

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

CENTRE UNIVERSITAIRE DE GHARDAIA



INSTITUT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

PROJET DE FIN D'ETUDES

**En vue de l'obtention du diplôme de Licence académique en Ecologie
Végétale**

Thème

**Contribution à l'étude de l'effet inhibiteur de la germination des
graines d'Orge traitées par l'extrait aqueux de *Peganum harmala*
L. (*Zygophyllaceae*)**

Encadré par :

- **KEMASSI Abdellah**

présenté par :

- **GACHOUCHE Khadidja**
- **FETTATA Sara**

Examiné par :

- **BEN KHERARA Salah**

Co-encadreur :

- **BENDEKKEN Naima**

JUIN 2012

Dédicace

❖ A mes parents tous les deux êtres les plus chers dans le monde pour leurs soutien, encouragements, tendresse et les sacrifices depuis ma naissance et leurs patience pendant mes années d'études, qui n'ont d'égal que le témoignage de ma profonde reconnaissance; que Dieu leurs accorde une longue vie.

❖ A mes grandes familles GACHOUCHE, EL FATMI, BELLAKHAL et BENSABA

❖ A ma chère binôme, SARA et toute sa famille.

❖ A mes chères amies surtout: B. Maroua, H. Ikram, B. Meriem, L. Imane, B. Sohila, B. Amina .

❖ A tous les étudiants de 3ème Année SNV agronomie ; Ecologie et Biochimie.

Je dédie ce travail.

Khadija

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions ALLAH, le tout puissant, pour nos avoir donné la force, le courage et la patience afin réaliser ce travail.

Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements et notre vive connaissance à M.KEMASSI Abdellah (Maitre-Assistant à l'institut Des Sciences de la Nature et de la Vie Centre Universitaire de Ghardaïa) pour avoir accepté d'encadrer et diriger ce travail avec une grande rigueur Scientifique, et avec sa disponibilité et ses conseils fructueux.

Nous tenons à exprimer également notre profonde reconnaissance à M.BEN KHERARA Salah (Maitre-Assistant à l'institut de Sciences de la Nature et de la Vie Centre Universitaire de Ghardaïa) d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Merci à M.BEN BRAHIME Fouzi (Maitre-Assistant à l'institut de Sciences de la Nature et de la Vie Centre Universitaire de Ghardaïa) pour leur aide.

En fin, nous tenons également à adresser nos vifs remerciements aux Monsieur le professeur HALLILAT Mohamed Taher(Directeur du Centre Universitaire de Ghardaïa), et tous les enseignants de département de Sciences de la Nature et de la Vie, qu'ils nous suivent durant nous études.

Et à tous qu'ils nous sont aidés de près ou loin trouverons ici notre remerciement.

Dédicace

❑ Aux être les plus chères dans le monde, ma mère et mon père pour tout leurs tendresses, sacrifices et encouragements consentis à mon éducation et à ma formation et qui n'ont d'égal que le témoignage de ma profonde reconnaissance, que Dieu leurs accorde une longue vie.

❑ A mes chères sœurs et frères chacun à son nom .

❑ A ma grande famille: FETTATA et BEN
HAMMADI

❑ A mon fiancé : SALIM et sa famille.

❑ A ma chère binôme: KHADIDJA et
sa famille.

❑ A mes très chères amies: H. Ikram, B. Meriem, L.
Imane, B. Sohila, N. Oum kalthoum, F. Zineb

❑ A tous les étudiants de 3ème Année SNV agronomie ;
Ecologie et Biochimie.

Je dédie ce travail.

SARA

Liste des figures

<i>Figures</i>	<i>Titres</i>	<i>Pages</i>
1	Voies de libération des molécules allélopathiques	9
2	Interaction interspécifique entre plantes (mécanisme de compétition pour les ressources (en rouge) et allélopathie (bleu))	10
3	Interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (microorganismes inclus)	11
4	Schéma descriptif des lots expérimentaux	17
5	Taux de germination maximal observé chez les graines d'Orge témoins et traitées par l'extrait aqueux de <i>Peganum harmala</i> à différentes concentrations	21
6	Taux d'inhibition observé chez les graines d'orge témoins et traitées par l'extrait aqueux de <i>Peganum harmala</i> à différentes concentrations	23
7	Cinétique de la germination des graines d'Orge témoins et traitées par l'extrait foliaire aqueux à différentes concentrations de <i>Peganum harmala</i>	24

Liste des Photos

<i>Photos</i>	<i>Titres</i>	<i>Pages</i>
1	Plante utilisée pour la préparation de l'extrait végétale.	15
2	Boites de pétri	15
3	Papier filtre	15
4	Éprouvette graduée	15
5	Eau distillée et Béchers	16
6	Entonnoir et Flacon en verre	16
7	extrait aqueux de <i>Peganum harmala</i> L	18
8	Les différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>Peganum harmala</i> L	18

RÉSUMÉS

التلخيص

لكي نثبت ظاهرة التسمم النباتي و الذي يعتبر هو السبب في هذه الإشكالية ، قمنا بدراسة تأثير المحلول المائي للحرمل (الذي أخذناه من غرداية) على بذور الشعير عن طريق قياس نسبة البذور المنتشة ، و كذا تطورها و نموها . ولهذا الغرض إستعملنا طريقة الغرس في علب بيثري كطريقة تجريبية .

في الجانب التطبيقي ، قمنا بتجريب خمس تراكيز مختلفة (5% , 10% , 25% , 50% , 100%) من المحلول المائي لأوراق الحرمل على بذور الشعير ، لمعرفة تأثيرها على نمو بذور الشعير . الملاحظات والنتائج المحصل عليها أثبتت أن إضافة محلول الحرمل على بذور الشعير أثرت على نموها وذلك على حسب تراكيزها ، بينت هذه الدراسة أنه بالنسبة للتراكيز الضعيفة 5% , 10% , 25% فكانت النتائج على التوالي 40% , 66,67% , 75,56% . أما بالنسبة للتركيز 50% فالنمو كان ضعيفا 13,33% ، والتركيز 100% لم يتم إنباتش أية بذرة طوال مدة التجربة .

الكلمات الدالة : التسمم النباتي ، محلول ، الحرمل ، الإنباتش ، غرداية .

Résumé

Pour prouver le phénomène d'allélopathie, c'est pourquoi ce problème, nous avons étudié l'influence de la solution aqueux de *Peganum harmala* (qui pris de Ghardaïa) ; sur les graines d'Orge par des mesures expérimentales ainsi que la et le développement et la croissance. A cet effet, nous avons utilisé la méthode de plantation dans des lots expérimentale.

L'application de cinq concentrations différentes de l'extrait foliaire de *Peganum harmala* (100%, 50%, 25%, 10%, 5%) sur les graines d'Orge, a permet de mettre en exergue l'effet inhibiteur de la germination de ces extraits vis-à-vis de graines d'Orge.

Les résultats obtenus ont montré que l'application de l'extrait de *Peganum harmala* sur les graines d'Orge a affectée la germination et la croissance. L'étude montre que a faibles concentrations 25%, 10%, 5% les résultats de germination étaient respectivement de 40%, 66,67%, 75,56% , mais pour la concentration de 50% le taux de germination est faible 13,33 %, et la concentration de 100% aucune graine na pu germée.

Mots clés: Allélopathie, extrait, *Peganum harmala*, germination, Ghardaïa.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

Dédicace
Remerciement
Liste des figures
Liste des photos
Introduction

Chapitre I - Généralité sur le phénomène de l'allélopathie

I- Histoire d'allélopathie

II- Définition

III- Métabolites des plantes

- 1- Métabolites primaires
- 2- Métabolites secondaires
- 3- Fonction des métabolismes secondaires

IV- Interaction allélopathique entre plantes

- 1- Composés allélopathiques
- 2- Voies de libération des composés allélopathiques
- 3 - Sol, réservoir de composés allélopathiques

V- Interaction entre les plante

Chapitre II- Méthodologie du travail

1- Matériels utilisés

- 1.1-Matériels biologiques
 - 1.1.1- Plante utilisée pour l'extraction
 - 1-1-2-Peganum harmala L
- 1.2- Matériels utilisés

2- Méthodologie

- 2.1- Extraction des plantes
- 2.2- Constitution des lots expérimentaux
- 2.3-Tests biologiques
- 2.4- Exploitation des Résultats
 - 2.4.1- Taux maximal de germination (TG)
 - 2.4.2- Taux d'inhibition (TI)
 - 2.4.3- Analyses statistiques (analyse de la variance "ANOVA")

Chapitre III- Résultats et discussions

1- Taux maximal de germination (TG)

2- Taux d'inhibition (TI%)

3- Cinétique de la germination

Conclusion

Références Bibliographiques

INTRODUCTION

Introduction

Depuis les années 1960, l'allélopathie suscite l'attention des scientifiques pour son application en agriculture. L'allélopathie réfère à tout processus impliquant des métabolites secondaires produits par des plantes, microorganismes, virus et champignons qui influencent la germination, la croissance et le développement d'une plante avoisinante (NARWAL, 1999). Les toxines naturelles sont principalement relâchées durant la décomposition des résidus dans le sol et par exudation racinaire (KOHLI, 2003).

