dihydroxy-7-méthoxy-2H-1,4-benzoxazine-3-one (DIMBOA) et 2,4-dihydroxy-2H-1,4-benzoxazine-3-one (DIBOA) et leurs produits de conversion microbiens associés sont des acides hydroxamiques importants avec des effets allélopathiques puissants sur de nombreuses mauvaises herbes à feuilles larges et les cultures de laitue (*Lactuca sativa* L.) et le blé (*Triticum aestivum* L.) (Macías *et al.*, 2003).

5.3.5 Autres composés allélopathiques bénéfiques

De nombreux travaux ont mis en évidence d'autres composés allelopathiques.

Le tableau 1 nous résume quatre principaux groupes de substances et les organismes concernés.

Tableau 1 : Nomenclature des composés allélopathiques d'après Putnam et Tang 1986

Nom	Donneur	Receveur	Origine du nom
Cholines phytoinhibitines	Plante supérieur	Plante supérieur	Grummer 1955 Fuerst et Putnam 1983
Marasmines	Plante supérieur	Microorganisme	Gauman et Grummer 1955
Phytoncides saprohinibitines	Microorganisme	Plante supérieur	Waksman et Grummer 1955 Fuerst et Putnam 1983
Antibiotiques	Microorganisme	Microorganisme	Grummer 1955

Par ailleurs, de nombreux métabolites secondaires ont confirmé leur activité allélopathique.

Nous citons :

Rice (1984) a cité dans ces travaux d'autres molécules phytotoxiques telles que, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les acides gras, les lactones ou les composés aliphatiques mais, il a confirmé que la coumarine est doté d'un potentiel inhibiteur de la germination plus puissant que d'autres acides aromatiques, en agissant sur la mitose (Thompson, 1985). Il en est de même pour les quinones dont, la juglone (produite par *Juglans nigra* : lenoyer) comme molécule allélopathique très potentielle dans l'inhibition de la croissance d'autres végétaux à des concentrations inférieures à 1 microlitre.

6 Données bibliographiques sur les plantes étudiées

L'Algérie est un pays vaste connu par sa flore diversifiée selon les biotopes. nous présentons un aperçu sur les plantes spontanées qui ont été valorisées par l'évaluation de l'activité herbicide des extraits végétaux préparés à partir des plantes spontanées suivantes :

6.1 Généralités sur *Cynaracardunculus* L.

Cynaracardunculus L. Communément appelé « cardon» (Figure 4), appartenant à la famille des *Asteraceae* comprend trois variétés différentes dont, l'artichaut du globe : *C. cardunculus* L. var. *scolymus* Fiori, le cardon cultivé : *C. cardunculus* L. var. *altilis*, et le cardon sauvage : *C. cardunculus* L. var. *sylvestris* (GostinetWaisundara, 2019).

Cette espèce végétale est résistante. Elle pousse naturellement dans des conditions d'habitat difficiles caractérisées par une température élevée, une salinité élevée et une sécheresse en été. Cette plante est d'intérêt culinaire, utilisée comme condiment dans plusieurs plats, tels que les soupes et / ou les salades. Les fleurs sont traditionnellement utilisées pour la préparation du fromage (GostinetWaisundara, 2019) tandis que, les feuilles sont d'intérêt médicinal à potentiel thérapeutique en tant que diurétique, cholérétique, cholagogue, antidiabétique et antimicrobien (Ksouri et *al.*, 2012).



Figure 4: Morphologie de *Cynaracardunculus* L. au stade végétatif (Gostin et

Waisundara, 2019)

6.2 . Legenre *Oxalis* L.

.Le genre *Oxalis* regroupe plusieurs espèces de plantes herbacées vivaces appartenant à la famille des Oxalidaceae. Elles sont répandues en Afrique (Madagascar), en Asie et en Amérique (Obone, 2005). Elles diffèrent entre elles par la morphologie des feuilles trilobées en forme de cœur et l'extrémité est constituée de tiges .Les tiges, les feuilles et les fleurs ont un goût particulier et distinct (Figure 5) (Anonyme, 2004). Ces plantés poussent en sol humide, mais peuvent également être présents dans les zones arides.



Figure 5 : Morphologie des plantes duGenre *Oxalis* sp. L. (Obone, 2005)

6.3 *Malvasylvestris*L.

L'espèce *Malvasylvestris* de la famille des *Malvaceae* (Figure 6) est connue communément « grande mauve » et nommée dans la région de Jijel « khobbeiza » ou « Amejjir » est une plante bisannuelle, comme elle peut être éventuellement vivace par des bourgeons souterrains. Elle est polymorphe, au fil du temps les feuilles tendres se font dévorer par les insectes et les escargots, ce qui donne à l'ensemble de la plante un aspect négligé. Sa floraison se produit entre les mois de Mai-Juin et Septembre (Beloued, 2005). La mauve est un ancien légume. Ce sont les feuilles et les fleurs qu'on utilise. Elles ont une activité bénéfique. On les indique contre les maux de tête, la somnolence, la rétention d'urine et les maladies des reins. La macération de la plante entière dans le lait constitue un remède contre la tuberculose (Beloued, 2005). En usage externe, les racines ou les feuilles écrasées appliquées sur les inflammations diverses de la peau telles que, les furoncles, les phlegmons, combattent la douleur (Ghédira et *al.*, 2016).



Figure 6 : Morphologie de *Malvasylvestris* L. (Ghédira et al., 2016)

6.4 *Marrubiumvulgare* L.

Marrubiumvulgare de la famille des *Lamiaceae*, appelée communément « marrube blanc », est une plante herbacée vivace qui peut atteindre 39 à 80 cm de hauteur (Greuter et al., 1986 in Belalit et Mayouf, 2019). Elle présente des feuilles dentées et duveteuses ainsi que de petites fleurs blanches (Figure 7) à saveur très amère renfermant un principe actif essentiel (Temani, 2006 ; Belalit et Mayouf, 2019).

En Algérie, cette espèce est utilisée en médecine traditionnelle contre plusieurs maladies telles que, le diabète, le rhumatisme, le rhume et les douleurs respiratoires (Belhattab et Larous, 2006). De nombreuses études ont montré que *Marrubium vulgare* L. possède diverses propriétés biologiques. Elle est cytotoxique (Argyropoulou et al., 2012), anticancéreuse (Yamaguchi et al., 2006), anti hypertensive (Bardai et al., 2001), antalgique (Meyre-Silva et al., 2005), antibactérienne (Gonzalez et Marioli, 2010 ; Bouterfas et al., 2018) et, antioxydante (Amri et al., 2017).



Figure 7 : Morphologie de *Marrubium vulgare* L. au stade début floraison (Sapin, 2006)

6.5 *Lavandula Stoechas* L.

Lavandula Stoechas appelé communément, « lavande à toupet », ou « lavande papillon » ou encore, « lavande stoéchade », appartenant à la famille des *Lamiaceae*, est un sous arbrisseau qui préfère les endroits ensoleillés et les sols riches. Les tiges étroites sont quadrangulaires à feuilles opposées. Elles tendent à être plus vertes que grises, à son extrémité une inflorescence terminée par un toupet de longues bractées violettes (Figure 8). L'ensemble fleurs et feuilles est très aromatique (Chu et Kemper, 2001). Cette espèce végétale est utilisée à travers toute la région méditerranéenne pour ses vertus médicinales principalement attribués à sa teneur en huile essentielle (Festy et Dupin, 2012). Elle est utilisée comme antispasmodique dans les douleurs des coliques, expectorant, stimulant, et pour les différentes maladies du système nerveux central, comme l'épilepsie et la migraine (Giray et al., 2008).



Figure 8 : Morphologie de *Lavandula stoechas* (Chu et Kemper, 2001).

6.6 *Urticadioïca* L.

Urticadioïca L. appelée communément « Grande ortie » appartient à la famille des *Urticaceae*. C'est une plante herbacée vivace de 60 à 150cm de hauteur, à tiges robustes, dressées, simples et à feuilles grandes, ovales-acuminées, un peu en coeur à la base, dentées, à grosses dents ovales-triangulaires (Figure 9). Elle est originaire d'Asie, très répandue en France, en Afrique, Amérique et en Asie (Delahaye, 2015). Cette plante unisexuée possède des fleurs mâles et femelles portées par des pieds séparés (Luc, 2010 ; Delahaye, 2015). C'est une plante alimentaire à différents usages agricoles, industriels et médicaux. Elle est en fait un excellent légume plein de vitamines et de minéraux et dont les vertus médicinales sont nombreuses. Toutes ses parties peuvent être utilisées sous toutes formes grâce à ses nombreuses propriétés. Ses utilisations peuvent être à usage interne et externe, traditionnelle et moderne (Warren, 2006). Le purin d'ortie permet assure un meilleur développement des appareils végétatif et racinaire de la plante comme l'a mis en évidence l'expérience de Rolf Peterson en 1981 sur des cultures de Radis, de Tomates, de Blé et d'Orge (Bertrand,2002).



Figure 9 : Morphologie d'*Urticadioïca* L. (Draghi, 2005).

6.7 *Anacyclusclavatus*Pers.

Anacyclusclavatus (desf.) Pers. une plante herbacée de la famille des Astéracées, communément connue sous le nom d'Anacycle en massue. En Algérie, cette plante est connue sous le nom de « Bssibssa ». L'espèce *Anacyclus clavatus* est connue depuis l'antiquité pour ses propriétés médicinales. Ses feuilles et ses tiges sont utilisées dans le domaine culinaire comme salades ou compote. Dans le domaine médical, elle est utilisée

comme tisanes contre les problèmes digestifs (Pardo de Santayana et Morales, 2010) tels que, les ulcères gastriques (Pottier Alapetite, 1981) mais, également utilisée comme plâtre anti-inflammatoire (Pardo de Santayana et Morales, 2010).

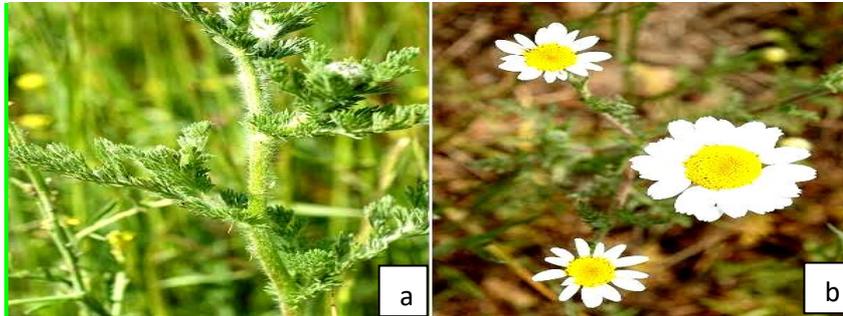


Figure 10 : Morphologie d'*Anacyclus clavatus* aux stades végétatif (a) et floraison (b) (Selles, 2012).

6.8 *Arisarum vulgare*

Arisarum vulgare, ou Capuchon de Moine est une espèce appartenant à la famille des *Araceae*(Figure 11). Elle est répandue le long du littoral méditerranéen. Au Maroc, les tubercules sont consommés en période de disette et les racines sont utilisées en médecine traditionnelle comme éméto-cathartique et contre les maladies des voies respiratoires (Melhaoui et *al.*, 1992). Cependant, la consommation de plantes fraîches par l'homme et l'animal induit souvent plusieurs manifestations toxicologiques, telles que l'irritation des muqueuses, gastro-entérites et symptômes allergiques, principalement la dermatite et prurit, et entraîne parfois la mort (Melhaoui et *al.*, 1992) . Au moins quatre alcaloïdes dont, la bbugaine, irniine, irnigaine et Nmethylirnigaine, ont été identifiés dans les tubercules d'*Arisarum vulgare*(Melhaoui et *al.*, 1992, 1993 ; Melhaoui et Bodo, 1995).

Les travaux de Melhaoui (1993) ont confirmé une toxicité assez élevée de ces alcaloïdes, vis-à-vis des larves d'*Artemia salina*. Ce qui laisse prévoir qu'ils ont une activité cytotoxique (Hamburger et Hostettman, 1991).



Figure 11 : Morphologie d *Arisarum vulgare* Targ. (*Arum arisarum* L.) (Fournier, 1947).

CHAPITRE 2 :

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Chapitre2 : Materiels et méthodes

2.1. Introduction

L'expérimentation a été réalisée à l'Université de Blida 1, au niveau du laboratoire de Recherche des Plantes Aromatiques et Médicinales et, dans la serre pédagogique du département de biotechnologies depuis le mois de juin jusqu'à la mi-juillet 2021 à des températures variants de 28 à 36°C. Cette étude a nécessité l'utilisation d'un matériel végétal et des méthodes d'études adéquates.

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé d'espèces végétales spontanées et des espèces végétales cultivées.

2.2.1. Espèces végétales spontanées

Huit espèces végétales méditerranéennes spontanées ont été choisies en raison de leur importance écologique dans les écosystèmes naturels méditerranéens. Les plantes ont été récoltées dans des milieux naturels Durant les mois d'octobre à décembre 2020. Ces plantes ont fait l'objet d'extraction et de préparations des traitements. Leurs données correspondantes sont résumées dans le tableau 2.



a: *Arisarum vulgare*, **b:** *Urticadiocia*, **c:** *Anacyclus clavatus*(Desf.)Pers, **d:***Oxalis pes-caprae* L
e: *Malva sylvestris*, **f:** *Cynara cardunculus.*, **g:** *Lavandula stoechas* , **h:** *Marrubium vulgare*

Figure12 : Morphologies des espèces végétales spontanées étudiées.

Tableau 2. Données sur les espèces végétales spontanées étudiées.

Nom scientifique	Famille	Nom commun	Lieu de récolte
<i>Anacyclus clavatus</i> (Déf.) Pers.	<i>Astéracées</i>	Anacycle tomenteux	Université de Blida 1
<i>Arisarum vulgare</i> L.	<i>Aracées</i>	Capuchon de moine	Université de Blida 1
<i>Cynara cardunculus</i> L.	<i>Astéracées</i>	Cardoun	Université de Blida 1
<i>Marrubium vulgare</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	Marube blanc	Gouraya1
<i>Oxalis pes caprae</i> L.	<i>Oxalidacées</i>	oxalis	Université de Blida 1
<i>Urtica dioïca</i> L.	<i>Urticacées</i>	Ortie	Université de Blida 1
<i>Malva sylvestris</i> L.	<i>Malvacées</i>	La mauve commune	Université de Blida 1
<i>Lavandula stoechas</i> L.	<i>Urticacées</i>	Lavande papillon	Université de Blida 1

2.2.2. Espèces végétales cultivées

Plusieurs espèces végétales cultivées ont été utilisées dans les différents essais biologiques décrits ci-dessous. Toutes les semences maraichères ont été fournies par l'Institut Technique des Cultures Potagères (ITCMI) (tableau 4). Le tableau ci-dessous résumant les données sur les espèces végétales et leur utilisation.

Tableau 3. Espèces végétales utilisées dans les essais biologiques.

Espèces d'essai	Partie utilisée	Origine	Essais
Lentille (<i>Lens culinaris</i> Medik.), Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Orge (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	Des graines	ITCMI	Essai 1. : Inhibition de la germination. Essai 2 : Inhibition de l'élongation de l'épicotyle et raciness.
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Courgettes (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	Plantules	ITCMI	Essai 3 : Effet par absorption par les plantules. Essai 4 : Effet par irrigation et pulvérisation.
<i>Pelargonium</i> sp.	Disques Foliaires	Champs expérimentaux de l'Université de Blida 1.	Essai 5: Effet par contact direct.

2.3. Récolte et stockage des plantes

Les parties feuillues des échantillons frais des espèces végétales récoltées ont été pesées puis rincées à l'eau du robinet pour éliminer la poussière et les débris. Elles ont été déposées sur du papier à plat et placées dans des conditions ambiantes et retournées régulièrement pour éviter les risques de fermentation, jusqu'à ce qu'elles soient complètement séchées. Les échantillons de plantes séchées ont été broyés séparément en une poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique ménager, puis stockés dans des bocaux en verre stériles et hermétiques puis, conservés à la température ambiante (25 °C) jusqu'à leur utilisation.

2.4. Extraction des plantes et préparation des traitements

Deux types d'extraits végétaux ont été considérés pour cette étude: les extraits par solvants et les extraits aqueux fractionnés.

2.4.1. Extraits par solvants

L'extraction des végétaux par solvants consiste à prélever quarante (40) grammes de poudre végétale de chacun des échantillonset les mettre séparément dans 600 mL de chacun des solvants dont,le chloroforme et l'éthanol pendant trois (03) heures à l'aide d'un appareil Soxhlet (Figure 3). Les extraits obtenus par solvants ont été filtrés une fois sur papier Whatman et évaporés à sec sous pression réduite à 37°C en utilisant un évaporateur rotatif (Heidolph, Allemagne, relié à une pompe à vide) (Dor et Hershenhorn, 2012). Les fractions sèches de chaque extrait végétal ont été stockées à 4°C jusqu'à leur utilisation.



Figure 13: Extraits végétaux obtenus par solvants.

2.4.2. Extraits aqueux fractionnés

La preparation de ces extraits passe par plusieurs étapes décrites ci-dessous:

2.4.2.1. Préparation des extraits aqueux

La preparation des extraits aqueux consiste à prélèver quarante (40) grammes de poudre végétale de chaque échantillon puis, les tremper séparément dans 1L d'eau distillée et les laisser macérer pendant 24 heures sous agitation continue à l'aide d'un shaker réglé à la temperature de 25°C. Tous les extraits ont été filtrés trois fois à travers un papier filtre Whatman et une fois de plus à l'aide d'un filtre seringue. Ensuite, ils ont été conservés à 4°C à l'obscurité jusqu'à leur utilisation (Chon et *al.*, 2005).

2.4.2.2. Fractionnement des extraits aqueux

Le fractionnement des extraits aqueux végétaux a été réalisé selon les deux methodes suivantes:

2.4.2.2.1. Première méthode

Les extraits aqueux ont été fractionnés en utilisant successivement deux solvants non miscibles à l'eau et de polarité différente: le n-hexane et l'acétate d'éthyle. Tout d'abord, l'extrait aqueux et le n-hexane ont été mélangés dans un rapport de 1:1 (v/v, extrait/solvant), agités pendant quelques minutes, centrifugés puis séparés. L'extraction a été répétée trois fois en raison d'un effet progressif de saturation du solvant. Les trois fractions de n-hexane ont été combinées pour avoir une fraction totale de n-hexane. Ensuite, les extraits aqueux résiduels ont été mélangés avec de l'acétate d'éthyle dans un rapport de 1:1 (v/v, extrait/solvant). Les mêmes étapes utilisées pour la préparation de la fraction n-hexane ont été répétées pour avoir la fraction acétate d'éthyle. A la fin, trois fractions ont été obtenues: la fraction n-hexane, la fraction acétate d'éthyle et la fraction d'extrait aqueux résiduel (Figure 14).

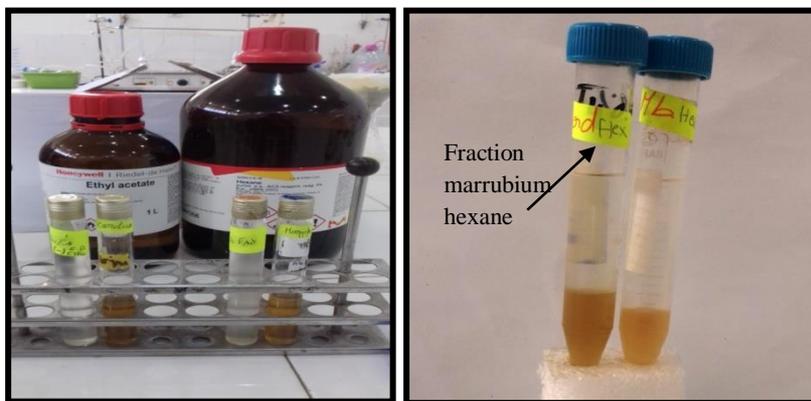


Figure14: fractionnement des extraits efficaces par l'hexane et l'acétate d'éthyle.

2.4.2.2.2. Deuxième méthode :

Ces mêmes extraits ont été fractionnés selon la deuxième méthode qui consiste à mélanger les extraits aqueux avec trois solvants oxygénés suivants: Méthanol, acétone et chloroforme. Le fractionnement consiste à mélanger dans un rapport 1 :1(V/V), l'extrait et le solvant, l'agiter légèrement par un vortex pendant quelques minutes, puis placés dans un shaker (Heidolph, Allemagne) à une température de 24°C, pendant 48h, centrifuger puis séparer.

La même procédure a été adoptée pour les trois solvants précités (méthanol, acétone et chloroforme). A la fin de l'extraction, 12 extraits fractionnés ont été collectés et, évaporés à sec (Figure 15) sous pression réduite à 37°C en utilisant un évaporateur rotatif (Heidolph,

Allemagne, relié à une pompe à vide). Les fractions sèches de chaque extrait végétal ont été conservées dans des flacons stériles hermétiques à 4°C jusqu'à utilisation.



Figure15: Concentration à sec des extraits végétaux au rotavapeur modèle (Heidolph, Allemagne).

2.4.3. Préparation des traitements

Les extraits par solvants et les extraits aqueux fractionnés ont été dilués. Ce qui consiste à prélever 50 mg de chaque échantillon d'extraits secs pour sa dilution dans 1 ml d'éthanol. Un volume de 1 mL de la solution a été ajouté à 100 ml d'eau distillée pour une concentration finale de 0,5 mg/ml pour les extraits par solvants, et 4ml de la solution fractionnée a été ajouté à 100 ml d'eau distillée pour une concentration finale de 4%. Ces traitements préparés ont été séparément testés pour leur pouvoir herbicide.

2.5. Evaluation in vitro de l'activité herbicide des extraits de plantes

Les essais in vitro vise l'identification des extraits à pouvoir herbicide selon les différents tests suivants:

- Inhibition de la germination des graines,
- Inhibition de l'élongation des hypocotyles,
- Inhibition de l'élongation des racines,
- Inhibition de la croissance des plantules par absorption,
- Inhibition par contact direct sur les disques foliaires.

L'extrait aqueux brut a été utilisé comme témoin pour chacun des extraits fractionnés végétaux mais, l'eau distillée et la solution éthanolique à 1 % comme témoins des extraits végétaux par solvants.

Les expériences ont été organisées selon un plan complètement aléatoire avec trois répétitions pour chaque traitement. Toutes les boîtes de culture ont été placées dans une chambre de

croissance avec des périodes de lumière et d'obscurité alternées (14/10h respectivement) et à température variant entre 26 et 36°C.

2.5.1. Inhibition de la germination des graines

Les graines des espèces végétales répertoriées dans le tableau 1 ont été stérilisées à l'aide d'une solution d'hypochlorite à 2 % (v/v) pendant 10 minutes puis, rincées trois fois avec de l'eau distillée stérile.

Dix (10) graines prétraitées de chaque espèce ont été placées dans des boîtes en plastique stériles de (7 cm X 9 cm X 4 cm) de dimensions et, équipées de deux couches de papier filtre Whatman préalablement imbibées de 2 à 3ml de chaque fraction et des solvants préparés précédemment, comme traitement. De l'eau distillée et une solution éthanolique à 1 % ont été utilisées comme témoin. Les graines germées ont été dénombrées après 7 jours d'incubation.

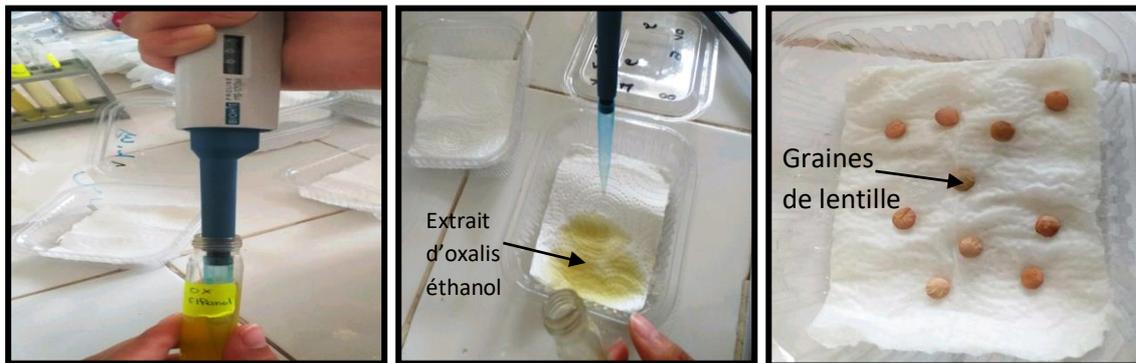


Figure16: préparation du lit de germination.

2.5.2. Inhibition de l'élongation racine/épicotyle

Pour l'évaluation de l'inhibition de l'élongation des racines/épicotyles, les graines listées dans le tableau 1. ont été placées dans des boîtes de Pétri équipées de deux couches de papier filtre Whatman et imbibées d'eau distillée pour leur permettre de germer. Les graines germées (Coléoptile émergé du caryopse pour les espèces Gramineae et hypocotyles avec cotylédons ou pousse percée du tégument pour les espèces Dicotylédones) ont été placées dans des boîtes en plastique (10 cm X 15 cm X 8 cm) équipées de deux couches de papier filtre Whatman préalablement, 6 ml des extraits fractionnés et solvants préparés précédemment comme traitement. De l'eau distillée et une solution éthanolique à 1 % ont été utilisées pour le témoin des extraits de solvant et de l'extrait brute considéré comme témoin positif pour les extraits des

plantes efficaces. La longueur des hypocotyles et des racines des graines traitées et témoins a été mesurée sept jours après le semis.

Les taux d'inhibition de la germination ont été exprimés en pourcentage par rapport aux témoins, selon les formules suivantes (Ellis et Robertsin Atak, 2016):

$$IG (\%) = (CG-TG)/CG \times 100$$

Où IG : Inhibition de la germination (%) ; CG : taux de germination du témoin ; TG : taux de germination des graines traitées.

Cependant, l'élongation des hypocotyles et des racines a été exprimée en mm.



Figure17: Transplantation des graines d'orge germées pour le test d'élongation.

2.5.3. Inhibition de la croissance des plantules par absorption

Ce bioessai vise l'évaluation de l'effet de chaque extrait sur les premiers stades de croissance de la tomate et de la courgette par absorption. Les essais ont été menés sur des plantules à tige coupée.

Des plantules de tomates et de courgettes, semées préalablement sous forme de graines et ayant atteint trois vraies feuilles, ont été séparées de leurs racines, puis placées, séparément, dans des tubes de culture contenant 1 ml des extraits aqueux et des extraits par solvants(Figure 18) .L'incubation a été faite pendant 12 heures. Après cela, les plantules ont été transférées dans un nouveau milieu contenant de l'eau distillée et incubées pendant 2 jours. De l'eau distillée et une solution éthanolique à 1 % ont été utilisées pour les témoins.

Les modifications physiologiques affectées aux plantules à tige découpée ont été évaluées à 12 heures d'intervalle pendant 3 jours.



Figure18: absorption de plantules de courgette par les extraits par solvants.

2.5.4. Inhibition par contact direct sur les disques foliaires

Cet essai a été réalisé pour évaluer l'effet des extraits par contact. Le test a été réalisé en utilisant des disques foliaires frais de *Pelargonium* sp. Ainsi, six (06) disques foliaires découpés (Figure 19) ont été placés séparément dans des boîtes stériles de (20 cm X 15 cm) de dimensions, munies de deux couches de papier filtre Whatman préalablement imbibées d'eau distillée. Ensuite, 10 μ l des extraits aqueux et des extraits par solvants préparés précédemment ont été séparément déposés sur chaque face supérieure de disque foliaire. L'effet des extraits fractionnés et des extraits par solvants par contact a été évalué selon l'ampleur des symptômes développés sur la surface foliaire du disque.

Les essais réalisés en boîtes ont été organisés selon un plan complètement aléatoire avec trois répétitions pour chaque traitement. Toutes les boîtes de culture ont été placées dans une chambre de culture réglée à la température de 25°C avec des périodes de lumière et d'obscurité alternées (14/10h respectivement).



Figure 19: Decoupage des disques foliaires de *Pelargonium* sp.

2.6. Analyse statistique

Pour analyser les résultats obtenus à partir de tous les essais, une analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SYSTAT.13. Plusieurs tests ont été effectués comme suit :

L'analyse de variance (ANOVA à sens unique) a été réalisée pour évaluer les taux d'inhibition de la germination des graines et de l'élongation des hypocotyles et des racines. Les différences entre les moyennes ont été effectuées à l'aide du test de comparaison des moyennes. La signification statistique a été acceptée lorsque la probabilité du résultat en supposant l'hypothèse nulle (p) est inférieure à 0,05 ($p \leq 0,05$). Le test de Tukey a été réalisé pour chaque test et les extraits végétaux testés ont été classés en groupes homogènes selon chaque paramètre (Shedden, 2015).

CHAPITRE 3 :
RÉSULTATS
ET
DISCUSSION

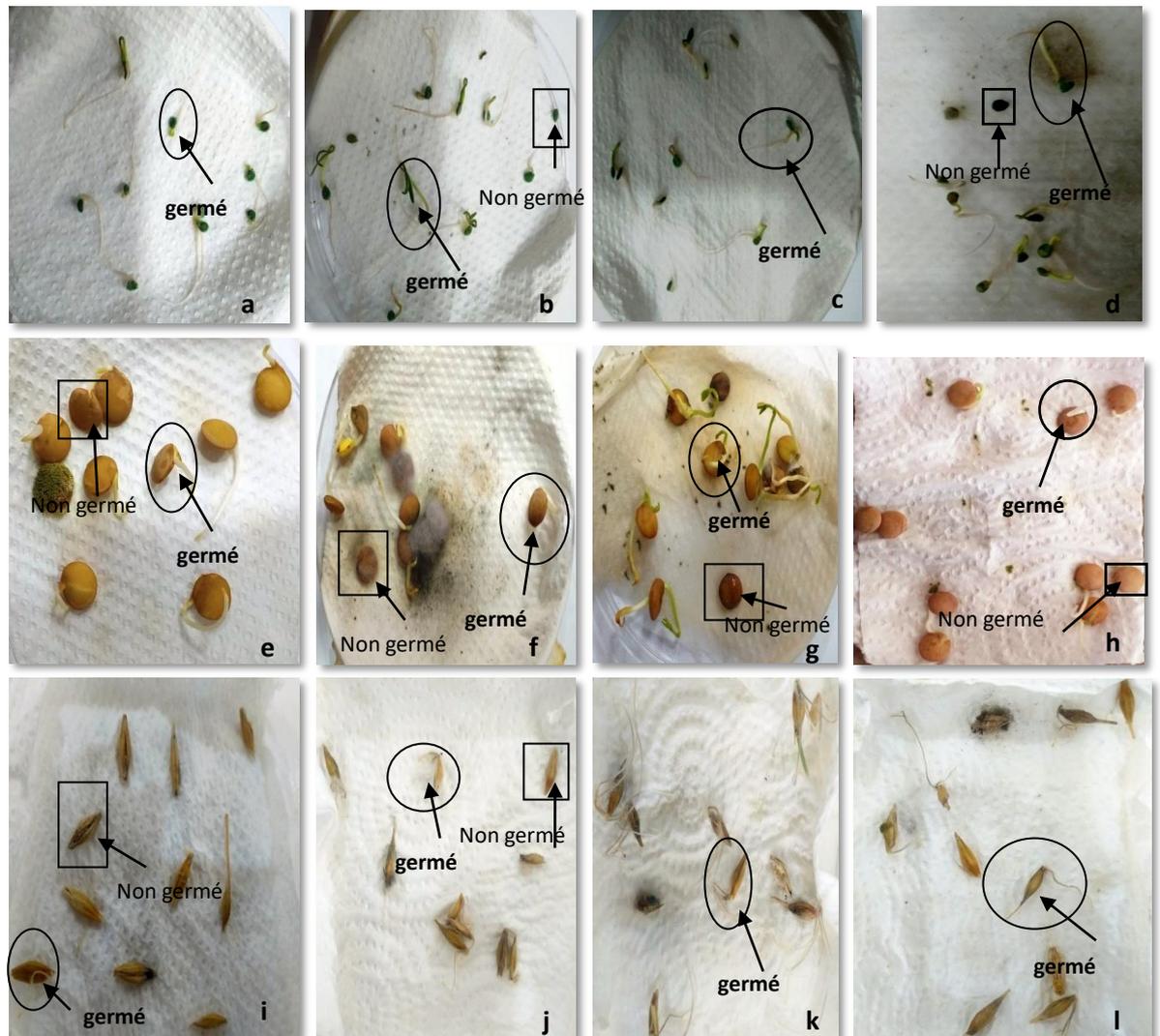
Chapitre3 : resultats et discussion

3.1. Resultats

3.1.1. Pouvoir inhibiteur des extraits végétaux sur la germination des graines

3.1.1.1. Effet des extraits végétaux chloroformiques

La germination des graines a connu une variabilité dans les taux enregistrés sous l'effet de l'ensemble des extraits végétaux chloroformiques testés et selon les espèces végétales des graines étudiées (Figure 20)



a : d'*Anacyclus clavatus*, b : *Arisarum vulgare*, c : d' *Oxalis pes-caprae*, d : témoin négatif. e : *Urtica dioica*, f : *Anacyclus clavatus*, g : d' *Arisarum vulgare*, h : témoin négatif. i : *Malva sylvestris*, j : *Anacyclus clavatus*, k : d' *Arisarum vulgare*, l : témoin négatif.

Figure 20: Effet des extraits végétaux chloroformiques sur la germination des graines de tomate et de lentille et les grains d'orge

L'analyse de la variance des taux de germination des graines a montré une différence significative (P=0,047, P=0,010) selon l'ensemble des extraits végétaux chloroformiques testés respectivement sur les graines de tomate et de lentilles et hautement significative (P=0,000) sur les graines d'orge.

Tab. 4:Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des espèces végétales de graines testées selon les extraits végétaux chloroformiques par le test Anova

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
IG.E.Chl.V.T	5	977,8	195,56	5,03	0,010
IG.E.Chl.L	5	5894	1178,9	3,17	0,047
IG.E.Chl.O	5	14228	2845,6	20,49	0,000

*E : Extrait, Chl : Chloroformique, T:Tomate, L : Lentille, O :Orge , IG : inhibition de germination

Le pouvoir inhibiteur de l'ensemble des extraits végétaux chloroformiques testés semble très faible à faible (0 à 20%) sur les graines de tomate (Tab 4 et Figure 20).

Cependant, une importante inhibition de la germination a été enregistrée sous l'effet des extraits chloroformiques à base d'*Urtica dioïca*(73,3%), modéré à assez faible (40 à 26,6%) sous l'effet des extraits chloroformiques préparés à partir de *Cynara cardunculus*, *Arisarum vulgare*, *Anacyclus clavatus* et *Malva sylvestris* et, plus faible (16,67%) sous l'effet de l'extrait chloroformique à base d' *Oxalis pes caprae*(Tab. 5, Figure 21).

Il en est de même pour l'effet des extraits végétaux chloroformiques testés sur les graines d'orge dont, les taux d'inhibition de la germination enregistrés semblent plus importants (83,3%) sous l'effet d'extrait chloroformique préparé à base d'*Urtica dioïca* mais, ils apparaissent faibles à très faibles (10-06,67%) sous l'influence des extraits chloroformiques à base de *Cynara cardunculus*, *Arisarum vulgare*, *Anacyclus clavatus*, *Malva sylvestris* et *Oxalis pes caprae*(Tab 5, Figure 21).