Les plantes présentes dans une parcelle cultivée interfèrent entre elles de différentes manières. Traditionnellement, cette interférence est attribuée principalement à des effets de compétition pour les ressources de l'environnement telles que l'eau, la lumière ou les substances nutritives. Depuis quelques années, un autre volet de cette interférence est postulé par certains chercheurs (DELABAYS, 2005). Dans le même ordre d'idées, RIZVI et RIWVI (1991) et DELABAYS (2004) soulignèrent que les phénomènes de concurrence entre végétaux se composent d'une part de la compétition pour les ressources du milieu et d'autre part de l'allélopathie (ou télétoxicité).

Actuellement, ces mécanismes sont bien différenciés et sont généralement regroupés sous le terme d'interférences négatives. Les effets de ces interactions dépendent des facteurs physiques environnementaux et de la combinaison entre la compétition pour les ressources, les composés allélopathiques émis dans l'environnement et les facteurs de facilitation (DELABAYS., 2004). Aujourd'hui, il s'est avéré que de nombreuses espèces végétales synthétisent des molécules capables d'inhiber la germination et le développement des plantes croissant dans leur voisinage. Ces mécanismes peuvent être interdépendants, il est donc difficile d'évaluer les effets de chaque mécanisme expérimentalement (CALLAWAY et al. 1991 et WEIDENHAMER et al. 1989 in DELABAYS., 2004).

Néanmoins, les résultats de plusieurs travaux récents plaident pour leur réalité, tant dans les milieux naturels que dans les écosystèmes agricoles et mettre en exergue les possibilités herbicides de certaines molécules allélopathiques (ANAYA, 1999 et KOHLI et al., 2001 in DELABAYS et MERMILLOD, 2002).

La présente étude comporte trois parties. Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique sur le phénomène de l'allélopathie, faisant ressortir les aspects historiques, mécanismes physiologiques et les composés chimiques impliqués dans ce phénomène. La présentation de l'espèce spontanée saharienne utilisée pour la préparation de l'extrait, la plante test ainsi que la méthodologie adoptée pour la partie expérimentale et expliqué dans le deuxième chapitre. Le troisième chapitre regroupe l'ensemble des résultats qui seront suivis d'une discussion et d'une conclusion générale qui est un ensemble de réflexions qui achève cette étude.

Chapitre I: GÉNÉRALITÉ SUR LE PHÉNOMÈNE DE L'ALLÉLOPATHIE

Chapitre I- Généralité sur le phénomène de l'allélopathie

Chez les végétaux, en dehors de l'effet direct sur les ressources du milieu (eau, sels minéraux, lumière, etc.), une plante peut affecter une autre en émettant dans son environnement physicochimique (eau, sol, atmosphère) des composés chimiques qui réduisent le métabolisme des autres espèces avoisinantes.

Des plantes produisent en effet toute une gamme de composés chimiques ayant comme rôle la réponse vis-à-vis de certains stressés biotiques et abiotiques. Si l'un de ces composés a un effet négatif sur les autres individus de même espèce ou bien d'une espèce différente, ce mécanisme de compétition, est appelé Allélopathie (VIARD-CRETAT, 2008).

I- Histoire d'allélopathie

En 1937, à la fin de sa vie, HANS MOLISH publie son dernier livre, consacré aux interactions chimiques entre plantes, largement illustrées par les effets de l'éthylène sur la maturation des fruits. A cette occasion, il propose d'utiliser le terme d'allelopathie pour décrire ce type de relations interspécifiques faisant appel à des médiateurs chimiques. En 1984, RICE pose les fondements de l'allelopathie « moderne » et la définit comme « un effet positif ou négatif, direct ou indirect, d'un végétal-micro-organisme inclus-sur un autre, par le biais de composés chimiques libérés dans l'environnement » cette définition prévaut aujourd'hui et illustre bien en quoi ce type d'interaction diffère du parasitisme et de la symbiose (où il y a contact direct entre les protagonistes) ainsi que de la compétition (dans laquelle une ressource commune et limitée est exploitée par les protagonistes). Des phénomènes allelopathiques ont pu être détectés à la fois dans des écosystèmes naturels ou soumis à la gestion humaine, et des applications pratiques commencent à voir le jour notamment pour les agrosystèmes (REGNAULT-ROGER et *al.*, 2008).

Dans les agro systèmes, trois catégories d'interaction peuvent se distinguer :

- ✓ L'inférence des mauvaises herbes sur le rendement des cultures (quelques centaines d'espèces de mauvaises herbes posséderaient un potentiel allélopathique à l'encontre d'espèces cultivées) ;
- ✓ L'effet allélopathique d'espèces cultivées sur d'autres espèces cultivées (les substances libérées par les résidus végétaux sont souvent impliqués dans le faible rendement de la culture suivante) ;
- ✓ Et les effets allélopathiques d'espèces cultivées sur les mauvaises herbes (interaction bénéfiques pour l'agriculture ou l'utilisation de ces espèces/ variétés diminuerait l'usage des herbicides).

En écologie, les études des interactions allélopathiques sont également développées dans certains écosystèmes. Elles apportent une meilleure compréhension du fonctionnement de ceux-ci en intégrant le rôle de ces substances chimiques dans les cycles biogéochimiques, les associations et les successions végétales (REGNAULT-ROGER et *al.*, 2008).

II- Définition

Le phénomène de l'allélopathie est défini comme « toute action directe ou indirecte, positive ou négative, d'une plante (micro-organismes inclus) sur une autre par le biais de composés chimiques libérés dans l'environnement » (RICE, 1984 ; GALLET et PELLISSIER, 2002).

Elle correspond à la capacité que possèdent certaines plantes à inhiber ou à bloquer la germination ou la croissance des autres plantes à leur voisinage, par l'émission de substances chimiques (BAIS et *al.*, 2004 ; LESUFFLEUR, 2007).

Les composés allélopathiques affectant les processus fondamentaux de la plante, soit la photosynthèse, la synthèse des protéines, la production de la chlorophylle, les relations plante-eau, la perméabilité membranaire, la division cellulaire, la germination et l'absorption de nutriments (EINHELLIG, 1986 cité par YAMANE et *al.*, 1992; FERGUSON et *al.*, 2003; NEWMAN MILLER, 1977). En outre, il est rapporté que les stress physiologiques et environnementaux peuvent moduler l'allélopathie, de ce fait, il joue un grand rôle dans l'établissement et le maintien des communautés végétales (WALKER et *al.*, 2003; FERGUSON et *al.*, 2003; BOUTON, 2005).

Il est admis communément que l'expression de potentiel allélopathique de certaines plantes dépend de plusieurs paramètres abiotiques dont le climat et la nature du sol et biotiques particulièrement la microfaune). Les microorganismes du sol, sont capables de dégrader ou de rendre inactives les molécules responsables de l'inhibition en les immobilisant (par polymérisation, adsorption, conjugaison...), ils sont bien entendu jouer un rôle clé dans l'expression du potentiel allélopathique. Ce sont eux qui pour une grande part vont contrôler la quantité de molécules réellement biodisponibles pour la plante cible, mais des exemples sont également connus d'amélioration de la toxicité d'un extrait végétal par certains groupes de bactéries, par la création de molécules toxiques à partir de molécules peu ou pas actives (GALLET et PELLISSIER, 2002).

En 1937, MOLISH a été le premier qui a défini le mécanisme de l'allélopathie comme étant les interactions biochimiques entre tous les types de plante, en incluant ainsi les microorganismes (RICE, 1984).

Actuellement, l'allélopathie est définie comme étant le mécanisme d'interférence entre plantes, par du matériel végétal mort (litière) ou vivant qui émet des composés chimiques exerçant un effet, généralement négatif, sur les plantes associées (WARDLE *et al.*, 1998 ; BOUTON, 2005).

Ces substances toxiques ou phytotoxines peuvent être libérées par exsudation racinaire, volatilisation foliaire ou bien par décomposition des résidus (dégradation de débris végétaux morts) (WEIR *et al.*, 2004). Ces substances sont parfois très sélectives en empêchant la croissance d'une seule espèce, ou elles peuvent au contraire avoir un spectre d'action plus large et inhiber la croissance de plusieurs espèces (WHITTAKER et FEENY, 1971).

III- Métabolites des plantes

Chez les végétaux, deux catégories de voie métaboliques se déroulent déterminant ainsi deux types de métabolites, dites primaires et secondaires :

1- Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont synthétisés normalement par l'organisme pour sa croissance et sa reproduction; ils sont communs à tous les organismes vivants, ils traduisent l'uniformité du monde vivant. Les produits des métabolismes primaires (essentiellement des saccharides) substances indispensables à la vie de la plante, résultat de la photosynthèse (BEN CHACHA, 2008).

2- Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des produits dérivant du métabolisme général et ne jouent apparemment aucun rôle vital; ils sont propres à chaque espèce, ils sont l'expression de la diversité du monde vivant. Ce sont des molécules qui ne participent pas directement au développement des plantes, mais plutôt, elles interviennent dans les relations avec les stress biotiques et abiotiques ou améliorent l'efficacité de la reproduction. Elles varient en fonction des espèces. Par contre, les métabolites primaires, ont un rôle essentiel pour le métabolisme et le développement végétal et se retrouvent dans toutes les espèces végétales (BUCHANAN, sd).

Une métabolite secondaire est une molécule, telle que les acides phénoliques les flavonoïdes, les terpenoïdes et les alcaloïdes, que produisent les organismes en dehors des voies métaboliques strictement nécessaires à assurer la survie (on parle de métabolisme primaire dans ce cas), cette gamme de composés est très développée chez les végétaux et constitue un moyen de lutte contre des concurrents écologiques (allélopathie) ou des prédateurs (production des substances toxiques ou des mauvaises gouttes contre un Herbivore) (BEN CHACHA, 2008).

3- Fonction des métabolismes secondaires

Les métabolites secondaires végétales sont impliquées dans les mécanismes de défenses des plantes face à leurs agresseurs phytophages, et contribuent aussi dans les processus de compétitions inter et intra-spécifiques des végétaux, dans les différents types d'associations et sont ainsi impliquées dans les phénomènes d'attractions (substances sémio-chimiques), comme c'est le cas de mécanismes d'attraction des pollinisateurs (BUCHANAN, sd).

IV- Interaction allélopathique entre plantes

Les plantes subissant les effets d'une autre plante sont appelées plantes cibles ou receveuses; Les plantes cibles peuvent réagir différemment face aux actions de leurs plantes voisines, cela peut donc avoir de l'effet sur la compétition des communautés et la coexistence des espèces (INDERJIT et CALLAWAY, 2003 ; BOUTON, 2005).

1- Composés allélopathiques

Les composés allélopathiques sont des métabolites secondaires appartenant à différentes classes de composés chimiques, issus souvent de la voie de synthèse de Shikimate (BOUTON, 2005). L'acide shikimique, plus connu sous sa forme anionique, les shikimates, est un intermédiaire biochimique important dans les plantes et les micro organismes. Il doit son nom à la fleur japonaise *shikimi*, *Illicium religiosum*, *Illiciacees*) ou anis étoilé. (MEYER et al., 2004)

Ces substances varient qualitativement et quantitativement dans les différentes régions de la plante (fleurs, feuilles, épines, racines, tiges) et selon les saisons. Elles peuvent même persister dans le sol et donc affecter plusieurs successions de végétation et les plantes aux voisinages (BOUTON, 2005).

La majorité de ces composés ont un effet inhibiteur sur la germination de graines et sur la croissance des germes, leurs effets peuvent être synergiques (effet positif de complémentarité dans une organisation) Ou additifs (désigne une substance qui est introduite dans un mélange pour apporter une propriété spécifique). Par exemple, un sucrant est utilisé comme un additif au goût dans la nourriture (FERGUSON et al., 2003; TANG-YOUNG, 1983; GALL et LEBERTON, 1994; YAMANE et al., 1998).

Les composés allélopathiques sont le plus souvent des composés phénoliques pour être considérés comme composés allélopathiques, les acides phénoliques doivent notamment être sous forme active libre et protomère (BLUM, 2004).

Les composés allélopathiques peuvent jouer un rôle de défense contre les phytophages en rendant la plante inappétente, ils peuvent influencer la vitesse de décomposition de la litière, donc, influence également la pédo-faune associée (WARDLE et al., 1998 ; BOUTON, 2005).

2- Voies de libération des composés allélopathiques

Tous les organes végétaux contiennent des quantités variables de substances potentiellement allélopathiques qui sont libérées dans l'environnement par des voies diverses, actives ou passives : volatilisation, exsudation racinaire, lessivage ou décomposition des résidus végétaux incluant les racines (figure 1). La libération de substances toxiques volatiles par les plantes est un phénomène écologiquement plus important dans les milieux arides ou semi-arides. Les substances émises par cette voie sont le plus souvent des mono terpènes simples. On appelle exsudats racinaires toutes les substances organiques solubles et insolubles libérées dans le sol par les racines saines ou lésées. L'exsudation racinaire présente un intérêt particulier pour les phénomènes allelopathiques parce qu'il s'agit d'une voie de libération directe des toxines dans rhizosphère, pouvant ainsi potentiellement influencer la composition de la flore microbienne (BERTIN *et al.*, 2003).

Le lessivage de tissus végétaux, principalement de feuilles, par la pluie, le brouillard ou la neige conduit à la dissolution et au transport de constituants solubles vers le sol. La grande majorité des substances allélopathiques peut être lessive, y compris les terpènes, les alcaloïdes et les substances phénoliques (TUKEY, 1970).

Les substances potentiellement allélopathiques étant présentes dans tous les tissus des plantes (y compris les racines), la décomposition de résidus végétaux entraîne leur libération dans le sol (figure 2) (REGNAULT-ROGER, 2008).

Les interférences entre espèces sont très étudiées dans la littérature (GOLDBERG, 1987; THOMPSON, 1987; TILMAN, 1989; CONNELL, 1990; GOLDBERG et BARTON, 1992; BERTNESS et CALLAWAY, 1994; BRUNO *et al.*, 2005). Certaines plantes émettent dans le sol de nombreux composés chimiques dont l'action sur les communautés microbiologiques du sol et les autres plantes est complexe et peu connue. L'hypothèse de l'émission par une plante de composés organiques capables de modifier la croissance de ces voisines (= allélopathie) (VIARD-CRETAT , 2008).