Tab. 5: Classement des extraits chloroformiques végétaux selon les taux d'inhibition de germination et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey

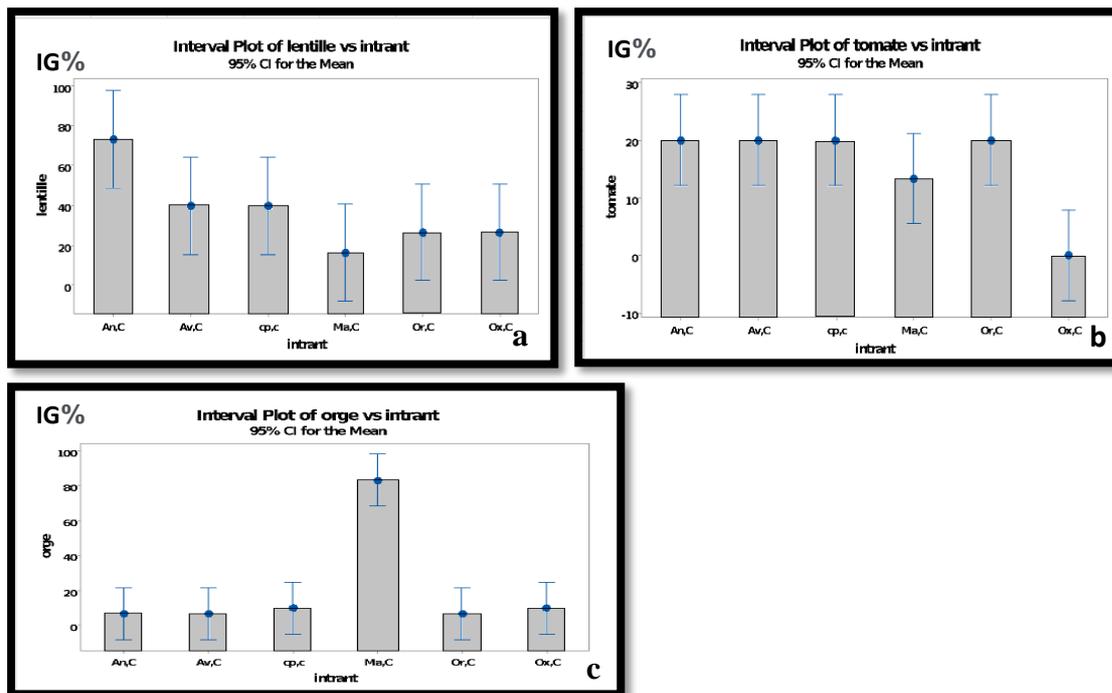
IG.E.Chl.T	N	Means	Grouping
Or.C	3	20.00	A
cp,c	3	20.00	A
Av,C	3	20.00	A
An,C	3	20.00	A
Ma,C	3	13.33	AB
Ox,C	3	0.00	B

IG.E.Chl.T	N	Means	Grouping
Or.C	3	20.00	A
cp,c	3	20.00	A
Av,C	3	20.00	A
An,C	3	20.00	A
Ma,C	3	13.33	AB
Ox,C	3	0.00	B

IG.E.Chl.L	N	means	Grouping
Or.C	3	73,3	A
cp,C	3	40,0	AB
Av,C	3	40,0	AB
An,C	3	26,67	AB
Ma,C	3	26,67	AB
Ox,C	3	16,67	B

IG.E.Chl.Org	N	means	Grouping
Or.C	3	83.3	A
cp,c	3	10.00	B
Av,C	3	10.00	B
An,C	3	06.67	B
Ma,C	3	06.67	B
Ox,C	3	06.67	B

*Ma : *Malvasylvestris*, An: *Anacyclu sclavatus*, Av:d'*Arisarum vulgare*,
 Or:*Urticadioica*, cp:*Cynara cardunculus*, Ox: *Oxalis pes caprae*, C: ExtraitChloroformique
 T : tomate, L : lentille, Org : orge, IG : inhibition de germination



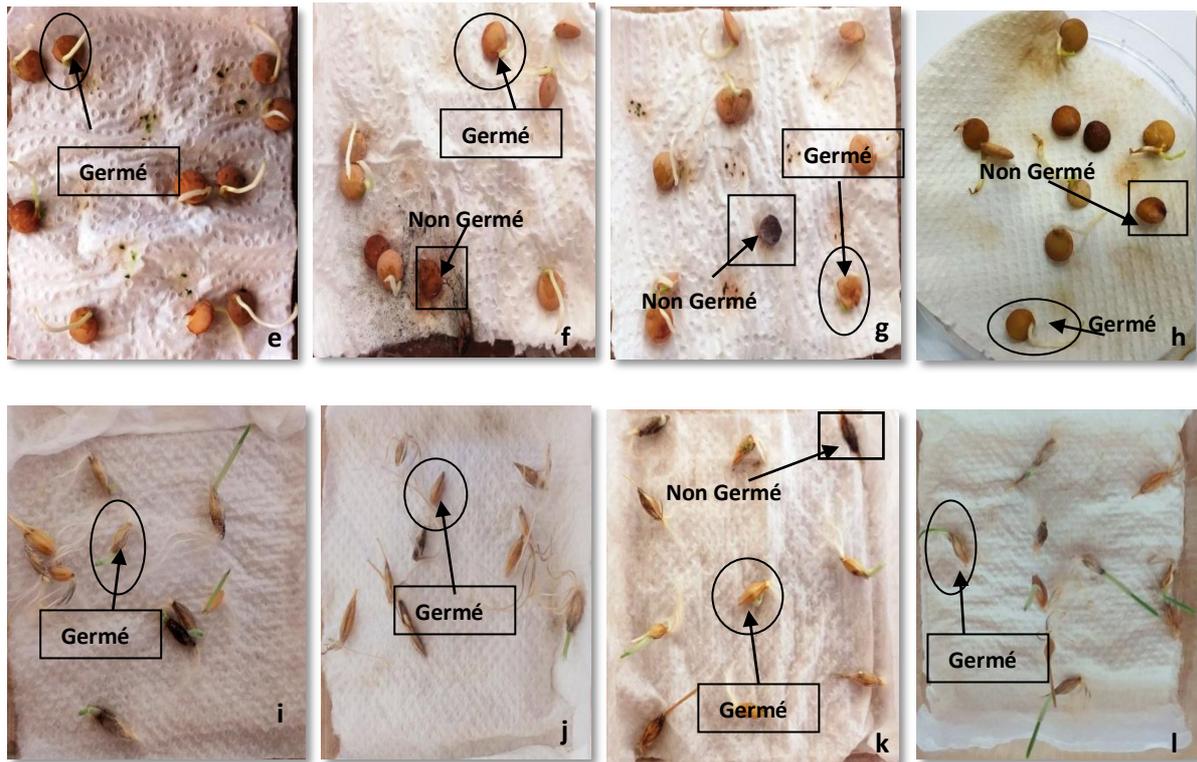
Ma : *Marrubiu mvulgare*, An: *Anacyclus clavatus*, Av: d' *Arisarum vulgare*, Or: *Urtica dioïca*, cp: *Cynara cardunculus*, Ox: *Oxalis pescaprae*, E: Extrait éthanologique, IG: inhibition de germination
a: Tomate, b: Lentille, c: Orge

Figure 21: Inhibition de la germination des graines selon les extraits végétaux éthanologiques et selon les espèces végétales des graines

3.1.1.2. Effet des extraits végétaux éthanologiques

Les graines de tomate, de lentilles et d'orge ont également montré une variabilité dans les taux de germination des graines selon les extraits végétaux éthanologiques et selon les espèces végétales des graines testées (Figure 22).





a : d'*Urtica dioïca*, b :*Cynara cardunculus*, c : d'*Anacyclus clavatus*, d : témoin négatif. e : *Arisarum vulgare*, f :*Anacyclus clavatus*, g : '*Urtica dioïca*, h : témoin négatif. i : *Arisarum vulgare*, j : *Malva sylvestris*, k : *Oxalis pes caprae*, l : témoin négatif.

Figure22 : Effet des extraits végétaux éthanoliques sur la germination des grains de tomate et lentille et les grains d'orge

L'analyse de la variance des taux de germination des graines par le test Anova a montré une différence non significative ($P=0,492$, $P=0,725$, $P=0,518$) selon l'ensemble des extraits végétaux chloroformiques testés respectivement sur les graines de tomate, des lentilles et d'orge (Tab.6).

Tab.6: Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des graines testées selon les extraits végétaux éthanoliques par le test Anova.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Valu
IG.E.Eth.T	5	1067	213.3	0.94	0.492
IG.E.Eth.L	5	1117	223.3	0.57	0.725
IG.E.Eth.O	5	1111	222,2	0,89	0,518.

*E : Extrait, Eth:Ethanolique, T :Tomate, L : Lentille, O :Orge, IG :inhibition de germination

Les taux d'inhibition de germination des graines ont été classés dans le même groupe selon respectivement chacune des espèces végétales testées, l'effet des extraits végétaux éthanoliques (Tab 7).

Ces derniers apparaissent assez faibles compris entre 16,67 et 36,67% (Tab. 7, Figure 23) et 16,7 et 40% (Tab. 7, Figure 23) respectivement sur les graines de tomate et de lentilles mais, plus faibles compris entre 0 et 23,3% sur les graines d'orge (Tab.7, Figure 23).

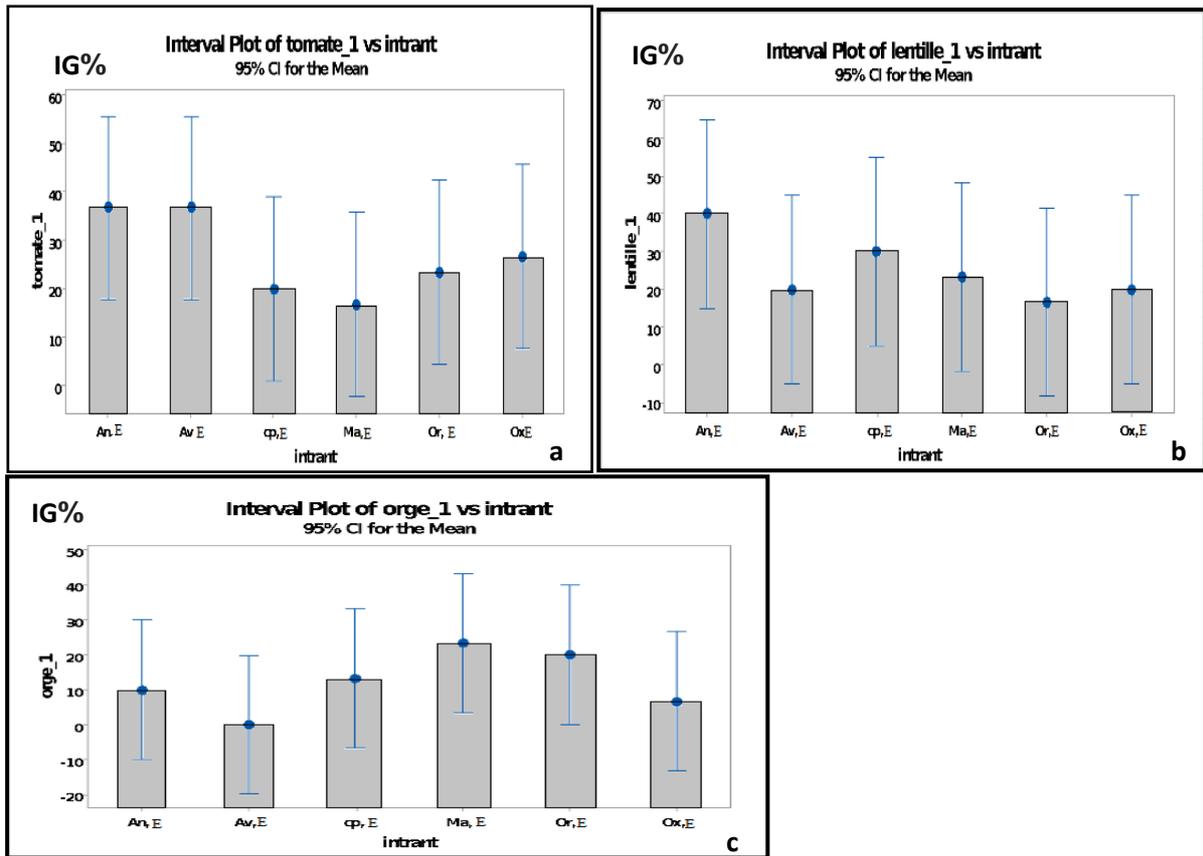
Tab. 7: Classement des extraits végétaux éthanoliques selon les taux d'inhibition de germination et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey.

IG.E.Eth.T	N	means	Grouping
Or,E	3	36.67	A
cp,E	3	36.67	A
Av,E	3	26.7	A
An,E	3	23.33	A
Ma,E	3	20.00	A
Ox,E	3	16.67	A

IG.E.Eth.L	N	means	Grouping
Or,E	3	40.00	A
cp,E	3	30.00	A
Av,E	3	23.3	A
An,E	3	20.0	A
Ma,E	3	20.0	A
Ox,E	3	16.7	A

IG.E.Eth.O	N	means	Grouping
Or,E	3	23,3	A
cp,E	3	20,0	A
Av,E	3	13,33	A
An,E	3	10,00	A
Ma,E	3	6,67	A
Ox,E	3	0,00	A

*Ma : *Malvasylvestris*, An: *Anacyclusclavatus*, Av: d' *Arisarumvulgare*, Or: *Urticadioica*, cp: *Cynaracardunculus*, Ox: *Oxalis pescaprae*, E: Extraitethanolique , IG: inhibition de germination .T :tomate, L : lentille, Org : orge



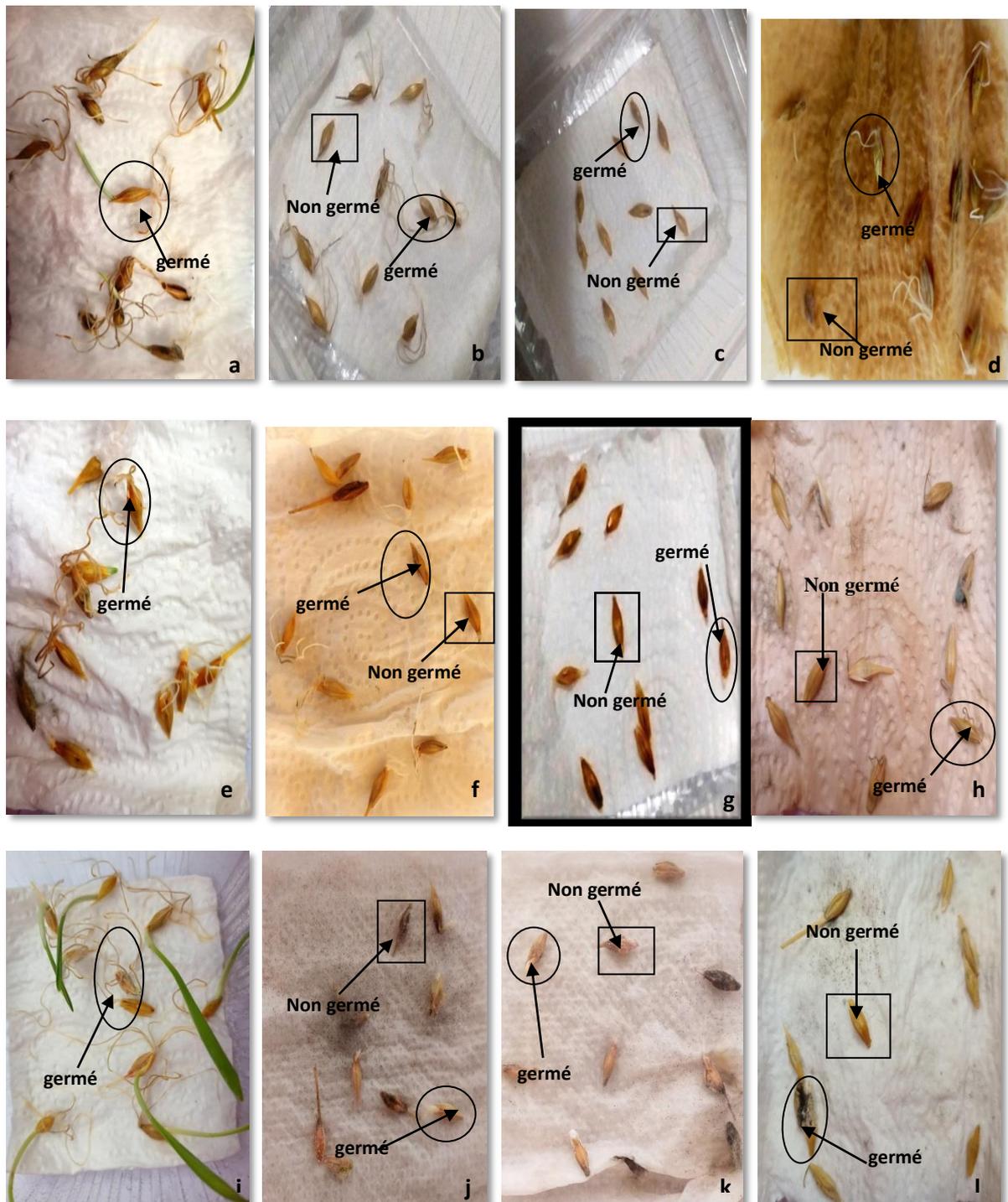
Ma : *Malvasylvestris*, An: *Anacyclusclavatus*, Av: *d'Arisarumvulgare*, Or: *Urticadioïca*, cp: *Cynaracardunculus*, Ox: *Oxalis pescaprae*, E: Extraitethanolique, IG: inhibition de germination

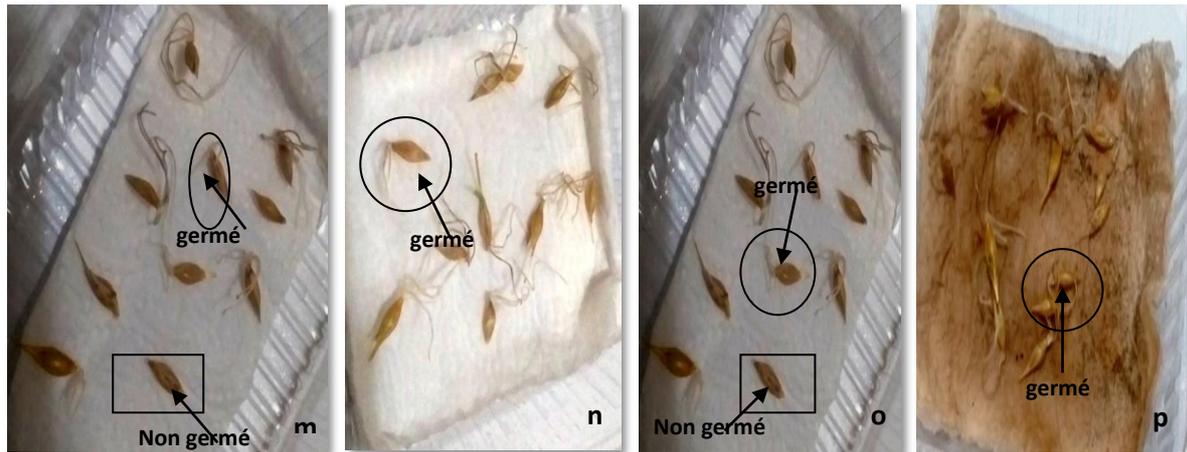
a: Tomate, b: Lentille, c: Orge

Figure 23: Tôt d'inhibition de la germination des graines selon les extraits végétaux éthanoliques et selon les espèces végétales des graines.