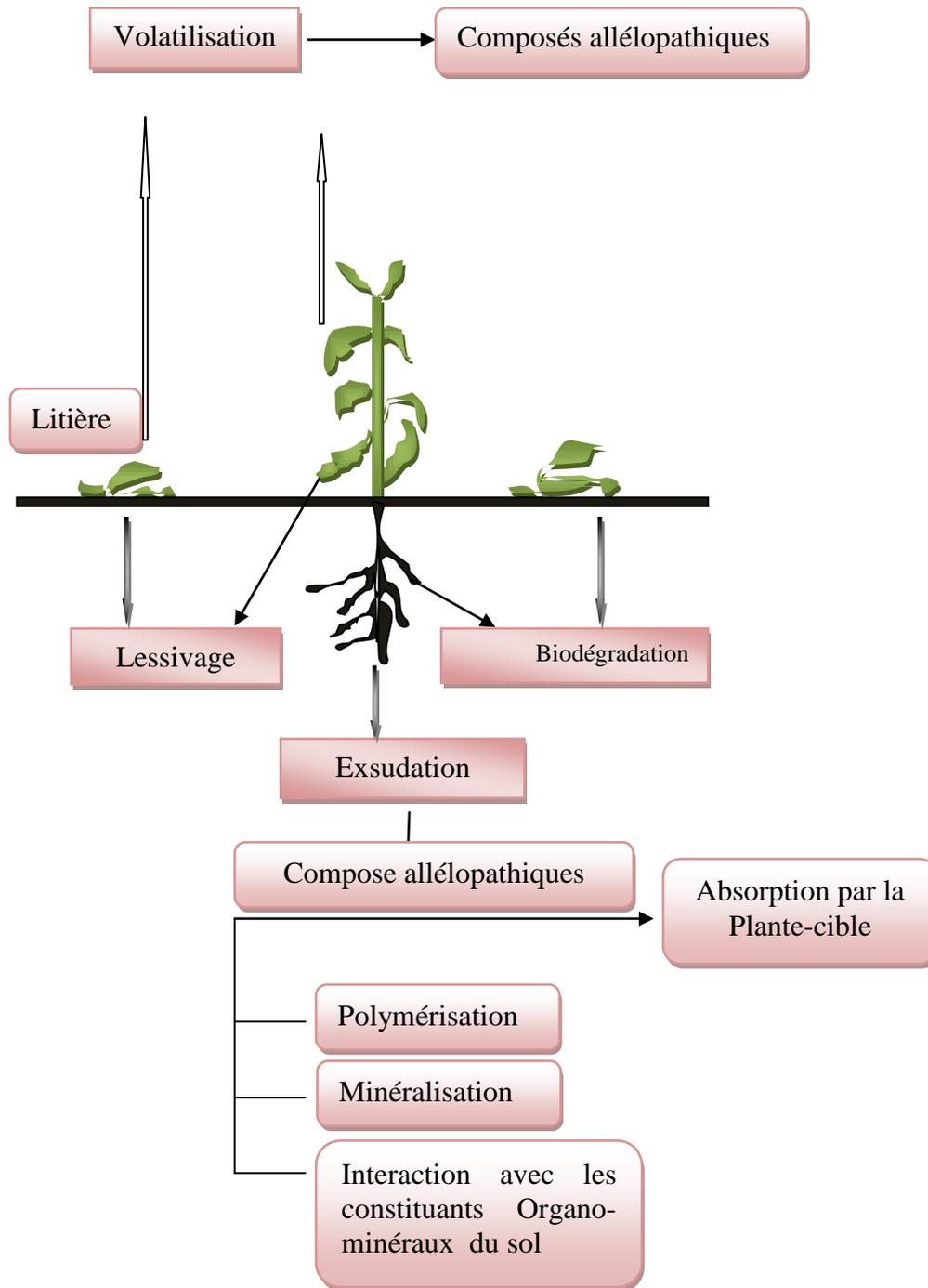


Figure 1: Voies de libération des molécules allélopathiques (REGNAULT-ROGER, 2008).

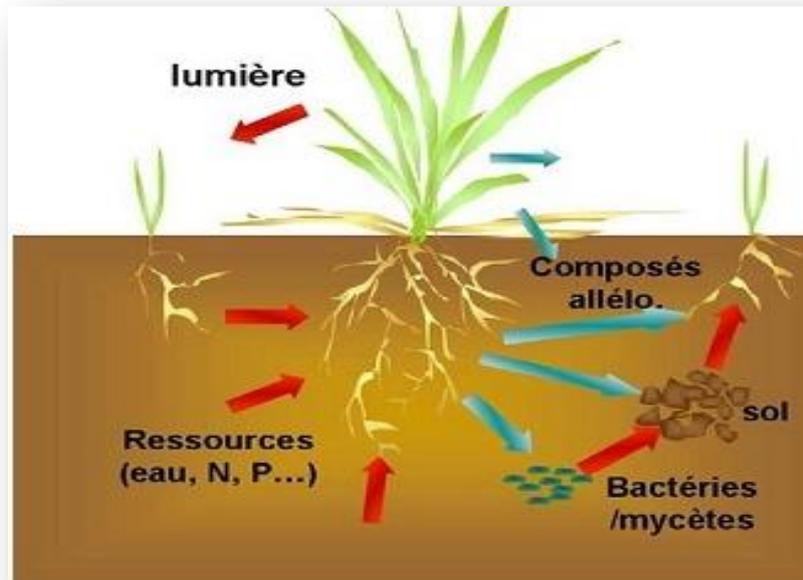


Figure 2 : Interaction interspécifique entre plantes (mécanisme de compétition pour les ressources (en rouge) et allélopathie (bleu) (VIARD-CRETAT , 2008).

3 - Sol, réservoir de composés allélopathiques

À grande majorité des substances allélopathiques, après leur libération, parvient au sol. Ce dernier, compte tenu de ses propriétés mécaniques, physique et biologique, ne se comporte pas comme un milieu neutre mais influence d'une manière décisive le devenir des composés à vocation allélopathiques (FISHER, 1987).

On peut résumer sous forme d'organigramme les conditions régissant l'expression allélopathiques d'un métabolite secondaire parvenant au sol ou pénétrant dans la plante- cible (figure 3).

Les colloïdes du sol sont capables d'adsorber la plupart de ces substances (HUANG et al . 1977). Cette adsorption conduit à une perte temporaire de l'activité toxique réversible. L'inactivation de ces composés, due aux changements chimiques, peut aussi survenir pendant l'adsorption car elle favorise leur dégradation et/ou leur polymérisation.

Le toxine peut aussi former des complexes avec les acides humiques (WANG et al., 1971). S'agit d'une simple réaction d'adsorption, la substance peut redevenir disponible ; en revanche, sa perte d'activité sera irréversible dans le cas de réaction de précipitation ou complexation.

La molécule peut encore subir l'action des micro-organismes et être dégradée, qu'elle soit libre dans la solution du sol ou adsorbée (TURNER et RICE, 1975). La dégradation microbienne entraîne soit la détoxification complète, soit la production de nouvelles substances allélopathiques (BLUM, 1988 ; CECCHI *et al.*, 2004).

Le rôle du sol dans la compréhension des mécanismes allélopathiques est donc primordial, car ce lui qui va réguler les flux de substances toxiques biodisponibles pour les plantes – cibles. Mais ce rôle demeure mal connu à cause de la complexité des mécanismes mis en jeu et de l'influence tant de la nature du sol que des conditions environnementales. (REGNAULT-ROGER, 2008).

V- Interaction entre les plantes

Les communautés végétales sont en partie régies par les interactions entre espèces. Il existe deux modalités d'interactions entre les plantes :

- les relations de facilitation représentant l'effet positif d'une espèce sur d'autres espèces, comme la protection contre l'herbivore ou les associations symbiotiques.
- Les interférences négatives peuvent être directes, c'est-à-dire de plante à plante (compétition, allélopathie) ou indirectes (attraction ou entretien d'organismes comme les herbivores affectant les plantes voisines) (BOUTON, 2005).

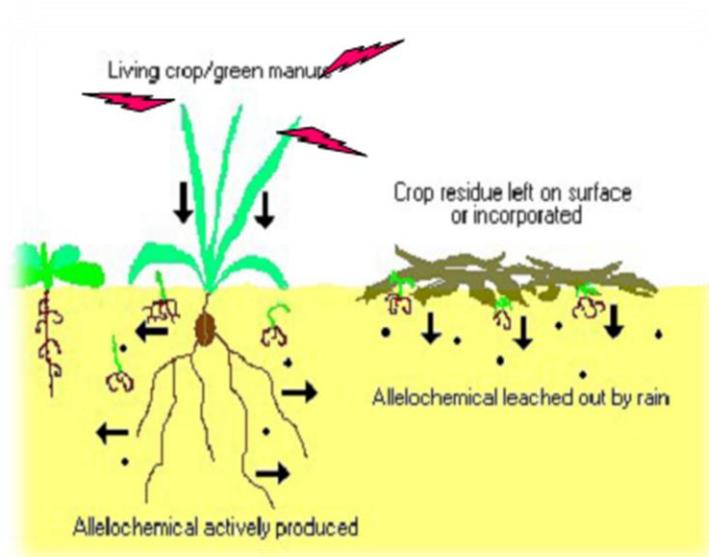


Figure 3: Interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (microorganismes inclus) (BOUTON, 2005).

L'allélopathie (ou interaction chimiques entre les plantes) a souvent été considérée comme une part de la compétition ou un comportement végétal complètement ignorée (DESCHENES 1973; LOCKERMAN et *al.*, 1981). Alors que, à leur actuel, ces deux mécanismes sont bien différenciés et sont généralement regroupés sous le terme d'interférences négatives. Les effets de ces interactions dépendent des facteurs physiques environnementaux et de la combinaison entre la compétition pour les ressources, les composées impliqués dans le phénomène de l'allélopathie émis dans l'environnement et des facteurs de facilitation (CALLAWAY et *al.*, et WEIDENHAMER et *al.*, 1989).

La connaissance de l'allélopathie est nécessaire, car elle peut être impliquée dans la hiérarchie d'aptitude compétitive des espèces et influence leur stratégie (LIANCOURT, 2005). La compétition est un processus qui a lieu lorsque les plantes utilisent des ressources communes comme l'eau, les nutriments ou la lumière, leur demande combinée en ressources est supérieure à la quantité disponible. L'allélopathie (ou interactions chimiques entre les plantes) a souvent été considérée comme une part de la compétition ou complètement ignorée (DESCHENES 1973, LOCKERMAN et *al.*, 1981) (BOUTON, 2005).

Chapitre II: MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Chapitre II- Méthodologie du travail

1- Matériels utilisés

1.1-Matériels biologiques

Le matériel biologique se compose de feuilles de *Peganum harmala* L, (Zygophyllaceae) récoltées dans le Sahara septentrional est algérien, et graines d'Orge *Hordeum vulgare* L. (Poaceae).

1.1.1- Plante utilisée pour l'extraction

La capacité que possèdent les plantes de s'autoprotéger a été réexaminée en détail depuis le début du siècle en vue d'être exploitée à des fins agronomiques (VERSCHAFFCLT, 1910). Les propriétés allélopathiques des composés d'origines végétal est déjà fait l'objet d'étude, plusieurs études notoires ont expliquées les processus de phénomène d'allélopathie, mais peu d'études sur les possibilités allélopathiques de la flore saharienne sont réalisées. De ce fait, pour la présente étude, six plantes spontanées du Sahara septentrional Est algérien sont utilisées pour la préparation de l'extrait aqueux de *Peganum harmala* .

1.1.2-*Peganum harmala* L

Peganum harmala L. appelé communément El Harmel, c'est une plante herbacée vivace de la famille de *Zygophyllaceae*, à tiges ordinairement peu rameuses, de 30 à 90 cm de haut, à entrenœuds assez courts. Elle présente des feuilles allongées et irrégulièrement divisées en multiples lanières très fines, à fleurs blanches sales grandes avec des sépales inégaux persistants qui dépassent la corolle et des pétales crème lavés de rose-orangé à nervures jaunes, oblongs et subsymétriques.

Cette plante pousse en Europe australe et austro-orientale, Asie mineure, Tibet, Iran, Turkestan, Syrie, Arabie, Egypte et en Afrique du Nord. En Algérie, *P. harmala* L. est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional, et aux montagnes du Sahara central. Il est réputé pour les terrains sableux, dans les lits d'oued et à l'intérieur des agglomérations (OZANDA, 1993; MAIRE, 1939; CHEHMA, 2006).

Les graines et les racines contiennent quatre alcaloïdes : l'harmaline, l'harmine, l'harmalol et la péganine, qui semble identique à la vasicine de *Yadhatoda vasica*. Les trois premiers sont étroitement apparentés du point de vue chimique, l'harmaline étant un méthoxy-

harmalol et une dihydroharmine (MAIRE, 1939; CHOPRA et *al.*, 1960; OZANDA, 1991; U.I.C.N., 2001). *P. harmala* bien qu'elle soit non broutée par les animaux domestiques (ovin, caprin et dromadaire, etc.), est utilisée par indigènes du Sahara en fumigation pour traiter les convulsions des enfants; en décoction et pommade pour le traitement des fièvres et en frictions pour soigner les rhumatismes. Elle présente des propriétés anthelminthique, antipaludique, antispasmodique, enivrante et sudorifique (CHOPRA et *al.*, 1960; CHEHMA, 2006).



Photo 1- Plante utilisée pour la préparation de l'extrait végétale.

1.2- Matériels utilisés

Pour la préparation de l'extrait aqueux de plante testée, le matériel suivant est utilisé :

- Broyeur ;
- Balance de précision ;



Photo 2 - Boites de pétri



Photo 3- Papier filtre



Photo 4 - Entonnoir et Flacon en verre



Photo 5- Épiprouvette graduée



Photo 6 - Eau distillée et Béchers

2- Méthodologie

2.1- Extraction des principes actifs

Elle consiste en une décoction de la poudre végétale pendant une heure. Une filtration est ensuite réalisée, le résidu sec est jeté alors que le filtrat est recueilli. L'extrait aqueux est récupéré et est utilisé pour les tests biologiques. Dans la recherche de la concentration minimale d'inhibition de la germination, cinq concentrations successives sont préparées soit 100%, 50%, 25%, 10% et 5%.

2.2- Constitution des lots expérimentaux

Pour la présente étude, six lots sont constitués, dont un lot témoin et cinq lots pour les traitements. Chaque lot constitué est caractérisé par une dose définie. Pour chaque lot, trois répétitions sont réalisées (3 boîtes de Pétri) (figure 4).

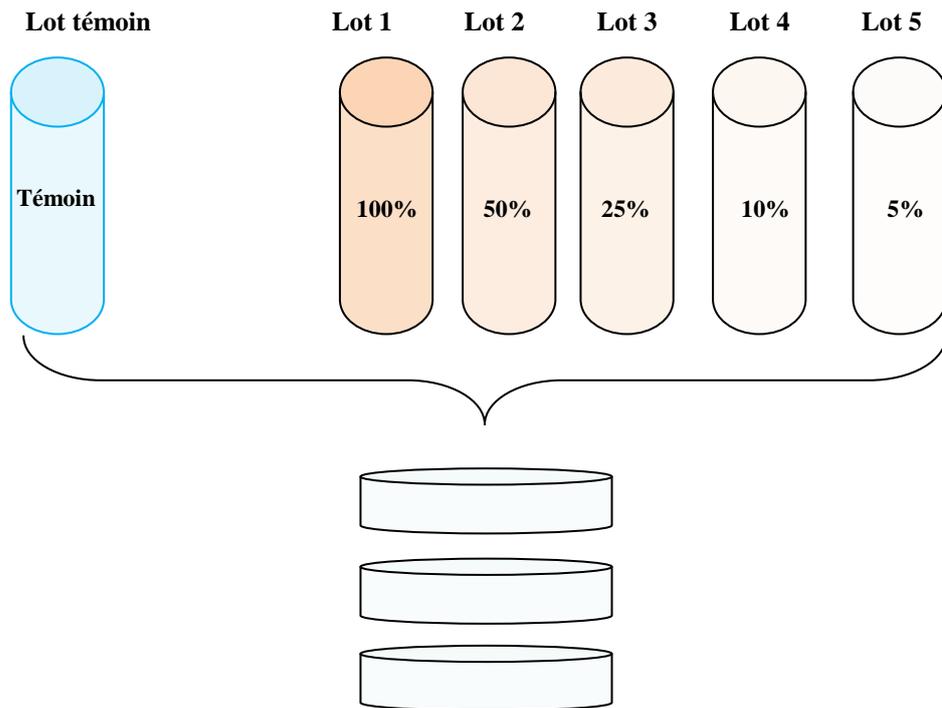


Figure 4- Schéma descriptif des lots expérimentaux

2.3-Tests biologiques

Afin d'évaluer le pouvoir inhibiteur de germination de l'extrait aqueux de *Peganum harmala* récoltée à l'oued M'Zab (Sahara septentrional Est algérien) sur la germination des graines d'une espèce messicole. Les graines sont mis en contact direct avec l'extrait végétal, de ce fait 15 grains d'Orge sont déposée dans une boîte de pétri entre deux feuilles de papier filtre et ensuite irriguées par de 3ml d'extrait végétal ou témoin, et quotidiennement par 1 ml d'eau distillée afin d'assurer une humidité adéquate. L'expérimentation est suivie durant 10 jours tout respectant le protocole expérimental expliqué ci-dessus et en notant quotidiennement le nombre des graines germées et qui servent par la suite au analyses de la cinétique de la germination observées au niveau des différents lots constitués.