3.1.1.3. Effet des extraits végétaux aqueux fractionnés par solvants

Les extraits végétaux fractionnés ont montré une variabilité dans le pouvoir inhibiteur de germination des graines d'orge. Ainsi, une importante inhibition a été remarquable sous l'effet des fractions acétoniques (Figure 24.c), méthanolique (Figure 24.g) et acétoniques (Figure 24.k), respectivement des extraits végétaux aqueux d'*Oxalis pes caprae* (Figure 24), de *Cynara cardunculus* (Figure 24) et de *Marrubium vulgare* (Figure 24).





a : fraction d'acétate d'éthyle, b : fraction méthanolique, c : fraction acétonique, d : extrait aqueux d'oxalis , e : fraction d'acétate d'éthyle, f : fraction acétoniques, g : fraction méthanolique, h : extrait aqueux du cynara, i : fraction d'acétate d'éthyle, j : fraction chloroformique, k : fraction acétoniques, l : extrait aqueux du marrubium , m : fraction hexanique, n : fraction d'acétate d'éthyle, o : fraction Chloroformique , p : Extrait aqueux de lavande.

Figure 24: Effet des extraits fractionnés par solvants de l'extrait aqueux d'*Oxalis pes caprae*, *Cynara cardunculus*, *Marrubium vulgare*, *Lavandula stoechas* sur la germination des grains d'orge

L'analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des graines d'orge a montré une différence très hautement significative respectivement selon les fractions des extraits végétaux aqueux préparés à base d' *Oxalis pes caprae* (P=0,000) et *Marrubium vulgare* (P=0,006) , significative selon les fractions des extraits végétaux aqueux préparés à base de *Cynara cardunculus* (P=0,024) mais, non significative (P=0,113) selon les fractions des extraits aqueux à base de *Lavandula stoechas* (Tab.8).

Tab. 8: Analyse de la variance des taux d'inhibition de la germination des graines d'orge selon les extraits fractionnés à partir des extraits aqueux végétaux par le test Anova.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Valu
IG.E.F.EA.Ox	6	20190,5	3365,08	88,33	0,000
IG.E.F.EA.Card	6	1314,3	219,05	3,54	0,024
IG.E.F.EA.Mar	6	10924	1820,6	5,10	0,006
IG.E.F.EA. Lav	6	428,6	71,43	2,14	0,113

*E : Extrait, F : fractionné, EA:Aqueux, Lav : *Lavandula stoechas*
 Mar:*Marrubiumvulgare*, Card : *Cynaracardunculus*, Ox : *Oxalis pescaprae* , IG:inhibition de germination.

L'ensemble des extraits végétaux aqueux fractionnés ont montré des taux d'inhibition variables sur les grains d'orge (Tab.9). Ceux à base d' *Oxalis pes caprae* étaient très importants selon les fractions (93,33%) acétoniques, assez faibles pour les fractions d'acétate d'éthyle (33,33%) mais très faibles et similaires à l'extrait aqueux ox pour les fractions chloroforme, chloroforme brut, méthanol et hexane (13,33 – 0%) (Tab.9, Figure25).

Par ailleurs, les extraits de *Cynara cardunculus* fractionnés ont montré de faibles et à très faibles taux d'inhibition respectivement pour les fractions acétone (23,33%), acétate d'éthyle, chloroforme, chloroforme brut, hexane et, méthanol (20-3,33%) et extrait aqueux (0%) (Tab9, Figure25).

Il faut également souligner que l'extrait aqueux préparé à base de *Marrubium vulgare* fractionné par l'acétone et l'acétate d'éthyle ont montré des taux d'inhibition de germination modérés (60-56,7%) alors, qu'ils semblent moins importants pour les fractions chloroforme dilué, chloroforme brut et, hexane (23,33-13,33%) mais, nuls selon les fractions méthanol et extraits aqueux (Tab.9, Figure25).

En revanche, les fractions d'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* ont enregistré une très faible inhibition selon l'ensemble des fractions par solvants (13,33 -3,33%). Comme, ils étaient nuls pour les fractions de chloroforme, hexane, méthanol et l'extrait aqueux (Tab.9, Figure25).

Tab. 9: Classement des extraits fractionnés à partir des extraits aqueux végétaux selon les taux d'inhibition de germination des graines d'orge et selon les solvants par le test de Tukey.

IG.E.F.EA.Ox	N	means	Grouping
Acétone	3	93,33	A
Acétate d'éthyle	3	33,33	B
Chloroforme	3	13,33	C
Chloroforme brute	3	6,67	C
Hexane	3	6,67	C
Méthanol	3	0,00	C
Témoin +	3	0,00	C

IG.E.F.EA.Card	N	means	Grouping
Acétone	3	23,33	A
Acétate d'éthyle	3	20,00	AB
Chloroforme	3	13,33	AB
Chloroforme brute	3	10,00	AB

Hexane	3	6,67	AB
Méthanol	3	3,33	AB
Témoin +	3	0,00	B

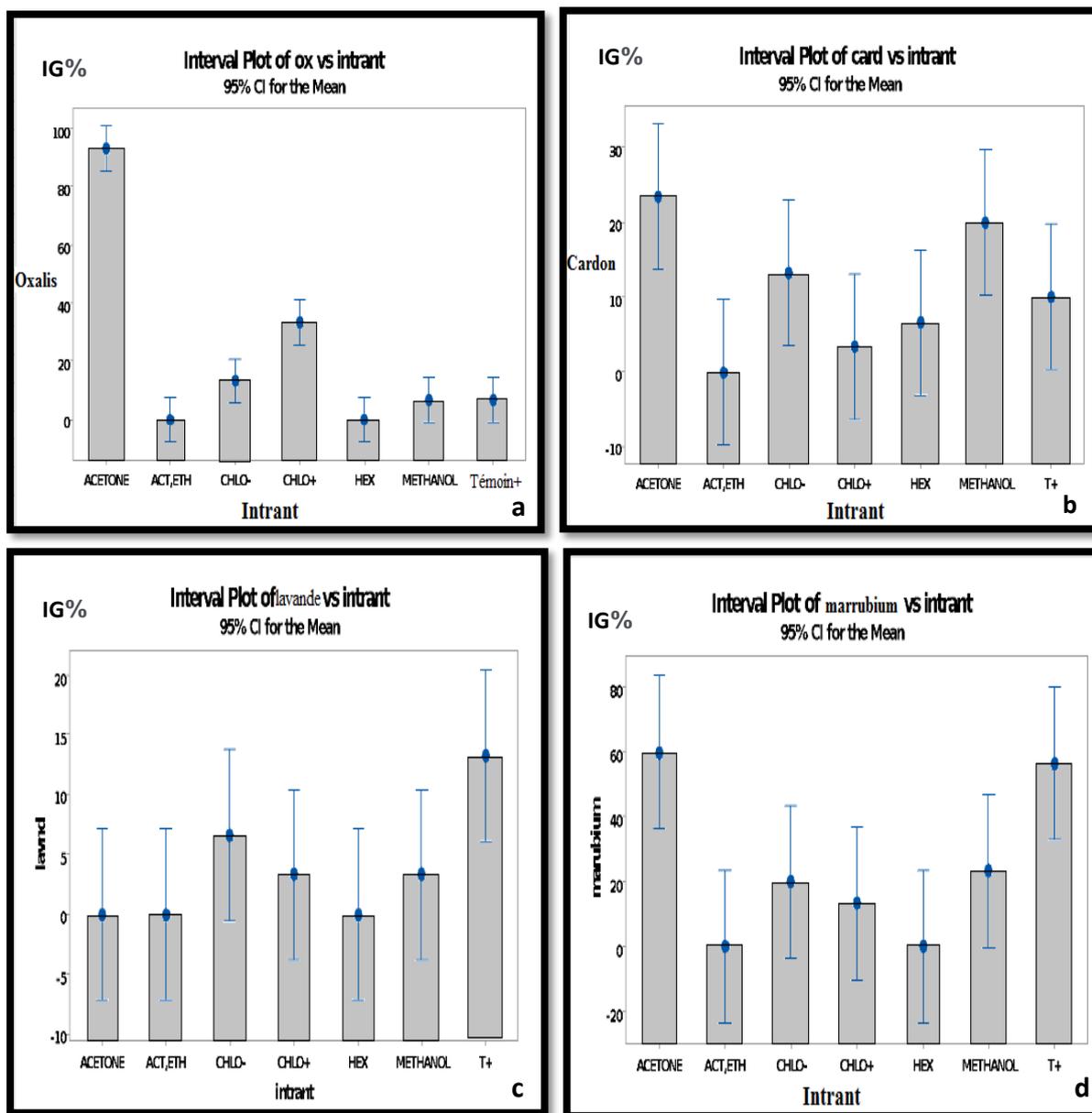
IG.E.F.EA.Marb	N	means	Grouping
Acétone	3	60,00	A
Acétate d'éthyle	3	56,7	A
Chloroforme	3	23,33	AB
Chloroforme brute	3	20,00	AB
Hexane	3	13,33	AB
Méthanol	3	0,00	B
Témoin +	3	0,00	B

IG.E.F.EA.Lav	N	means	Grouping
Acétone	3	13,33	A
Acétate d'éthyle	3	6,67	A
Chloroforme	3	3,33	A
Chloroforme brut	3	3,33	A
Hexane	3	0,00	A
Méthanol	3	0,00	A
Témoin +	3	0,00	A

*E : Extrait, F : fractionné, EA : extrait aqueux, Lav : *Lavandula stoeckii*

Marb : *Marrubium vulgare*, Card : *Cynara cardunculus*, Ox : *Oxalis pes caprae*, IG:inhibition de germination

T :tomate, L : lentille, Org : orge



a: Extrait d'*Oxalis pe scaprae* fractionné, b: Extrait de *Cynara cardunculus* fractionné, c: Extrait de *Lavandula stoeckas* fractionné, d: Extrait de *Marrubium vulgare*, IG: Inhibition de germination ACT,ETH: Acetate d'éthyle, CHLO-: Chloroforme brut, CHLO+: Chloroforme, HEX: Hexane, T+: Extrait aqueux, IG: inhibition de germination

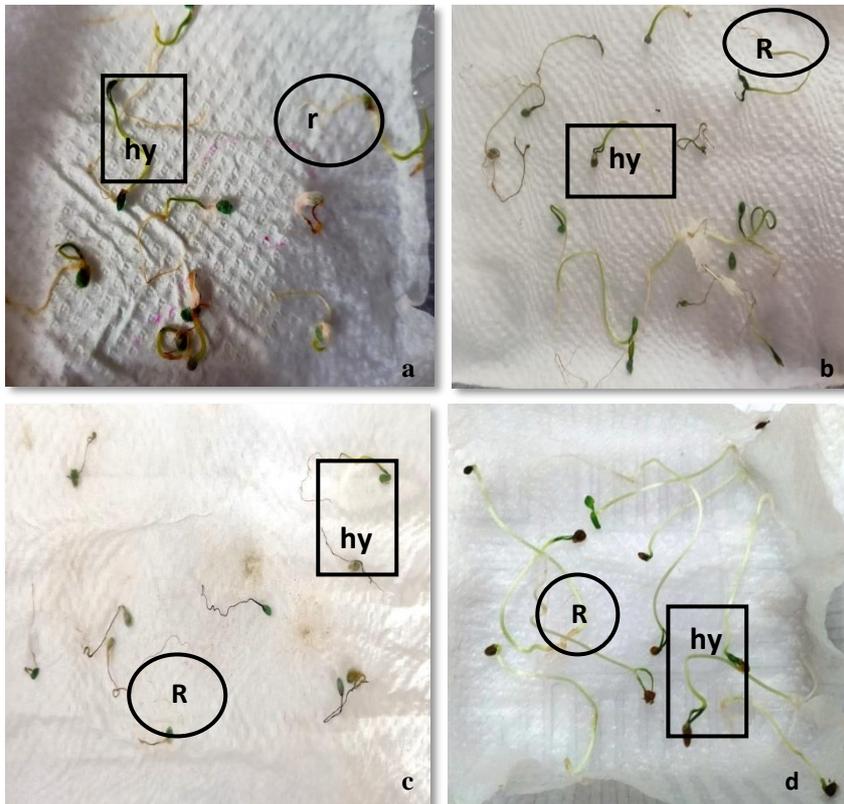
Figure 25: Tôt d'inhibition de la germination des graines d'orge selon les solvants organiques utilisés lors du fractionnement des extraits aqueux végétaux.

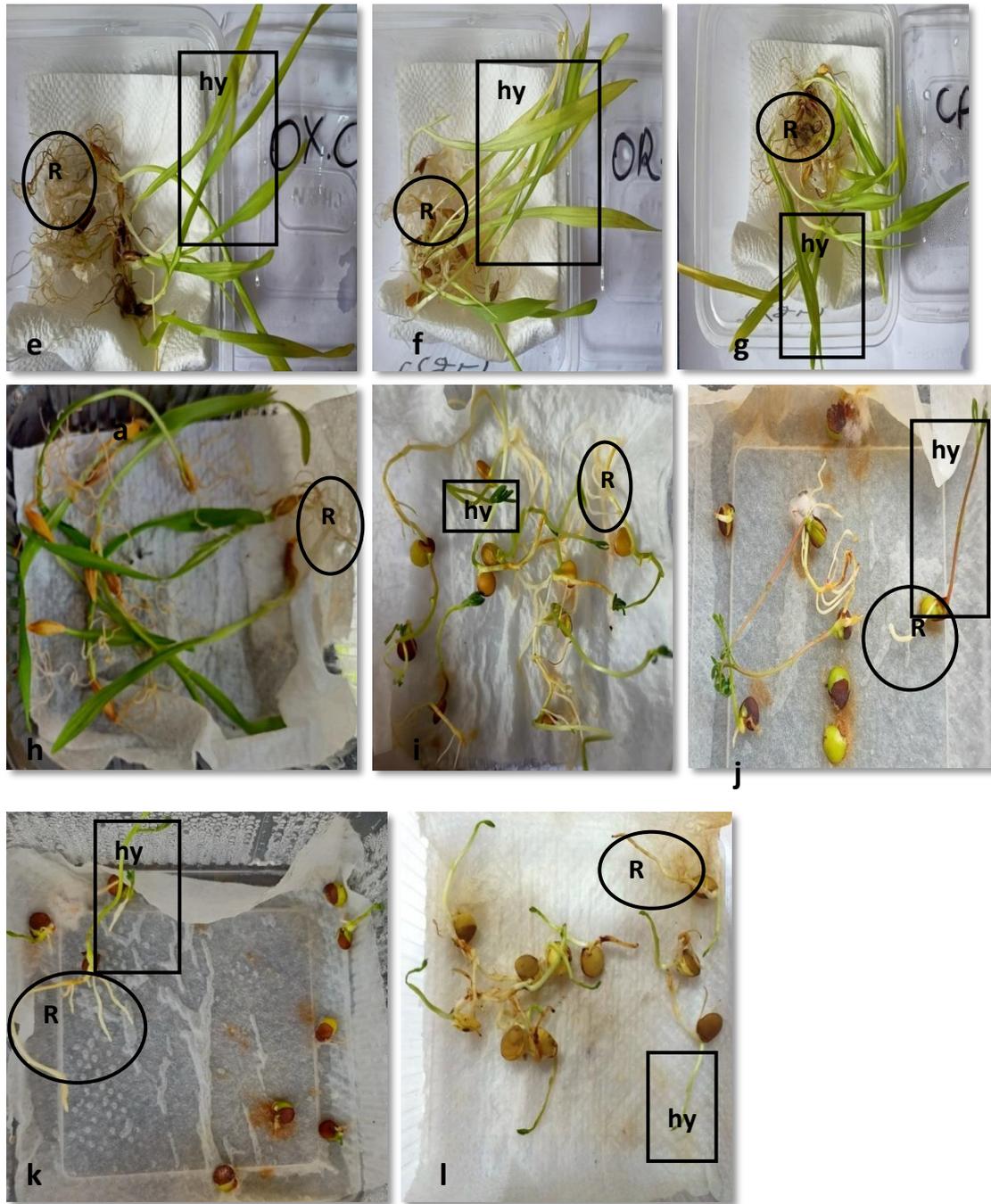
3.1.2. Pouvoir inhibiteur des extraits végétaux sur l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées des espèces végétales :

3.1.2.1. Extraits chloroformiques des végétaux

L'application des extraits végétaux chloroformiques ont montré leur influence sur l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées.

Une variabilité traduite par une stimulation ou une réduction a été enregistrée sur l'ensemble des extraits végétaux chloroformiques en comparaison avec les témoins négatifs, selon les espèces végétales testées (Figures 26).





a : *Anacyclus clavatus*, **b**: *Arisarum vulgare*, **c**: *Oxalis pes caprae*, **d**: témoin négatif , **R**:racine , **hy** : hypocotyles.

e: *Oxalis pes caprae*, **f**: d'*Urtica dioica*, **g**: *Cynara cardunculus*, **h**: témoin négatif ,**hy** : **hypocotyles**

i: d'*Arisarum vulgare*, **j**:*Cynara cardunculus*, **k**: *Malva sylvestris*, **l**: témoin négatif ,**R** :racine.

Figure 26: Effet des extraits chloroformiques végétaux sur l'élongation des racines et des hypocotyles des graines germées de tomate, d'orge et lentille.

Tab. 10: Analyse de la variance de l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées des espèces végétales testées selon les extraits végétaux chloroformiques par le test Anova.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
E.C.hyp.Tom	6	24664	4110,7	33,46	0,000
E.C.Rac.Tom	6	10695	1782,6	4,99	0,000
E.C.hyp.Org	6	27591	4598,5	5,50	0,000
E.C.Rac.Org	6	18017	3002,9	5,40	0,000
E.C.hyp.Len	6	62478	10413,0	167,93	0,000
E.C.Rac.Len	6	39646	6607,66	79,03	0,000

*E: extraits, C: chloroformique, épy: épicotyles, Rac: raciness, Tom: tomate, Org: orge, Len: lentille *Ma : *Malva sylvestris*, AN: *Anacyclus clavatus*, AV: *Arisarum vulgare*, OR: *Urtica dioïca*, CP: *Cynara cardunculus*, OX: *Oxalis pes caprae*

Tab. 11: Classement des extraits chloroformiques végétaux selon l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey.