Photo 7 - extrait aqueux de *P. harmala*

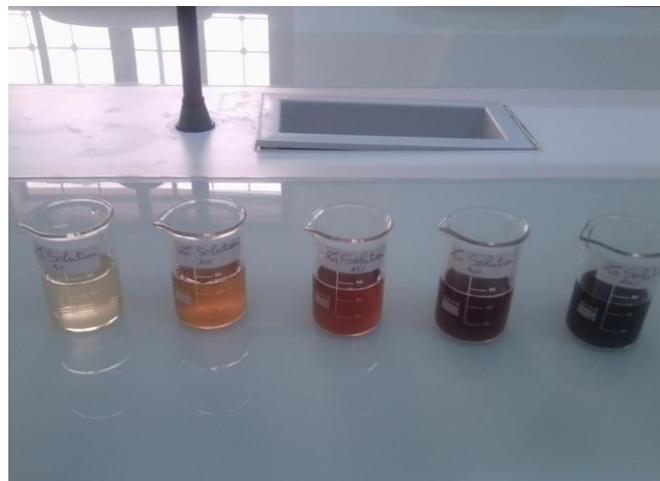


Photo 8- Les différentes concentrations de l'extrait aqueux de *P.harmala* (de gauche à l'adroit: 100% ; 50% ; 25% ; 10% ; 5%).

2.4- Exploitation des Résultats

Pour la présente étude, trois paramètres sont étudiés dont: le taux maximal de germination, la cinétique de germination et le taux maximal d'inhibition.

2.4.1- Taux maximal de germination (TG)

Correspond au pourcentage maximal des grains germés par rapport au total des grains semés, il est estimé par la formule suivant:

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

2.4.2- Taux d'inhibition (TI)

Ce paramètre explique la capacité d'une substance ou préparation à inhibé la germination des graines , il est évalué en calculant le rapport de nombre de graine semi moine le nombre de graine germer par apport au nombre total des graines semis.

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

2.4.3- Analyses statistiques (analyse de la variance "ANOVA")

Les traitements des données obtenues fait appel à des approches statistiques. Les résultats obtenus pour chaque paramètre seront interprétés statistiquement à l'aide du logiciel « MINITAB version 13.31.FR- copyright 2000».

D'après DAGNILLIE (1975), l'analyse de la variance consiste à étudier la comparaison des moyennes à partir de la variabilité des échantillons. L'analyse de la variance ANOVA a été utilisée pour l'analyse des résultats après le test de normalité. Il permet suivant le niveau de la signification de déterminer l'influence des facteurs étudiés ou des interactions entre les facteurs. La probabilité inférieure à 0,01 donne un effet hautement significatif, à 0,05 un effet significatif et pour une probabilité supérieure à 0,05 on considère que l'effet n'est pas significatif.

Chapitre III: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre III- Résultats et discussions

Le présent travail vise l'évaluation du pouvoir inhibiteur de la germination des graines d'orge traitées par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* à différentes concentrations obtenu par infusion, les paramètres mesurés sont le taux maximal de germination, le taux d'inhibition et la cinétique de germination des graines traitées par rapport aux graines du lot témoins.

1- Taux maximal de germination (TG%)

La figure 1 illustre le taux maximal de germination observé au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de *P. harmala* à différentes concentrations. Au vu des résultats de la figure 5, il est noté que le taux de germination varie en fonction de la concentration en extrait, les valeurs rapportées pour les lots traitement sont plus faibles que celles notées pour le lot témoin. L'extrait aqueux pur de *Peganum harmala* engendre une inhibition total de la germination des graines d'Orge après 10 jours de suivi quotidien, aucune graine n'a pu germée, bien que pour les autres lots traitements des pourcentages de germinations sont observés et augmentent en fonction de la concentration ; un pourcentage de germination de 13,33% est noté au niveau du lot traité par l'extrait à 50% de concentration, il est de l'ordre de 40% pour l'extrait à concentration de 25%, alors que pour les deux autres concentration soit 10% et 5%, le taux e germination observé est de 66,67% et 75,56% respectivement. Il est à noter que, que ce soit la concentration en extrait aqueux de *P. harmala* considéré, le taux maximal de germination est plus faible de celui rapporté pour le graines du lot témoin.

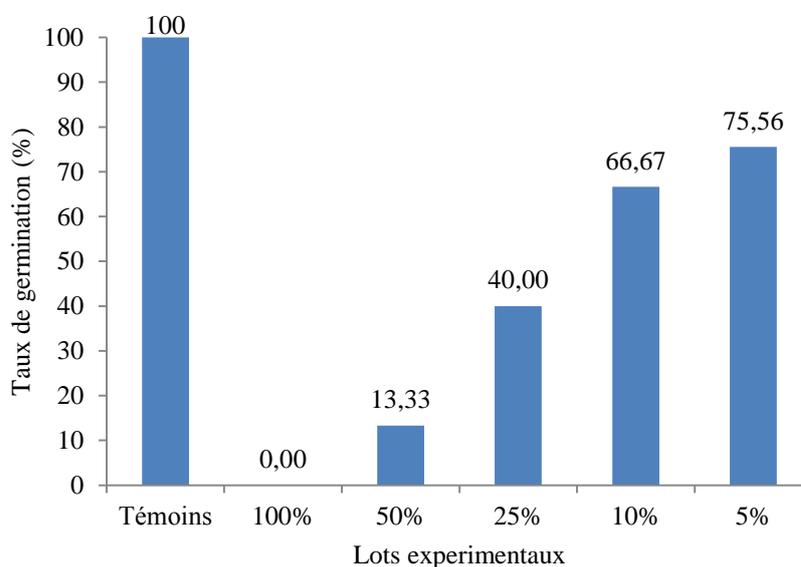


Figure 5- Taux de germination maximal observé chez les graines d'Orge témoins et traitées par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* à différentes concentration

Au vu des résultats, l'effet inhibiteur de la germination de l'extrait aqueux foliaire de *P. harmala* vis-à-vis des graines d'Orge est constaté, le taux de germination varie en fonction de la concentration en extrait, cette action est probablement liée à la concentration des extraits en molécules actives capable d'inhiber la germination des graines. Il est admis que dans les conditions naturelles, la germination des graines est un processus biochimique et physiologique où dès le premier contact de graine avec le stimulus exogène (eau), un enzyme amylase est synthétisé et secrété afin dégrader l'amidon (albumines) afin fournir à l'embryon l'énergie nécessaire à la germination, une fois secrété, la croissance embryonnaire amorce et intervienne par la suit par un autre processus physiologiques où les acteurs sont les hormones de croissances végétales dont l'auxine. De ce fait, la capacité d'inhiber la germination des graines, est un processus complexe, plusieurs hypothèses peuvent être posées dont la capacité de certaines molécules qui se trouve dans l'extrait à inhiber l'action de l'enzyme amylase ou bien d'occupé leurs sites membranaires, ou bien à l'action mimétiques ou antagonistes des ces molécules vis-à-vis des hormones de croissances ou à l'inhibition de leurs actions tissulaire (REGNAULT-ROGER *et al.*, 2008).

2- Taux d'inhibition (TI%)

Le taux d'inhibition exprime le nombre de graine semi moins le nombre de graines germées par rapport au nombre des graines semis. La figure 2 illustre les variabilités dans le taux d'inhibition des graines d'Orge au niveau de différents lots traitements et témoin. Au vu des résultats de la figure 6, il ressort que l'extrait végétal testé présent des capacités exceptionnelles à inhiber la germination des graines de la plante tests. Au niveau du lot traité par l'extrait aqueux pur, un taux d'inhibition de 100% est enregistré, alors que pour l'extrait dilué à 50%, le taux d'inhibition de la germination noté est de 86,67%, il est de 60%, 33,33% et 24,44% pour les lots traités par le macéré de feuilles de *P. harmala* dilués à 25%, 10% et 5% respectivement. NAKES et GUASMI (2011), dans leur travail sur le pouvoir phytotoxique des extraits aqueux de plusieurs plantes sahariennes montre que pour les graines d'*Hordium vulgare* traitées à l'aide des extraits aqueux dilué à 25% d'*Euphorbia guyoniana*, *Peganum harmala*, *Ceome arabica*, *Zyophyllum album* et d' *E. occidentalis*, des taux de germination de l'ordre de 68,33%, 58,33%, 60%, 55%, 48,33% et 31,67% respectivement sont enregistrés. Alors que pour *Lolium multiflorum* traitée par les extraits aqueux de *E. guyoniana* et *E. occidentalis* aucune graine n'a germée, par contre un taux de germination de graine de *L. multiflorum* de l'ordre de 40%, 15%, 13,33% et 06,67% est enregistré au niveau des traitées par l'extrait aqueux de *C. arabica*, de *Z. album*, *L. guyonianum* et *P. harmala* respectivement. En outre, ils déclarent que ces extraits cités pur ou dilué à 50% ce montre très phytotoxique vis-à-vis des graines de deux plantes testées ; le pourcentage d'inhibition de la germination été de l'ordre de 100%.