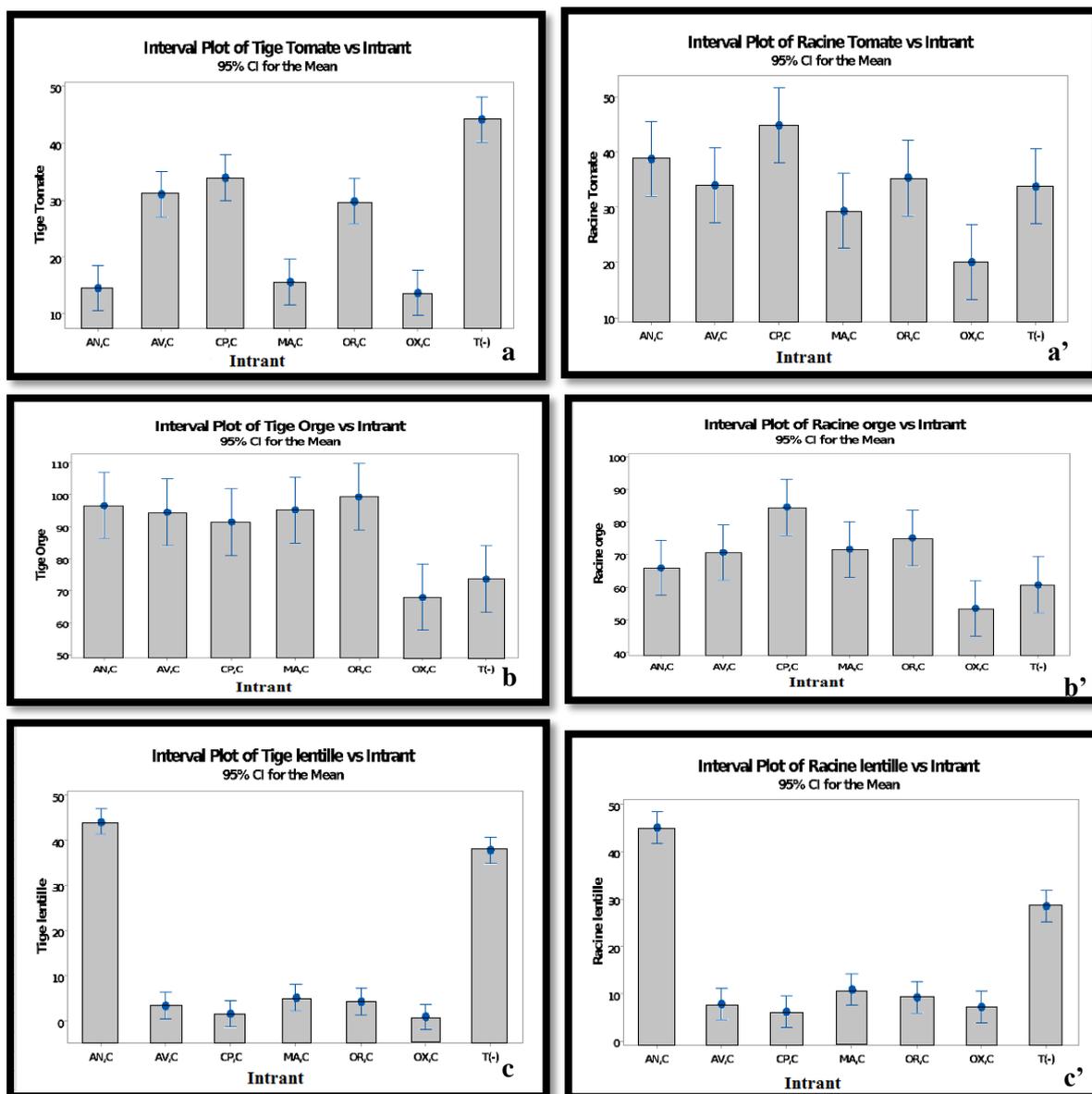
I.E.hyp.Tom	N	Mean	Grouping
T(-)	30	44,13	A
CP,C	30	33,87	B
AV,C	30	31,03	B
OR,C	30	29,70	B
MA,C	30	15,57	C
AN,C	30	14,53	C
OX,C	30	13,67	C

I.E.Rac.Tom	N	Mean	Grouping
CP,C	30	44,80	A
AN,C	30	38,73	A B
OR,C	30	35,33	A B
AV,C	30	33,93	A B C
T(-)	30	33,83	A B C
MA,C	30	29,30	B C
OX,C	30	20,07	C

I.E.hypOrg	N	Mean	Grouping
OR,C	30	99,40	A
AN,C	30	96,73	A
MA,C	30	95,23	A B

AV,C	30	94,67	A B
CP,C	30	91,45	A B
T(-)	30	73,73	B C
OX,C	30	67,93	C
I.E.rac .Org	N	Mean	Grouping
CP,C	30	84,43	A
OR,C	30	75,00	A B
MA,C	30	71,50	A B C
AV,C	30	70,70	A B C
AN,C	30	65,93	B C
T(-)	30	60,77	B C
OX,C	30	53,50	C
I.E.hyp.Len	N	Mean	Grouping
AN,C	30	44,10	A
T(-)	30	37,77	B
MA,C	30	5,17	C
OR,C	30	4,23	C
AV,C	30	3,40	C
CP,C	30	1,600	C
OX,C	30	0,873	C
I.E.Rac Len	N	Mean	Grouping
AN,C	30	45,13	A
T(-)	30	28,57	B
MA,C	30	10,87	C
OR,C	30	9,23	C
AV,C	30	7,800	C
OX,C	30	7,133	C
CP,C	30	6,100	C

Ma : *Malva sylvestris*, AN: *Anacyclus clavatus*, AV: *Arisarum vulgare*, OR: *Urtica dioïca*, CP: *Cynara cardunculus*, OX: *Oxalis pes caprae*, T-: Témoin négatif, C: Extrait Chloroformique, I: inhibition, E: elongation, hyp: hypocotyles, Tom: tomate, Org: orge, Len: lentille



MA :*Malva sylvestris* AN:*Anacyclu sclavatus*, AV: *d'Arisarum vulgare*,OR: *Urtica dioïca*, CP:*Cynara cardunculus*, OX: *Oxalis pes caprae*, T-: Témoin négatif, C: Extrait Chloroformique, a et a' : épicotyles et raciness graines de tomate, b et b' : épicotyles et raciness grains d'orge, c et c' : hypocotyles et raciness grains de lentil.

Figure 27: Inhibition de l'élongation des hypocotyles et racines des graines germées selon les extraits chloroformiques végétaux et selon les espèces végétales testées

L'analyse de la variance de l'élongation des hypocotyles et des racines a montré des différences hautement significatives selon les extraits végétaux chloroformiques étudiés sur les trois espèces végétales testées (P= 0,000) (Tab. 10).

En effet, une réduction variable a été enregistrée sur l'élongation des hypocotyles et des racines des grains germées de tomate sous l'effet des extraits chloroformiques en comparaison avec le témoin négatif (44,13mm).

Ainsi, les extraits chloroformiques préparés à base de *Malva sylvestris*, *Anacyclus clavatus* et *Oxalis pes caprae* se sont avérés les plus inhibiteurs (13,67-15,57mm).

Il en est de même pour l'élongation des racines où, seuls les extraits végétaux chloroformiques à base de *Malva sylvestris* (29,30mm) et *Oxalis pes caprae* (20,07mm) se sont montrés les plus réducteurs (Tab.11, Figure27).

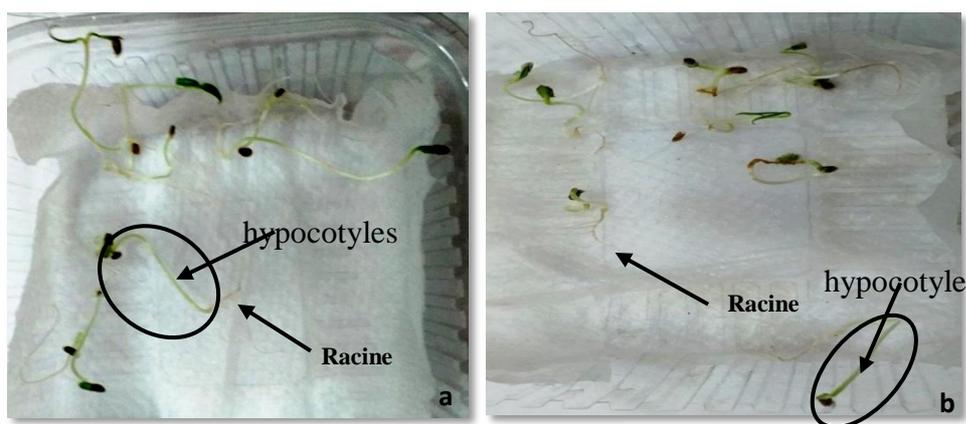
Par ailleurs, les hypocotyles et les racines des grains germés d'orge ont également connu une réduction sous l'effet de l'extrait OX pour les hypocotyles (67,93mm) et pour les racines (53,50mm), comparés au témoin négatif (73,73- 60,77mm)(Tab.11, Figure27).

Le pouvoir réducteur des extraits chloroformiques a été également affirmé sur l'élongation des hypocotyles et des racines des grains germés de lentille sous l'effet des extraits préparés à partir de MA, OR, AV, CP et OX (5, 17-0,87mm et 10, 87-6,10mm) (Tab.11, Figure27).

3.1.2.2. Extraits éthanoliques des végétaux

L'application des extraits végétaux éthanoliques ont également mis en évidence leur influence sur l'élongation des hypocotyles des graines germées.

Une stimulation et/ou une réduction de l'élongation ont été notées sur les épicotyles et les racines des jeunes graines germées sous l'effet de l'ensemble des extraits végétaux chloroformiques en comparaison avec les témoins négatifs, selon les espèces végétales testées (Figures 28).





a :*Cynara cardunculus*, b: *Anacyclus clavatus*, c: *Malva sylvestris*, d: témoin négatif.

e : *Urtica dioica*, f:*Anacyclus clavatus*, g: *Malva sylvestris*, h: témoin négatif.

i : *Urtica dioica*, j : *Anacyclus clavatus*, k: *Malva sylvestris*, l: témoin négatif.

Figure28 : Effet des extraits éthanoliques végétaux sur l'élongation des racines et des hypocotyles des grains germées de tomate, orge et lentille.

L'analyse de la variance de l'élongation des épicotyles et des racines a montré des différences hautement significatives selon les extraits végétaux éthanoliques étudiés sur les jeunes germes de tomate, orge et lentille (P= 0,000) (Tab. 12).

Tab. 12: Analyse de la variance de l'élongation des épicotyles et des racines des graines germées des espèces végétales testées selon les extraits végétaux éthanoliques par le test Anova.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
E.C.hyp.Tom	6	27652	4608,62	83,41	0,000
E.C.Rac.Tom	6	8745	1457,51	23,70	0,000
E.C.hyp.Org	6	36593	6098,8	10,18	0,000
E.C.Rac.Org	6	36593	6098,8	10,18	0,000
E.C.hyp.Len	6	9267	1544,46	31,93	0,000
E.C.Rac.Len	6	6108	1018,05	5,60	0,000

*E: extraits, E: éthanolique, hy:hypocotyle, Rac: racines, Tom: tomate, Org: orge, Len: lentille

En effet, une réduction variable a affecté l'élongation des hypocotyles des racines des grains germés de tomate sous l'effet des extraits éthanoliques en comparaison avec le témoin négatif (43,13mm).

Ainsi, les extraits éthanoliques préparés à base de *Malva sylvestris* (26mm), *Anacyclus clavatus*(24,63mm), *Arisarum vulgare*(24,47mm) se sont avérés inhibiteurs (13,67-15,57mm) notamment, *Cynara cardunculus*(16,23mm).

Il en est de même pour l'élongation des racines où, les extraits végétaux éthanoliques à base de *Urtica dioïca* (27,67mm), *Oxalis pescaprae* (21,70mm) se sont montrés réducteurs de l'élongation racinaire, notamment les extraits à base de *Malva sylvestris*, *Anacyclus clavatus* et *Arisarum vulgare*(17,06-15,63mm) comparés au témoin négatif (33,83mm). (Tab.13, Figure29).

Par ailleurs, la réduction n'a affecté que les hypocotyles des grains germés d'orge et ceci que sous l'effet des extraits éthanoliques à base de *Cynara cardunculus* (70,93mm) comparés au témoin négatif (74,63mm). En revanche, l'élongation des racines n'a connu que de l'augmentation sous l'effet de l'ensemble des extraits végétaux éthanoliques (85,63-101,87mm) comparés au témoin négatif (60,93mm) (Tab.13, Figure29).

Le pouvoir réducteur des extraits éthanoliques a été également affirmé sur l'élongation des hypocotyles et des racines des grains germés de lentille.

La réduction de l'élongation des épicotyles a été respectivement enregistrée sous l'effet des extraits éthanoliques préparés à partir de (25,67mm)*Arisarum vulgare* puis, (23,93-21,87mm) *Anacyclus clavatus*,*Urtica dioïca* et *Malva sylvestris* mais notamment celui à base de *Oxalis pes caprae*(19,70mm) comparés au témoin négatif (37,77mm) (Tab.13, Figure29).

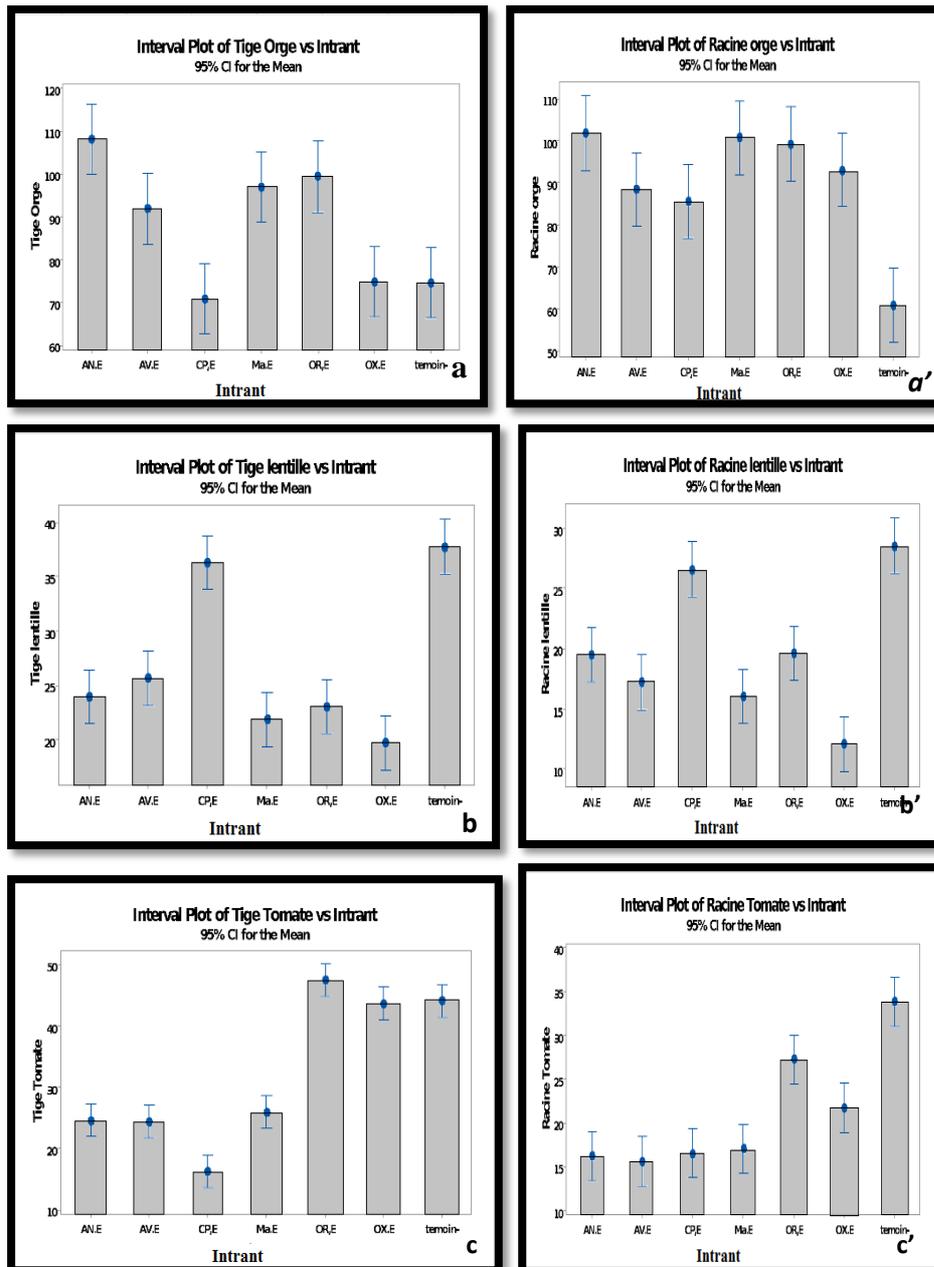
Le pouvoir inhibiteur d'élongation racinaire a été identifié sur les germes de lentilles issus des traitements par les extraits éthanoliques préparés à base de *Urtica dioïca*, *Anacyclus clavatus*, *Arisarum vulgare*(19,63-17,23mm) et *Malva sylvestris*(16,03mm)mais, il demeure plus important sous l'effet de l'extrait préparé à base *Oxalis pes caprae*(12,07mm), comparé au témoin négatif (28,57mm).

Tab. 13: Classement des extraits éthanoliques végétaux selon l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées et selon les espèces végétales des graines par le test de Tukey

E.hyp.Tom	N	Mean	Grouping
OR,E	30	47,57	A
OX.E	30	43,73	A
Ma.E	30	26,00	B
AN.E	30	24,63	B
AV.E	30	24,47	B
CP,E	30	16,233	C
T-	30	44,13	A
E.Rac.Tom	N	Mean	Grouping
OR,E	30	27,267	B
OX.E	30	21,70	B C
Ma.E	30	17,067	C D

CP,E	30	16,53	C D
AN.E	30	16,200	C D
AV.E	30	15,633	D
Témoïn-	30	33,833	A
E.hyp.Org	N	Mean	Grouping
AN.E	30	108,07	A
OR,E	30	99,33	A
Ma.E	30	97,00	A
AV.E	30	91,87	A B
OX.E	30	74,83	B C
CP.E	30	70,93	C
T-	30	74,63	B C
E.Rac.Org	N	Mean	Grouping
AN.E	30	101,87	A
Ma.E	30	100,79	A
OR,E	30	99,30	A
OX.E	30	93,13	A
AV.E	30	88,47	A
CP,E	30	85,63	A
T-	30	60,93	B
E.hyp.Len	N	Mean	Grouping
CP,E	30	36,30	A
AV.E	30	25,67	B
AN.E	30	23,93	B C
OR,E	30	23,033	B C
Ma.E	30	21,87	B C
OX.E	30	19,70	C
T-	30	37,77	A
E.Rac.Len	N	Mean	Grouping
CP,E	30	26,60	A
OR,E	30	19,63	B
AN.E	30	19,533	B
AV.E	30	17,23	B
Ma.E	30	16,03	BC
OX.E	30	12,07	C
T-	30	28,57	A

*Ma : *Malvasylvestris*, AN:*Anacyclusclavatus*, AV:*Arisarumvulgare*,OR: *Urticadioïca*, CP:*Cynaracardunculus*, OX: *Oxalis pescaprae*, T-: Témoïn négatif, E: Extraitethanolique, E: elongation, hypo: hypocotyles, Tom: tomate, Org: orge, Len: lentille



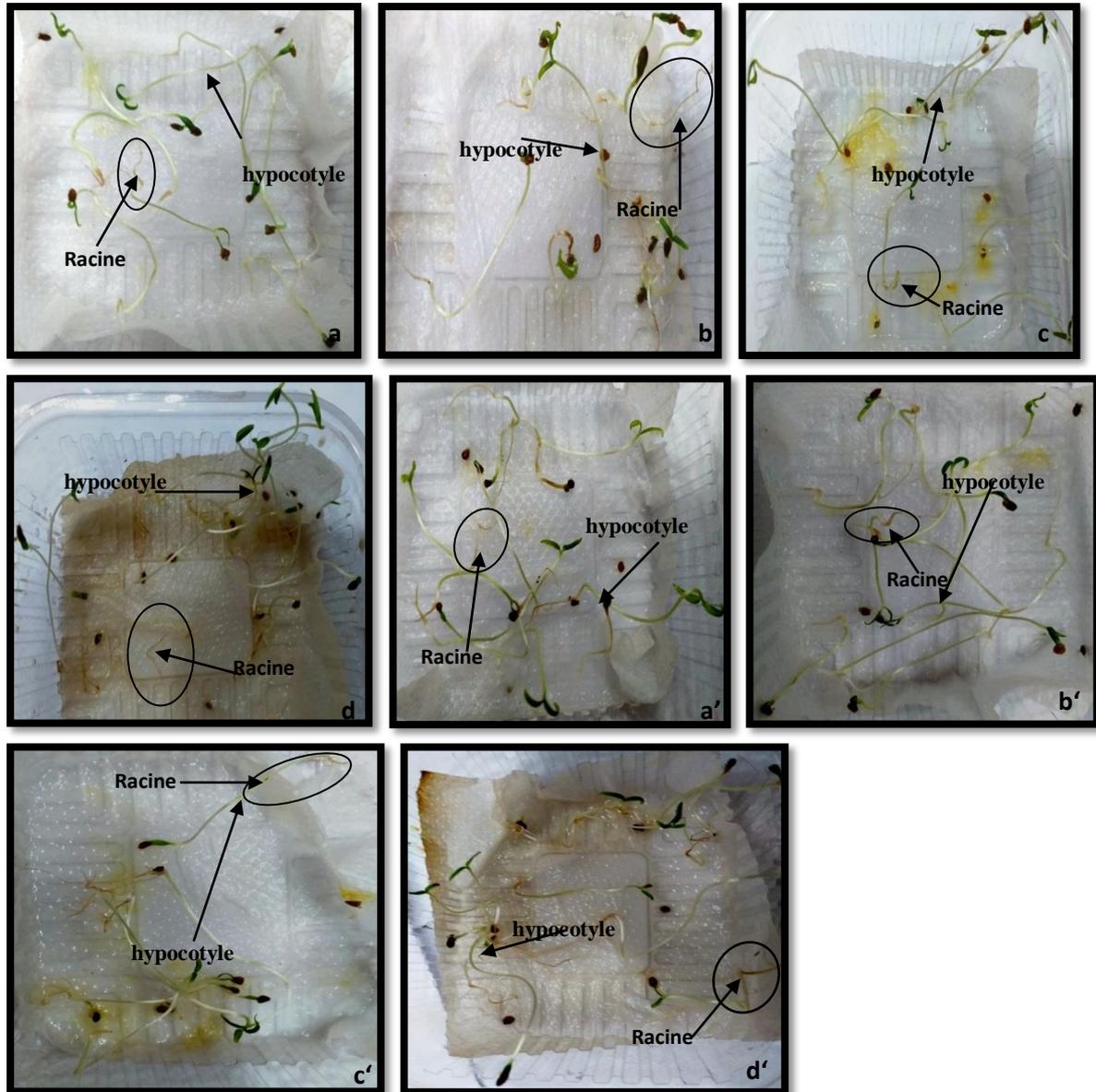
Ma : *Malvasylvestris*, AN: *Anacyclusclavatus*, AV: *Arisarumvulgare*, OR: *Urticadioica*, CP: *Cynaracardunculus*, OX: *Oxalis pescaprae*, T-: Témoinnégatif, E: ExtraitChloroformique, a et a': hypocotyles et racinesgraines de tomate, b et b': hypocotyles s et raciness grains d'orge, c et c' hypocotyles et raciness grains de lentille

Figure 29: Inhibition de l'élongation des hypocotyles et racines des graines germées selon les extraits éthanoliques végétaux et selon les espèces végétales testées.

3.1.2.3. Effet des extraits végétaux aqueux fractionnés par les solvants organiques

L'application des extraits végétaux fractionnés par solvants a montré leur influence sur l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées de tomate.

Aucune réduction n'a été détectée sur l'élongation des hypocotyles ni des racines des jeunes graines germées de tomate sous l'effet de l'ensemble des extraits végétaux fractionnés par les solvants en comparaison avec les témoins positifs qui correspondent aux témoins positifs (Figures 30, 31).

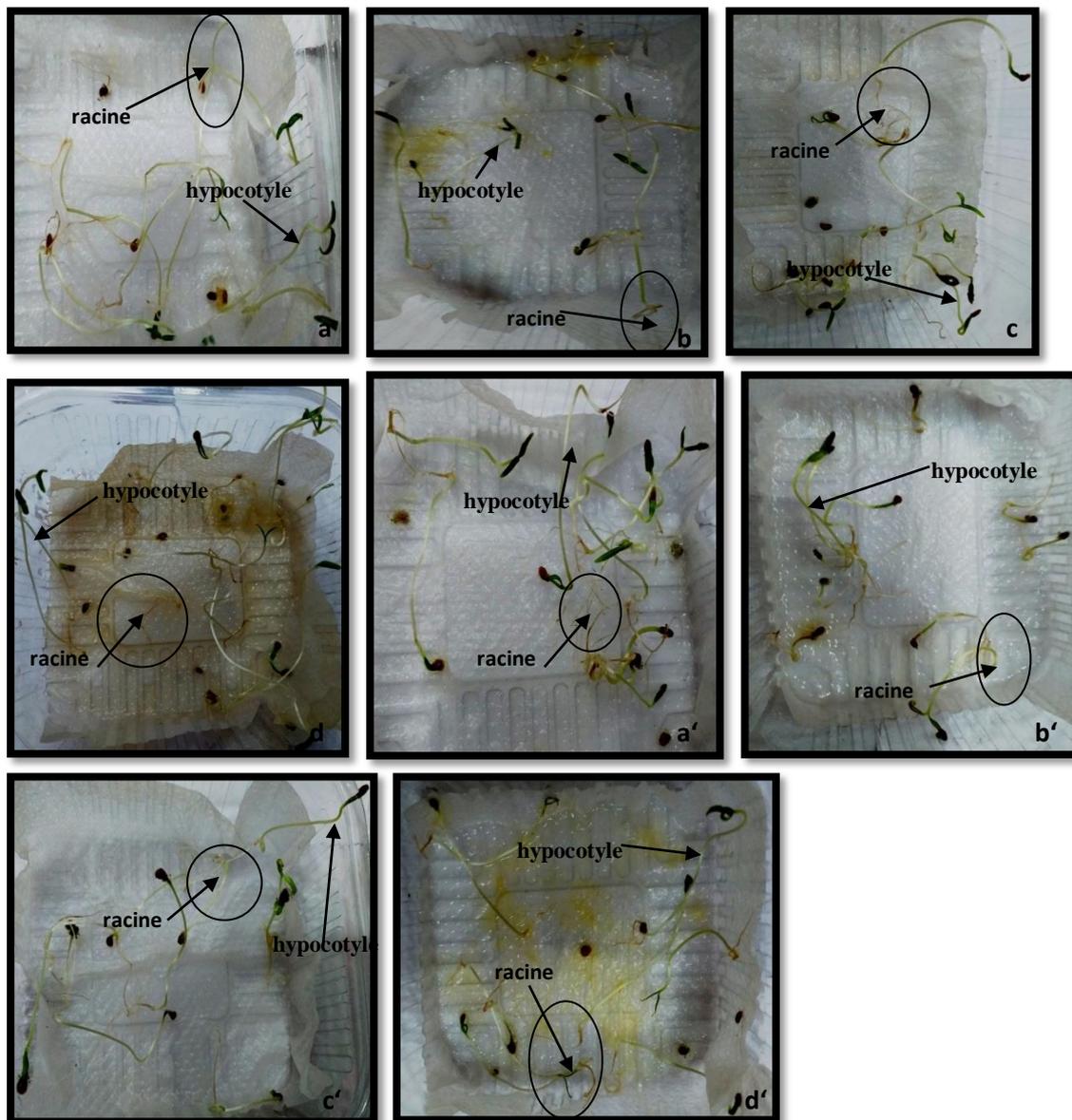


a : acetate d'éthyle lavande, b: methanol lavande, c: chloroforme lavande, d: témoin positif lavande.

a' : chloroforme cynara, b' : hexane cynara, c' : acetate d'éthyle cynara, d' : témoin positif cynara.

Figure 30 : Effet des extraits végétaux aqueux fractionnés de *lavandula stoechas* et *Cynara cardunculus* sur l'élongation des racines et des hypocotyles

des grains germées de tomate.



a : acetate d'éthyle marrubium, b: hexane marrubium, c: acetone marrubium, d:témoin positif marrubium.

a': hexane oxalis, b': chloroforme oxalis, c': acetone oxalis, d':témoin positif oxalis.

Figure 31: Effet des extraits végétaux aqueux de *Marrubiumvulgare* et *Oxalis pes-caprae* fractionnés sur l'élongation des racines et des hypocotyles des grains germés de tomate.

L'analyse de la variance de l'élongation des hypocotyles et des racines a montré des différences significatives ($P \geq 0,05$) selon les extraits végétaux fractionnés par solvants testés

sur les jeunes germes de tomatemais, une différence non significative n'a été enregistrée que sur l'élongation de l'hypocotyle sous l'effet de l'extrait fractionné de *lavandula stoechas* (P= 0,020, P< 0,05) (Tab. 14).

Tab. 14:Analyse de la variance de l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées de tomate selon les extraits végétaux aqueux fractionnés par le test Anova.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
E.F.EA.Lav.I.hyp	6	593,9	98,99	2,57	0,020
E.F.EA.Lav.I.Rac	6	288,5	48,08	1,45	0,195
E.F.EA.Card.I.hyp	6	145,5	24,25	0,59	0,736
E.F.EA.Card.I.Rac	6	1247	207,88	6,74	0,000
E.F.EA.Mar.I.hyp	6	127,9	1,32	0,56	0,759
E.F.EA.Mar.I.Rac	6	182,1	30,36	0,90	0,493
E.F.EA.Ox.I.hyp	6	124,4	20,73	0,59	0,737
E.F.EA.Ox.I.Rac	6	453,2	75,53	1,86	0,090

*Mar : *Marrubiumvulgare*, , Card:*Cynaracardunculus*, OX: *Oxalis pescaprae*, Lav: *lavandula stoechas*,
E.F.EA: Extraitfractionné de l'extraitaqueux, I: inhibitiond'elongation, hyp: hypocotyles ,Rac: racine

Les extraits à base de *lavandula stoechas* fractionné par les different solvants ont tous montré une élongation des hypocotyles supérieure à celle enregistrée par l'extrait aqueux mais, elle demeure similaire à ce dernier en ce qui concerne les raciness (Tab15, Figure32).

Par ailleurs, les extraits à base de *Cynaracardunculus* fractionnés ont montré une élongation semblable à celle enregistrée par l'extrait aqueux pour les hypocotyles et les racines mais, celle des épicytyle semble supérieure à celle enregistrée par l'extrait fractionné par l'acétone (Tab15, Figure32).

Les extraits préparés à base de *Marrubium vulgare* et *Oxalis pes caprae* fractionnés ont tous enregistré une elongation similaire à celle des extraits aqueux que ce soit pour les hypocotyles et les raciness (Tab15, Figure32).

Dans l'ensemble, aucun extrait végétal fractionné n'a pu confirmer un effet inhibiteur sur l'élongation des hypocotyles ni des raciness des germes de tomate (Tab15, Figure32).

Tab. 15: Classement des extraits végétaux aqueux fractionnés selon l'élongation des hypocotyles et des racines des graines germées de tomate par le test de Tukey.

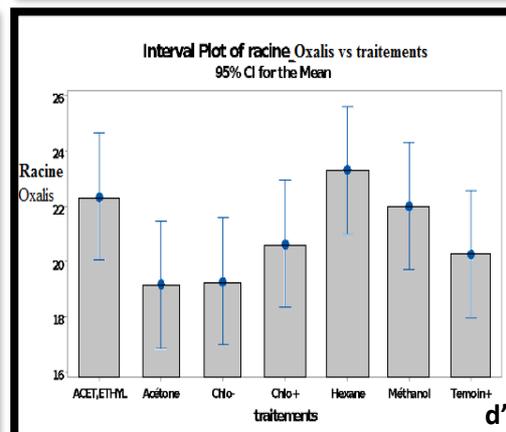
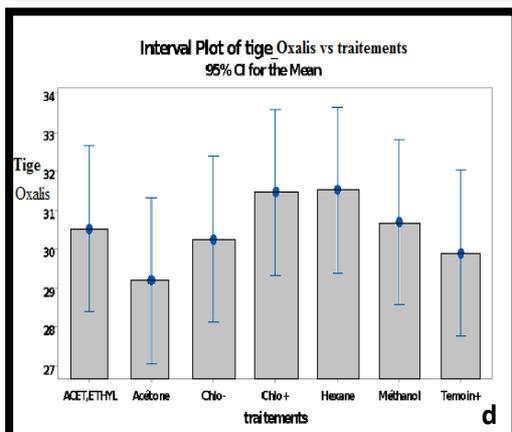
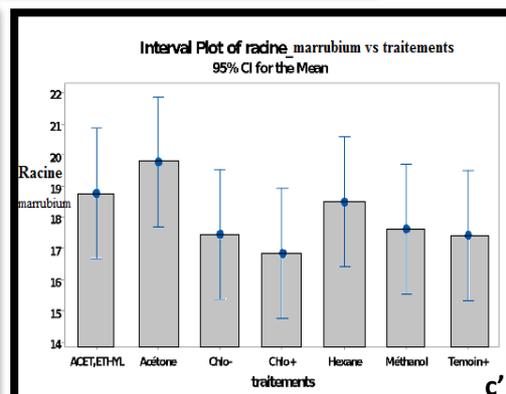
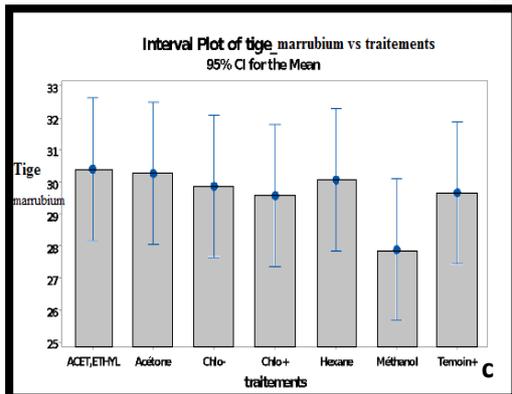
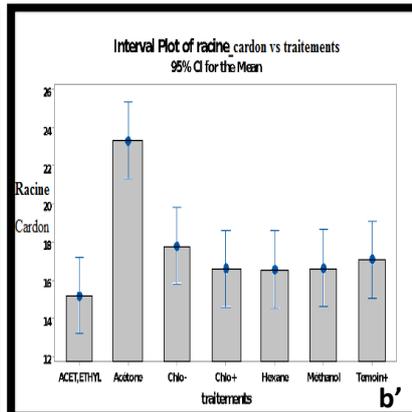
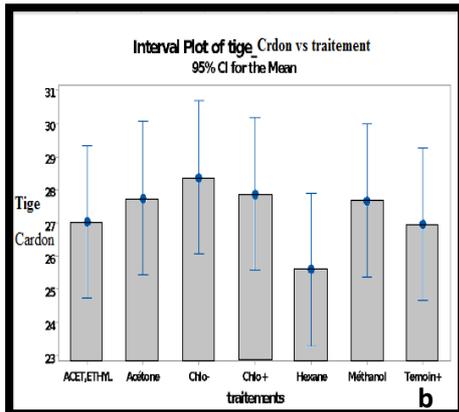
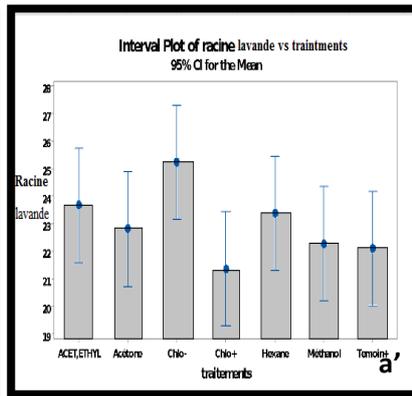
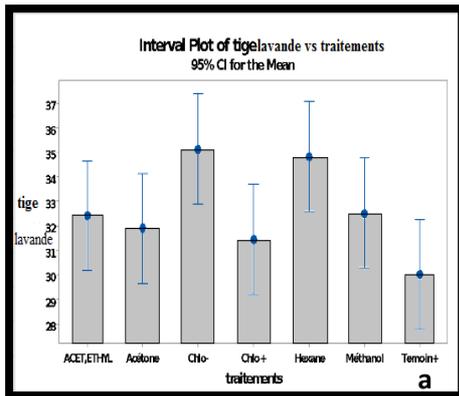
E.hyp.EA.F.Lav	N	Mean	Grouping
Chlo-	30	35,13	A
Hexane	30	34,83	A
Méthanol	30	32,53	A B
ACET,ETHYL	30	32,43	A B
Acétone	30	31,90	A B
Chlo+	30	31,47	A B
Temoin+	30	30,033	B
E.Rac.EA.F.Lav	N	Mean	Grouping
Chlo-	30	25,23	A
ACET,ETHYL	30	23,67	A
Hexane	30	23,37	A
Acétone	30	22,80	A
Méthanol	30	22,27	A
Temoin+	30	22,100	A
Chlo+	30	21,37	A
E.hyp.EA.F.Card	N	Mean	Grouping
Chlo-	30	28,37	A
Chlo+	30	27,87	A
Acétone	30	27,73	A
Méthanol	30	27,667	A
ACET,ETHYL	30	27,03	A
Temoin+	30	26,97	A
Hexane	30	25,60	A
E.Rac.EA.F.Card	N	Mean	Grouping
Acétone	30	23,30	A
Chlo-	30	17,800	B
Temoin+	30	17,07	B
Méthanol	30	16,633	B
Chlo+	30	16,60	B
Hexane	30	16,567	B
ACET,ETHYL	30	15,200	B
E.hyp.EA.F.Mar	N	Mean	Grouping
ACET,ETHYL	30	30,40	A
Acétone	30	30,27	A
Hexane	30	30,07	A
Chlo-	30	29,87	A