D'après la littérature, certaines métabolites secondaires végétales influent la germination des graines ou la croissance des plantes par des mécanismes multiples, les composés chimiques des plantes tel que les composés phénoliques forment des complexe avec les enzymes de ce fait leurs actions se trouvent inhibées, en outres les alcaloïdes, composés

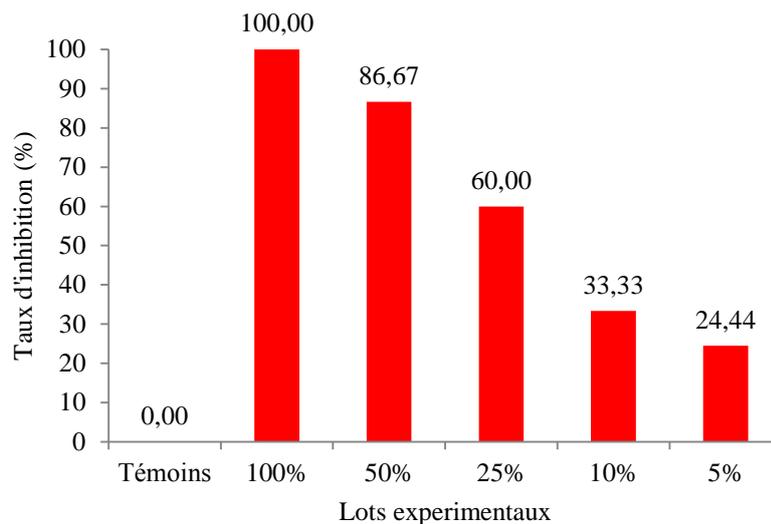


Figure 6- Taux d'inhibition observé chez les graines d'Orge témoins et traitées par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* à différentes concentration

Phénoliques, flavonoïdes, etc... ont la capacité d'inhiber l'action de certaines enzymes végétaux tel que ATPase, ou de certains phénomènes tel que la phosphorylation, le métabolisme oxydatif, le transport membranaire, la réduction de la synthèse de certaines protéines et lipides. D'autres travaux expliquent l'action de quelques métabolites secondaires végétales comme le benzoxazolinones comme substances inhibitrice de l'auxine de coléoptile de l'avoine (BAIS et *al.*, 2004 ; LESUFFLEUR, 2007).

3- Cinétique de la germination

La cinétique de la germination correspond aux variations dans le temps du taux de germination des graines témoins et irriguées par l'extrait aqueux de *P. harmala* pur et dilué à 50%, 25% 10% et 5%. En outre, d'autres observations sont jugées utiles sont pris en considération tel que la taille et forme de la radicule et de la tigelle. La figure 7, regroupe les résultats de l'évolution dans le taux de taux de germination de graines d'Orge de différents lots témoins et traitées par l'extrait végétal.

Après avoir étudié sur une durée de 10 jours la cinétique de la germination, des graines d'Orge irriguées par l'extrait aqueux pur et dilué à 50%, 25% 10% et 5% de *Peganum harmala*, il est remarqué une variation dans le taux de germination journalier observé au niveau de différents lots. Au niveau des populations témoins, aucune germination n'a été observée le premier jour de l'expérimentation, alors qu'après 48 heures, un taux germination de 51,11% est observé et au bout de 10^e jour un taux de germination de 100% est atteint. Pour les lots traités, elle varie en fonction de la concentration en extrait, la germination commence dès le troisième jour pour les graines traitées par l'extrait dilué à 25%, 10% et 5%.

Pour l'extrait dilué à 50, un retard dans la germination est observé, les premières graines germent après le 6^e jours, par contre aucune graines n'a germée pour les graines traitées par l'extrait concentré à 100%.

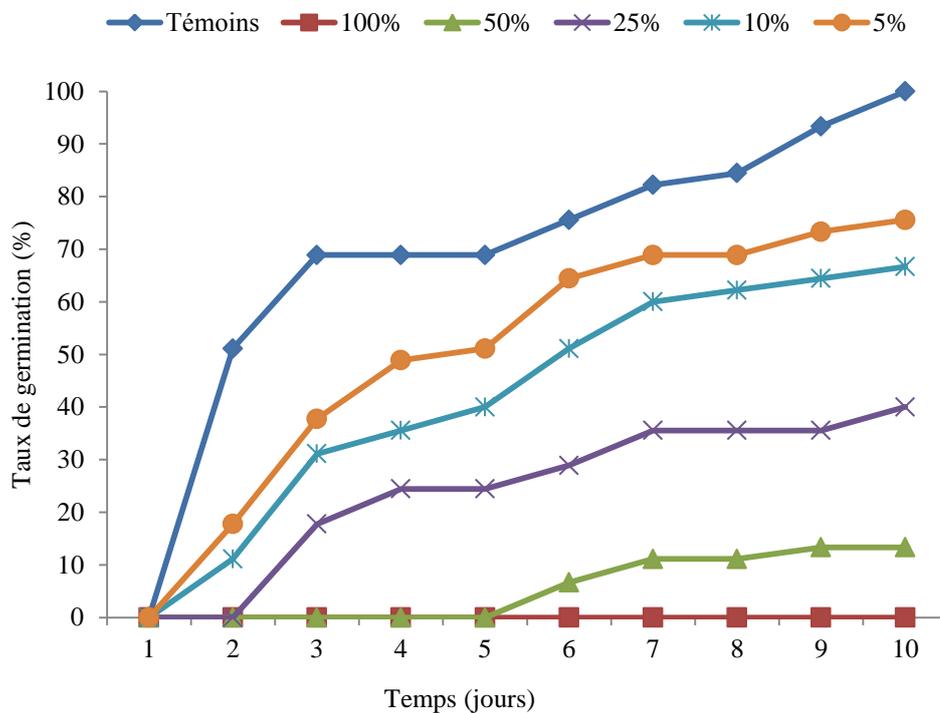


Figure 7- Cinétique de la germination des graines d'Orge témoins et traitées par l'extrait foliaire aqueux à différentes concentrations de *Peganum harmala*

NAKES et GUASMI (2011) dans son travail sur l'inhibition de la germination des graines de *Lolium multiflorum* par des extraits aqueux de plantes sahariennes, montrent que chez les graines traitées un retard dans la germination des graines traitées par les extraits végétaux concentrés (50%, 25%) est rapporté. Les résultats de suivi quotidien de l'évolution de taux de germination des gaines des espèces tests, il est constaté pour le traitement à l'aide des extraits végétaux dilués 25% d'*Euphorbia guyoniana*, un retard de germination est observé chez ray Grass (*L. multiflorum*) comparativement au graines du lot témoin, les premières graines germées ont été observées dé le 8^e jour. Par contre, alors que pour les autres traitements dont les extraits à 100%, 50% aucun cas de germination n'est observé.

D'après FEENY (1975), il existe deux catégories de composés secondaires des plantes : Des composés à valeurs quantitatives agissant selon leurs concentrations, on cite les tannins et des composés ayant une activité spécifique à des concentrations relativement faibles. Ces substances ont un effet phytotoxique capables de provoquer des altérations profondes qui peut aller jusqu'à la mort de l'individu ou elle provoque des retard de croissance.

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude avait pour objectif la recherche des causes ayant provoqué des échecs au plan de la croissance. Afin de confirmer le phénomène d'allélopathie, souvent mis en cause dans cette problématique, nous avons étudié l'effet de l'extrait foliaire aqueux de *P. harmala* à différentes concentrations sur les graines d'orge et de rechercher plus particulièrement l'action éventuelle d'un phénomène allélopathique.