Temoin+	30	29,67	A
Chlo+	30	29,57	A
Méthanol	30	27,89	A
E.Rac.EA.F.Mar	N	Mean	Grouping
Acétone	30	19,800	A
ACET,ETHYL	30	18,77	A
Hexane	30	18,50	A
Méthanol	30	17,63	A
Chlo-	30	17,47	A
Temoin+	30	17,43	A
Chlo+	30	16,87	A

E.EA.F.hyp.Ox	N	Mean	Grouping
Hexane	30	31,533	A
Chlo+	30	31,47	A
Méthanol	30	30,70	A
ACET,ETHYL	30	30,53	A
Chlo-	30	30,27	A
Temoin+	30	29,90	A
Acétone	30	29,20	A

E.Rac.EA.F.Ox	N	Mean	Grouping
Hexane	30	23,30	A
ACET,ETHYL	30	22,33	A
Méthanol	30	22,00	A
Chlo+	30	20,63	A
Temoin+	30	20,27	A
Chlo-	30	19,27	A
Acétone	30	19,17	A

Mar : *Marrubiumvulgare*, Lav: *lavandula stoechas*, Card:*Cynaracardunculus*, OX: *Oxalis pescaprae*, T+: Témoinpositif,
EA: Extraitaireux, F: fractionné,E:élongation , hyp: hypocotyles, Rac: racine, Chlo+ : Chloroforme, Chlo- :
Chloroforme brut, ACET,ETHYL : acetate d'ethyle.



a: Extrait de *Lavandula stoechas* fractionné sur hypocotyles, b: Extrait de *Cynara cardunculus* fractionné sur hypocotyles, c: Extrait de *Marrubium vulgare* sur hypocotyles, d: Extrait fractionné *Oxalis-pes caprae* sur hypocotyles, a': Extrait de *lavandula stoechas* fractionné sur racine, b': Extrait de *Cynara cardunculus* fractionné

sur racine, c': Extrait de *Marrubium vulgare* sur racine, d':Extrait fractionné d'*Oxalis pes caprae* sur racine, ACT,ETH: Acetate d'éthyle, CHLO-: Chloroforme brut, CHLO+: Chloroforme, HEX: Hexane, T+: témoin positif.

Figure 32: Inhibition de l'élongation des hypocotyles et des racines des graines de tomate germées selon les solvants organiques utilisés lors du fractionnement des extraits végétaux aqueux.

3.1.3. Effet des extraits végétaux fractionnés par solvants sur les plantules de tomate

Les extraits végétaux aqueux et ceux fractionnés par les différents solvants organiques ont également montré une variabilité sur l'inhibition de la croissance des plantules de tomate par absorption (Tab 16).

En effet, les extraits à base de *Lavandula stoechas* aqueux et fractionnés par l'hexane ont montré une inhibition complète de la croissance des plantules (100%).

Il est également important de signaler un autre pouvoir inhibiteur assez modéré sous l'effet d'absorption des extraits fractionnés tels que ceux préparés à partir d'*Oxalis pes caprae* fractionné par le chloroforme et l'acétate d'éthyle (66%), celui à base de Mar fractionné par l'hexane (66%) et celui à base de *Cynara cardunculus* fractionné par le méthanol (66%) (Tab. 16).

Par ailleurs, le flétrissement a été également noté sur quelques plantules de tomate sous l'effet d'absorption des extraits végétaux aqueux et fractionnés à potentiel inhibiteur de croissance (Figure 33).

Tab. 16: Pouvoir inhibiteur des extraits végétaux fractionnés par les solvants sur la croissance des plantules de tomate par absorption

IC.FE(%)	<i>Oxalis pes caprae</i>	<i>Marrubium vulgare</i>	<i>Cynara cardunculus</i>	<i>Lavandula stoechas</i>
Témoin-	-	-	-	-
Extrait brute	33	33	33	100
Hexane	-	66	33	100
Acétate d'éthyle	66	33	-	33
Acétone	-	33	-	-
Méthanol	33	33	66	33
Chloroforme brut	33	33	-	-
Chloroforme	66	33	-	33

*- : absence de symptômes d'inhibition de croissance

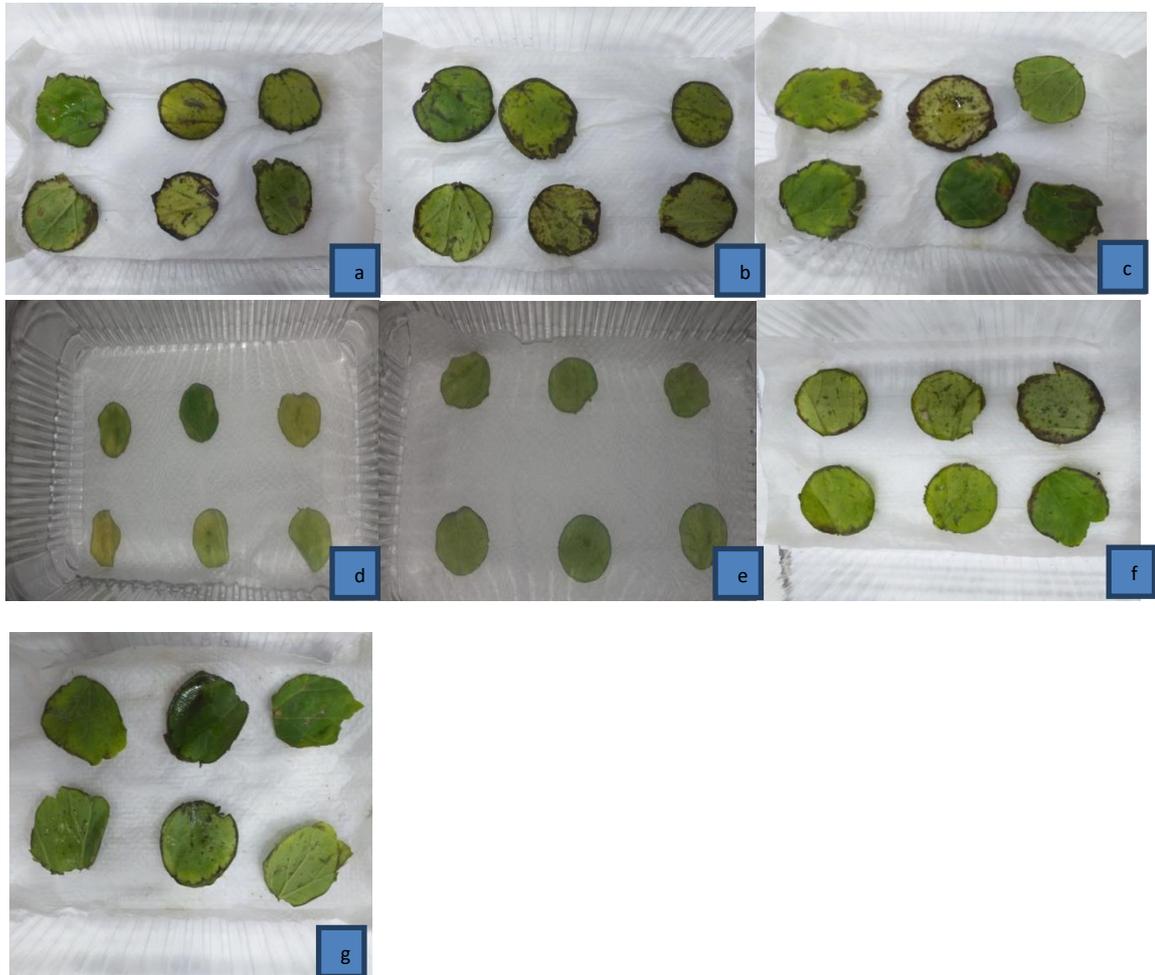


a :FE *Oxalis pes caprae* acétone, b : FE *Oxalis pes caprae* chloroforme g : FE *Marrubium vulgare* hexane.h: *Marrubium vulgare* méthanol. e : FE *Cynaracardunculus* hexane.f : FE *Cynaracardunculus* méthanolc: FE de *Lavandulastoechas* hexane d:FE de *Lavandulastoechas* chloroforme, FE : extrait fractionné

Figure33: Développement des symptômes de flétrissement sous l'effet de l'absorption des extraits aqueux végétaux fractionnés par solvants sur les plantules de tomate.

3.1.4. Pouvoir herbicide des extraits végétaux selon la méthode de contact direct

L'application directe de différents extraits végétaux tels que, aqueux, fractionnés par les différents solvants organiques, chloroformiques et/ ou éthanoliques sur les disques foliaires de *Pelargonium* sp. n'a montré aucun symptôme révélant la toxicité et confirmant l'activité herbicide (Figure 34).



A:EE d'*Arisarum vulgare* b : EC d'*Oxalis pes-caprae* C : EC d'*Urtica dioica*
d: EF de *Cynara cardunculus* acétone e : EF de *Lavandula stoechas* chloroforme F :EF de *Cynara cardunculus* chloroforme G : EF de *Marrubium vulgare* acétone

Figure34 :Réponse foliaire du *Pelargonium* sp. à l'effet des extraits végétaux testés selon la méthode de contact direct.

3.2. Discussion :

Parmi les travaux portés sur l'activité herbicide des extraits végétaux. Nos extraits végétaux testés *in vitro* ont montré des taux d'inhibition importants sur la germination (81%) qui coïncident avec le potentiel inhibiteur enregistré par l'extrait préparé à base de *Marrubium vulgare* (96%) confirmé par Dalali et al. (2017) sur la germination de *Sinapis avensis*.

Récemment, Benkaab et al. (2020) a évalué le pouvoir herbicide *in vitro* de l'extrait à base de *Cynara cardunculus* par des taux d'inhibition très importants sur l'élongation des hypocotyles (96%) et des racines de lentilles (73%). Il en ressort également un effet inhibiteur intéressant (60%) du même extrait végétal par absorption après le 5ème jour de la fraction phytotoxique à partir des plantules de *Trifolium incarnatum*. Ces résultats concordent avec le pouvoir inhibiteur de nos extraits préparés à base de la même plante.

Par ailleurs, Haig et al. (2009) dans leur étude sur l'effet phytotoxique des extraits de plusieurs espèces de lavande sur la croissance de *Polium rigidum*, le potentiel herbicide n'a été enregistré que pour l'extrait préparé à partir de *Lavandula stoechas*. Il s'est traduit par l'inhibition de l'élongation des racines (70%), contrairement aux résultats de notre étude où les extraits préparés à base de la même plante n'ont pas montré d'effet inhibiteur sur l'élongation des hypocotyles ni des racines.

Dans le même contexte, Qasem et al. (2020) ont étudié l'activité herbicide des extraits de *Malva sylvestris* sur la germination du blé et de l'orge. Les résultats obtenus ont révélé un potentiel inhibiteur de cet extrait végétal traduit par des taux d'inhibition très importants sur l'ensemble des paramètres de croissance de l'orge (90%), concordant nos résultats sur l'inhibition de la germination de l'orge (80%).

Il est également important de signaler l'effet stimulant induit par les extraits préparés à base d'ortie sur la germination des graines et l'élongation des hypocotyles. Les extraits préparés à partir de cette plante peuvent être recommandés pour les agriculteurs pour augmenter et faciliter la germination des semences.

CONCLUSION

Conclusion :

Cette présente étude vise la recherche des biomolécules à activité herbicide de quelques plantes spontanées. Elle repose essentiellement sur la préparation de différents extraits végétaux et l'évaluation *in vitro* de leur effet inhibiteur sur la germination des graines et la croissance des plantules selon différentes méthodes.

A cet effet, trois types d'extrait végétaux ont été préparés selon les plantes spontanées étudiées. Des extraits chloroformiques et éthanoliques ont été préparés à partir de *Malva sylvestris*, *Anacyclus clavatus*, *Arisarum vulgare*, *Urtica dioïca*, *Cynara cardunculus* et *Oxalis pes caprae*.

Les extraits aqueux ont été préparés à partir de *Marrubium vulgare*, *Cynara cardunculus*, *Oxalis pes caprae* et *Lavandula stoechas* puis fractionnés par les solvants tels que: Hexane, acétate d'éthyle, acétone, méthanol, chloroforme brut et chloroforme à 96%.

L'activité herbicide a été étudiée *in vitro* pour chacun des extraits préparés et selon les méthodes suivantes :

- Inhibition de la germination des grains de tomate, d'orge et de lentilles sous l'effet des extraits végétaux chloroformiques et éthanoliques alors que les extraits végétaux aqueux et fractionnés ont été testés sur l'orge seulement,

- Inhibition de l'élongation des épicotyles et des racines des grains germés de tomate, orge et lentilles sous l'effet des extraits végétaux chloroformiques et éthanoliques alors que les extraits aqueux fractionnés ont été testés sur les grains d'orge,

- Inhibition de la croissance des plantules de tomate et de courgette sous l'effet des extraits végétaux chloroformiques et éthanoliques mais, les plantules seulement de tomate sous l'effet des extraits aqueux fractionnés,

- Activité herbicide de l'ensemble des extraits végétaux préparés sur les disques foliaires sains de *Pelargonium* sp selon la méthode de contact direct.

Les résultats obtenus représentent une première plate forme dans la recherche des bioherbicides à base des plantes spontanées valorisées dans notre étude. Il en ressort certains extraits végétaux performants sur la germination des graines des espèces végétales étudiées et sur la croissance des plantules.

Une importante inhibition de la germination a été révélée par les extraits chloroformiques à base d'*Urtica dioïca* sur les graines d'orge(73,3%) et sur celles des lentilles(83,3%).

Elle a été également enregistrée sous l'effet des fractions acétonique de l'extrait aqueux d'*Oxalis pes caprae*, méthanolique de *Cynara cardunculus*, et acétonique de *Marrubium*

vulgare mais, les plus importants taux d'inhibition (93,33%) ont été révélés sous l'effet des fractions acétoniques de l'extrait aqueux d' *Oxalis pes caprae*.

Par ailleurs, les extraits végétaux chloroformiques à base de *Malva sylvestris* et *Oxalis pes caprae* s'avèrent les plus inhibiteurs de l'élongation des hypocotyles et des racines des grains germées de tomate, d'orge et de lentilles.

Les extraits végétaux éthanoliques ayant présenté un haut pouvoir inhibiteur de l'élongation des graines germées de la tomate sont ceux préparés à base de *Malva sylvestris* (26mm), *Anacyclus clavatus* (24,63mm), *Arisarum vulgare* (24,47mm) mais, celui à base de *Cynara cardunculus* s'avère le plus réducteur de l'élongation sur tomate (16,233mm) et sur orge (70,93mm).

Les extraits éthanoliques à base d'*Urtica dioïca*, *Anacyclus clavatus*, *Arisarum vulgare* (19,63-17,23mm) et *Malva sylvestris* (16,03mm) ont confirmé leur pouvoir inhibiteur sur l'élongation des grains germées de lentilles mais, le pouvoir inhibiteur de l'extrait à base d'*Oxalis pes caprae* demeure plus important (12,07mm-19,70mm).

Dans l'ensemble, aucun extrait végétal fractionné n'a pu confirmer un effet inhibiteur sur l'élongation des hypocotyles ni des racines des germes de tomate.

Il est important de souligner que les plantules des espèces végétales soumises à l'absorption de l'ensemble des extraits végétaux étudiés ont tous présenté un flétrissement variable qui a évolué parfois en un noircissement et en un dessèchement foliaire. Une inhibition variable a affecté la croissance des plantules de tomate et de courgette selon la méthode d'absorption. Les extraits chloroformiques à base d'*Arisarum vulgare* et de *Cynara cardunculus* étaient plus inhibiteurs de la croissance des deux espèces de plantules. De même, le pouvoir inhibiteur des extraits éthanoliques semble plus important sur la croissance des plantules de courgette que sur la tomate en particulier ceux préparés à base de *Malva sylvestris* et d'*Oxalis pes caprae* (100%).

Les extraits à base de *lavandula stoechas* aqueux et fractionnés par l'hexane ont montré aussi une inhibition complète (100%).

En revanche, le contact direct des extraits végétaux chloroformiques, éthanoliques, aqueux et ceux fractionnés par les différents solvants organiques, sur les disques foliaires de *Pelargonium* sp. n'a pas révélé de symptômes de toxicité. Ce qui confirme, l'absence de leur pouvoir herbicide par la méthode de contact direct.

Plusieurs portes s'ouvrent à la recherche:

- Il est souhaitable de poursuivre l'étude de l'activité des extraits performants *in vivo*, sur les adventices à différentes périodes de l'année,
- Il serait important aussi de tester les extraits les plus efficaces sur les adventices présentes dans les cultures,
- Il serait intéressant d'analyser les extraits végétaux ayant montré un potentiel herbicide sur la germination et la croissance des plantules, séparer les molécules et les retester pour identifier les principes actifs en vue de formuler des bioherbicides,
- Il serait souhaitable de valoriser d'autres plantes pour la recherche de nouvelles biomolécules herbicides à large spectre d'action pour une agriculture durable.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques:

1. ABDELKRIM, H. 1995. *Contribution à la connaissance des groupements de mauvaises herbes des cultures du secteur algérois: approches syntaxonomique et agronomique*. Paris 11.
2. ADEUX, G., GIULIANO, S., CORDEAU, S., SAVOIE, J.-M. & ALLETTA, L. 2017. Low-input maize-based cropping systems implementing IWM match conventional maize monoculture productivity and weed control. *Agriculture*, 7, 74.
3. ALDRICH, R. J. 1984. *Weed-crop ecology: principles in weed management*, Breton publishers.
4. ANDANSON, A. 2010. *Evolution de l'agressivité des champignons phytopathogènes, couplage des approches théorique et empirique*. Université de Nancy I.
5. BAILEY, K. L. 2014. The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens. *Integrated Pest Management*. Elsevier.
6. BAILLY, A., RAFFESTIN, C. & REYMOND, H. 1980. Les concepts du paysage: problématique et représentations. *L'espace Géographique*, 277-286.
7. BAJWA, K. S., SHAHID, A. A., RAO, A. Q., BASHIR, A., AFTAB, A. & HUSNAIN, T. 2015. Stable transformation and expression of GhEXPA8 fiber expansin gene to improve fiber length and micronaire value in cotton. *Frontiers in plant science*, 6, 838.
8. BELHATTAB, R., LAROUS, L., FIGUEIREDO, A. C., SANTOS, P. A., COSTA, M. M., BARROSO, J. G. & PEDRO, L. G. 2006. Essential oil composition and glandular trichomes of *Marrubium vulgare* L. growing wild in Algeria. *Journal of Essential Oil Research*, 18, 369-373.
9. BELOUED, A. 2005. *Plantes médicinales d'Algérie*, Offices des publications universitaires.
10. BEN KAAB, S., LINS, L., HANAFI, M., BETTAIEB REBEY, I., DELEU, M., FAUCONNIER, M.-L., KSOURI, R., JIJAKLI, M. H. & DE CLERCK, C. 2020. *Cynara cardunculus* crude extract as a powerful natural herbicide and insight into the mode of action of its bioactive molecules. *Biomolecules*, 10, 209.
11. BOND, W. & GRUNDY, A. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed research*, 41, 383-405.

12. BONIN, J., ROBERT, M. & ROUTIER, M. 2014. Selective and efficient photocatalytic CO₂ reduction to CO using visible light and an iron-based homogeneous catalyst. *Journal of the American Chemical Society*, 136, 16768-16771.
13. BRUNETON, J. 1999. *Toxic plants dangerous to humans and animals*, Intercept Limited.
14. BUBEL, N. 1988. Nine steps to perfect seedlings. *Rodale's organic gardening (USA)*.
15. CARLSEN, S. C., PEDERSEN, H. A., SPLIID, N. H. & FOMSGAARD, I. S. 2012. Fate in soil of flavonoids released from white clover (*Trifolium repens* L.). *Applied and Environmental Soil Science*, 2012.
16. CATTANEO, A. 2009. Réflexion sur les climats et les zones face à l'expansion des XVe et XVIe siècles,". *Le Monde des cartes*, 199, 7-21.
17. CAUSSANEL, C., THIBAUD, J., DIA, A. & OULD BOURAYA, I. 1996. Premières données sur l'entomofaune littorale dunaire et premières indications sur la microfaune interstitielle des sables. Compte-rendu de mission en Mauritanie (avril-mai 1995).
18. CHAUVEL, B., VIEREN, E., FUMANAL, B. & BRETAGNOLLE, F. Possibilité de dissémination d'*Ambrosia artemisiifolia* L. via les semences de tournesol. XIIème colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, Dijon, 2004. 445-452.
19. CHEYNIER, V., COMTE, G., DAVIES, K. M., LATTANZIO, V. & MARTENS, S. 2013. Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant physiology and biochemistry*, 72, 1-20.
20. CHEYNIER, V., DUENAS-PATON, M., SALAS, E., MAURY, C., SOUQUET, J.-M., SARNI-MANCHADO, P. & FULCRAND, H. 2006. Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57, 298-305.
21. CHIAPUSIO, G., GALLET, C., DOBREMEZ, J. & PELLISSIER, F. 2005. Allelochemicals: tomorrow's herbicides? *Biopesticides of plant origin*, 139-155.
22. CHU, C. & KEMPER, K. 2001. Lavender (*Lavandula* spp). The Longwood Herbal Task Force. *Center for Holistic Pediatric Education and Research*.
23. DALLALI, S., ROUZ, S., AICHI, H. & BEN HASSINE, H. 2017. Phenolic content and allelopathic potential of leaves and rhizosphere soil aqueous extracts of white horehound (*Maribum vulgare* L.). *Journal of New Sciences*, 39, 2106-2120.
24. DANGLES, O. & BROUILLARD, R. 1992. A spectroscopic method based on the anthocyanin copigmentation interaction and applied to the quantitative study of

- molecular complexes. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2*, 247-257.
25. DE L'ANSES, A. 2013. Rapport d'expertise collective. *Evaluation du bénéfice sanitaire attend de dispositifs respiratoires dits anti-pollution. Saisine*, 0218.
 26. DIETZ, K.-J. & HERTH, S. 2011. Plant nanotoxicology. *Trends in plant science*, 16, 582-589.
 27. DINELLI, G., CARRETERO, A. S., DI SILVESTRO, R., MAROTTI, I., FU, S., BENEDETTELLI, S., GHISELLI, L. & GUTIÉRREZ, A. F. 2009. Determination of phenolic compounds in modern and old varieties of durum wheat using liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1216, 7229-7240.
 28. DJELLAL, R., SAKER, A., BOUZABATA, B. & MEKKI, D. 2017. Thermal stability and phase decomposition of nitrated layers on 316L and 310 austenitic stainless steels. *Surface and Coatings Technology*, 325, 533-538.
 29. ELLSTRAND, N. C., HEREDIA, S. M., LEAK-GARCIA, J. A., HERATY, J. M., BURGER, J. C., YAO, L., NOHZADEH-MALAKSHAH, S. & RIDLEY, C. E. 2010. Crops gone wild: evolution of weeds and invasives from domesticated ancestors. *Evolutionary applications*, 3, 494-504.
 30. EPIFANO, F., GENOVESE, S., MENGHINI, L. & CURINI, M. 2007. Chemistry and pharmacology of oxyprenylated secondary plant metabolites. *Phytochemistry*, 68, 939-953.
 31. FAHAD, S., HUSSAIN, S., SAUD, S., TANVEER, M., BAJWA, A. A., HASSAN, S., SHAH, A. N., ULLAH, A., WU, C. & KHAN, F. A. 2015. A biochar application protects rice pollen from high-temperature stress. *Plant physiology and biochemistry*, 96, 281-287.
 32. FENNI, M. 1991. *Contribution à l'étude des groupements messicoles des Hautes Plaines Sétifiennes*. Thèse de Mag. Univ., Ferhat Abbas, Sétif (1991) 142 pp.
 33. FESTY, D. & DUPIN, C. 2012. *Les huiles essentielles*, Leduc. s.
 34. FICKETT, N. D., BOERBOOM, C. M. & STOLTENBERG, D. E. 2013. Predicted corn yield loss due to weed competition prior to postemergence herbicide application on Wisconsin farms. *Weed Technology*, 27, 54-62.
 35. GIRAY, E. S., KIRICI, S., KAYA, D. A., TÜRK, M., SÖNMEZ, Ö. & INAN, M. 2008. Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional

- extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta*, 74, 930-935.
36. GLARE, T., CARADUS, J., GELERNTER, W., JACKSON, T., KEYHANI, N., KÖHL, J., MARRONE, P., MORIN, L. & STEWART, A. 2012. Have biopesticides come of age? *Trends in biotechnology*, 30, 250-258.
 37. GOSTIN, A.-I. & WAISUNDARA, V. Y. 2019. Edible flowers as functional food: A review on artichoke (*Cynara cardunculus* L.). *Trends in food science & technology*, 86, 381-391.
 38. GREUTER, F., STRATHY, I., PLUMMER, E. & EBERHARDT, W. 1986. Photoemission from H adsorbed on Ni (111) and Pd (111) surfaces. *Physical Review B*, 33, 736.
 39. HAGERMAN, A. E., RIEDL, K. M., JONES, G. A., SOVIK, K. N., RITCHARD, N. T., HARTZFELD, P. W. & RIECHEL, T. L. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 1887-1892.
 40. HAIG, T. 2008. Allelochemicals in plants. *Allelopathy in sustainable agriculture and forestry*. Springer.
 41. HAMMERMEISTER, A., ASTATKIE, T., JELIAZKOVA, E., WARMAN, P. & MARTIN, R. 2006. Nutrient supply from organic amendments applied to unvegetated soil, lettuce and orchardgrass. *Canadian Journal of Soil Science*, 86, 21-33.
 42. HARKAS N ET HEMMAM D., 1997. Essais de synthèse des stades phréologiques des
 43. adventices des cultures, blé dur (*Triticum durum*), pois chiche (*Cicer arietinum*) dans la
 44. station de l'ITGC d'Oued Smar. El Harrach. Mémoire Ing. INA. El Harrach, 65p.
 45. HE, W., SENGUPTA, M., VELKOFF, V. A. & DEBARROS, K. A. 2005. *65+ in the United States: 2005*, Citeseer.
 46. JORDAN, M. A., TOSO, R. J., THROWER, D. & WILSON, L. 1993. Mechanism of mitotic block and inhibition of cell proliferation by taxol at low concentrations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90, 9552-9556.
 47. KATO-NOGUCHI, H. 2011. Barnyard grass-induced rice allelopathy and momilactone B. *Journal of Plant Physiology*, 168, 1016-1020.
 48. KIEWNICK, S. 2007. Practicalities of developing and registering microbial biological control agents. *CAB Rev*, 2, 1-11.

49. KLAIC, R., KUHN, R. C., FOLETTTO, E. L., DAL PRÁ, V., JACQUES, R. J., GUEDES, J. V., TREICHEL, H., MOSSI, A. J., OLIVEIRA, D. & OLIVEIRA, J. V. 2015. An overview regarding bioherbicide and their production methods by fermentation. *Fungal Biomolecules. 1ed.: John Wiley & Sons, Ltda*, 183-199.
50. KSOURI, R., KSOURI, W. M., JALLALI, I., DEBEZ, A., MAGNÉ, C., HIROKO, I. & ABDELLEY, C. 2012. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Critical reviews in biotechnology*, 32, 289-326.
51. LAOUBI, K. & YAMAO, M. 2009. A typology of irrigated farms as a tool for sustainable agricultural development in irrigation schemes: The case of the East Mitidja scheme, Algeria. *International Journal of Social Economics*.
52. LONGCHAMP, R. 1977. SEUILS DE NUISIBILITE DES MAUVAISES HERBES. I. NUISIBILITE DES MAUVAISES HERBES (GENERALITES). II. NUISIBILITE DIRECTE.
53. MACHEIX, J.-J., FLEURIET, A. & JAY-ALLEMAND, C. 2005. *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*, PPUR presses polytechniques.
54. MAHESWARI, S. & RAMESH, A. 2019. Fate and persistence of herbicide residues in India. *Herbicide Residue Research in India*. Springer.
55. MAILLET, J. & GUILLERM, J. Weed invasions in rice in the Camargue. IXe Colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, 16-18 September 1992, Dijon, France., 1992. ANPP, 239-248.
56. MASTHAN, S., HUSSAIN, M. & RAJA, V. 1989. PRODUCTIVITY AND ECONOMICS OF RICE AS AFFECTED BY RATIONALIZATION OF PLANT-POPULATION, FERTILIZERS AND WEED-CONTROL PRACTICES IN FARMERS FIELDS OF ANDHRA-PRADESH. INDIAN SOC AGRONOMY INDIAN AGR RES INST DIV AGRONOMY, NEW DELHI 110012, INDIA.
57. MCCULLY, J. D., WAKIYAMA, H., HSIEH, Y.-J., JONES, M. & LEVITSKY, S. 2004. Differential contribution of necrosis and apoptosis in myocardial ischemia-reperfusion injury. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 286, H1923-H1935.
58. MEINERS, S. J., KONG, C.-H., LADWIG, L. M., PISULA, N. L. & LANG, K. A. 2012. Developing an ecological context for allelopathy. *Plant Ecology*, 213, 1221-1227.

59. MELANDER, E. 2005. Gender equality and intrastate armed conflict. *International Studies Quarterly*, 49, 695-714.
60. MILBERG, P. & HALLGREN, E. 2004. Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. *Field crops research*, 86, 199-209.
61. MORILLO, E. & VILLAVERDE, J. 2017. Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils. *Science of the Total Environment*, 586, 576-597.
62. MULLER-SCHARER, H., SCHEEPENS, P. & GREAVES, M. 2000. Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *WEED RESEARCH-OXFORD-*, 40, 83-98.
63. NARWAL, S. S. 2012. *Allelopathy in crop production*, Scientific publishers.
64. OBONE, C. 2005. *The systematic significance of the fruit and seed morphology and anatomy in selected Oxalis L.(Oxalidaceae) species*. Stellenbosch: University of Stellenbosch.
65. OLOFSDOTTER, M. 2001. Rice—a step toward use of allelopathy. *Agronomy Journal*, 93, 3-8.
66. POSE-JUAN, E., IGUAL, J. M., SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J. & RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S. 2017. Influence of herbicide triasulfuron on soil microbial community in an unamended soil and a soil amended with organic residues. *Frontiers in microbiology*, 8, 378.
67. POTTIER-ALAPETITE, G. 1981. *Flore de la Tunisie: angiospermes-dicotylédones. Gamopétales*, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique et le
68. POUSSET, J., FARELLA, I., GAMBINO, S. & COLA, A. 2016. Subgap time of flight: A spectroscopic study of deep levels in semi-insulating CdTe: Cl. *Journal of Applied Physics*, 119, 105701.
69. RADOSEVICH, S. R., HOLT, J. S. & GHERSA, C. M. 2007. *Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management*, John Wiley & Sons.
70. RANDALL, J. E., IDA, H., KATO, K., PYLE, R. & EARLE, J. 1997. Annotated checklist of the inshore fishes of the Ogasawara Islands.
71. RAVEN, J. 2003. Raven progressive matrices. *Handbook of nonverbal assessment*. Springer.
72. RICE, J. 1984. Bandwidth choice for nonparametric regression. *The Annals of Statistics*, 1215-1230.

73. RUIZ-RODRÍGUEZ, B.-M., MORALES, P., FERNÁNDEZ-RUIZ, V., SÁNCHEZ-MATA, M.-C., CAMARA, M., DÍEZ-MARQUÉS, C., PARDO-DE-SANTAYANA, M., MOLINA, M. & TARDÍO, J. 2011. Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data. *Food Research International*, 44, 1244-1253.
74. SOGHERS D., VERTHE K., REHEUL D. (2003). Effet des applications herbicides à long terme
75. sur la structure et la fonction de la communauté bactérienne dans un sol agricole.
76. FEMS Microbiol.Ecol., 46:139-146.
77. STÖCKIGT, J., SHELUDKO, Y., UNGER, M., GERASIMENKO, I., WARZECHA, H. & STÖCKIGT, D. 2002. High-performance liquid chromatographic, capillary electrophoretic and capillary electrophoretic–electrospray ionisation mass spectrometric analysis of selected alkaloid groups. *Journal of Chromatography A*, 967, 85-113.
78. TERZI, I. 2008. Allelopathic effects of Juglone and decomposed walnut leaf juice on muskmelon and cucumber seed germination and seedling growth. *African Journal of Biotechnology*, 7.
79. THIBAUT, R. & PORTE, C. 2004. Effects of endocrine disrupters on sex steroid synthesis and metabolism pathways in fish. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 92, 485-494.
80. TSCHUY, F. & WIRTH, J. 2015. Situation actuelle des résistances aux herbicides en Suisse. *Recherche agronomique suisse*, 516.
81. UGURLU, U., OKSUZ, I. & TAS, O. 2018. Electricity price forecasting using recurrent neural networks. *Energies*, 11, 1255.
82. VILLAVERDE, J., RUBIO-BELLIDO, M., MERCHÁN, F. & MORILLO, E. 2017. Bioremediation of diuron contaminated soils by a novel degrading microbial consortium. *Journal of environmental management*, 188, 379-386.
83. VINCKEN, J.-P., HENG, L., DE GROOT, A. & GRUPPEN, H. 2007. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry*, 68, 275-297.
84. WANG, Q., WEN, Z. & LI, J. 2006. A hybrid supercapacitor fabricated with a carbon nanotube cathode and a TiO₂-B nanowire anode. *Advanced Functional Materials*, 16, 2141-2146.
85. WARREN, P. 2006. The evolution of the sanatorium: the first half-century, 1854–1904. *Canadian Bulletin of Medical History*, 23, 457-476.

86. ZENK, M. H. & JUENGER, M. 2007. Evolution and current status of the phytochemistry of nitrogenous compounds. *Phytochemistry*, 68, 2757-2772.
87. ZHANG, W.-X. 2003. Nanoscale iron particles for environmental remediation: an overview. *Journal of nanoparticle Research*, 5, 323-332.
88. ZHANG, Z., YI, D., ZHANG, M., WEI, J., LU, J., YANG, L., WANG, J., HAO, N., PAN, X. & ZHANG, S. 2020. Photocatalytic intramolecular [2+ 2] cycloaddition of indole derivatives via energy transfer: A method for late-stage skeletal transformation. *ACS Catalysis*, 10, 10149-10156.
89. ZIMDAHL, R. L. 2018. Agriculture's moral dilemmas and the need for Agroecology. *Agronomy*, 8, 116.