Sur le plan du comportement du végétal, différents tests comportant différentes plantes toxiques, ont été effectués pour suivre les effets de ces plantes issues sur la croissance des graines. Ainsi, l'extrait foliaire aqueux de *P. harmala* contient certaines molécules dont la capacité d'occuper le site membranaire ou inhibé la germination. D'une façon générale, les graines qui se sont développées dans les lots de témoin présentent les meilleurs résultats au plan de la croissance. Cet effet d'inhibition de la germination des graines d'orge est vraisemblablement attribué au niveau des lots traités par l'extrait aqueux pur, un taux d'inhibition de 100% est enregistré, alors que pour l'extrait dilué à 50%, le taux d'inhibition de la germination noté est de 86,67%, il est de 60%, 33,33% et 24,44% pour les lots traités par le macéré de feuilles de *P. harmala* dilués à 25%, 10% et 5% respectivement.

Dans cette étude, les réductions observées au niveau de certaines fonctions végétales peuvent être attribuées à l'interférence allélopathique de l'extrait végétal testé et ses effets négatifs sur la germination, et cela par l'intermédiaire de substances phénoliques phytotoxiques forment des complexe avec les enzymes de ce fait leurs actions se trouvent inhibées, en outres les alcaloïdes, composés Phénoliques, flavonoïdes, etc...

Les composés produits par les végétaux impliqués dans les phénomènes de résistance vis-à-vis de toutes contraintes biotiques ou abiotiques notamment ceux qui interviens dans les mécanismes de compétition entre les végétaux dont l'allélopathie sont très diversifiés et de mode d'action variable; et peuvent être inhibiteurs d'enzymes ou d'hormone végétale, à action tissulaire ou encore phytotoxique à des faibles concentrations. A cet effet, elles peuvent constituer une solution alternative de lutte contre les adventices de la dernière décennie. Leurs propriétés herbicides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir.

En perspective, pour une meilleure poursuite de la recherche des molécules actives des plantes spontanées du Sahara septentrional Est Algérien, de la présente étude, il est souhaitable de:

- Réaliser des tests de doses minimales d'inhibitions;
- Tester leurs efficacités en plein champ;
- Etudier l'action des extraits végétaux sur d'autres paramètres notamment la croissance et sur quelques phénomènes biologiques dont la différenciation cellulaire ;
- Suivi les teste biologiques par des tests de caractérisation et d'identification phyto-chimique des extraits végétaux afin identifier le principe actif.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AHMAD A. , KHAN K. A. , SULTANA S., SIDDIQUI B. S., BEGUM, S., FAIZI, S. & SIDDIQUI, S. (1992). Study of the in vitro antimicrobial activity of harmine-harmaline and their derivatives. J. Ethno pharmacol limerick, 35: 289-294.
2. AYOUB M. T., AL-ALLAF T. & RASHAN L. J. (1994). Antiproliferative activity of harmalol. Fitoterapia, 65: 14-18.
3. BELLAKHDAR J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle; Médecine arabe et ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Saint Etienne, 746 pp.
4. BEN CHACHA A., 2008.-Etude de l'effet allélochimique de l'extrait aqueux de quelques plantes médicinales et aromatiques sur la germination des grains des mauvaises herbes. 5-23p.
5. BERTIN et al., (2003). The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. Plant soil, 256:67-83.
6. BERTNESS et CALLAWAY, (1994). Positive interactions in communities. TREE, 9, 191-193.
7. BLUM, (2004) : Perspectives pratiques du contrôle biologique des adventices. AFPP-dix neuvième conférence du Columa. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon 8-9 et 10 dec 2004. 8p.
8. BOUTON, (2005). Mise en évidence du potentiel allélopathiques de la graminée *Festuca Panucolata* dans les prairies subalpine. Rapport de stage de master 01 sciences de la vivant-biodiversité écologie environnement, Univ. Joseph Fourier de biologie. 1-18p.
9. BRUNETON J. (1993). Pharmacognosie phytochimie plantes médicinales. Edition Lavoisier Paris.— 1996. Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. Edition Lavoisier, Paris, 529 pp.
10. BUCHANAN ; sd : Métabolisme secondaire.
11. CALLAWAY et al. , et WEIDENHAMER et al., (1989). .- Density-dependent phytotoxicity: Distinguishing resource competition and allélopathic interference in plants. *Journal of Applied Ecology* 26: 613-624.
12. CALLAWAY, (1994). -Positive interactions in communities. TREE, 9, 191-193.
13. CALLAWAY, (2003). - Experimental design for the study of allelopathy. *Plant and Soil* 256: 1-11.
14. CECCI A .et al., (2004). Sorption desorption of phenolic acids as affected by soil properties. *biol fert soils*, 39:235-242.

15. **CHEHMA, (2006)** . Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Laboratoire de protection des écosystèmes en zone arides et semi- arides, Univ. Kasdi Merbah, Ouargla, 140 p.
16. **CHOPRA et al., (1960)** . Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue botanique: 1^{ière} partie. Recherche sur les zones arides XIII. Ed. UNESCO, Rome, 97 p.
17. **CONNELL, (1990)**. Apparent versus "real" competition in plants. In: Grace, J. & Tilman, D. (eds.) *Perspectives on Plant Competition*, pp. 93-115. Academic Press, San Diego, California, USA.
18. **DELABAYS, (2004)** : Guerre chimique dans le monde végétale. Station fédérale de recherches en production végétale de Changins.
19. **DELABAYS, (2005)**. L'allélopathie et son utilisation en agriculture biologique. Journées techniques fruits et légumes et viticulture biologique.pp.25-33. Beaune, les 6 et 7 décembre 2005.
20. **DELABAYS et MERMILLOD, (2002)**. Phénomène d'allélopathie : premières observations au champ. Revue Suisse Agric.n°34.pp.213-237.
21. **EL-BAHRI L. & CHEMLI R. (1991)**. Peganum harmala L. a poisonous plant of North Africa. Veterinary and Human Toxicology, 33: 276-277.
22. **FERGUSON et al., (2003)** . - Allelopathy: how plants suppress other plants. Cours D'université de Floride : 3.
23. **FISHER, (1987)**. Forest regeneration failure.in: Waller gr allelochemicals: role in agriculture and forestry.acs symposium series 330, Washington dc, 176-184.
24. **GALLET et PELLISSIER, (2002)**. Interaction allélopathiques en milieu forestier.567-570p.
25. **GOLDBERG, (1987)**. Neighborhood competition in an old-field plant community. *Ecology*, 68, 1211-1223.
26. **HANS MOLISH, (1937)**. -Der infuses einer pflanze auf die andere-allelopathie.fisher, jena.
27. **INDERJIT et CALLAWAY, (2003)**. Experimental design for the study of allelopathy. *Plant and Soil* 256: 1-11.
28. **KOHLI, (2003)**.Allelopathic interactions and allelochemicals : New possibilities for sustainable weed management. Critical Reviews in Plant Science 22 (3&4) : 239-311.
29. **LESUFFLEUR, (2007)** . Rhizdéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le tréfle blanc (*Trifolium repense L.*).17-37p.
30. **LIANCOURT, (2005)** .- Stratégies fonctionnelles et interactions entre les espèces dominantes le long de gradient de ressources hydrique et trophique au niveau des pelouses calcaires. Thèse.

31. **LOCKERMAN et al., (1981)** . .- Mechanisms for differential interference among cucumber (*Cucumis sativus L.*) accessions. *Botanical Gazette* 142: 427-430.
32. **MEYER et al., (2004)**. -botanique biologie et physiologie végétales.335-337p.
33. **NARWAL, (1999)**. Allelopathy in weed management. p. 203-254. *Dans* S.S. Narwal (ed.) Allelopathy update. Vol. 2. Basic and applied aspect. Science Publishers, Enfield, N.H.
34. **NATH D., SETHI N., SRIVASTAVA R., JAIN A. K., SINGH R K. (1993)**. Study on tetragenic and antifertility activity of *Peganum harmala* in rats. *Fitoterapia*, 64: 321-324.
35. **NEWMAN MILLER, (1977)**. - Allelopathy among some British grassland species. II.Influence of root exudates on phosphore uptake. *Journal of ecology* 65: 399-411
36. **OZENDA, (1991)**. Flore et végétation du Sahara. (3^{ème} édition, augmentée). Ed. CNRS, Paris: 662 p.
37. **REGNAULT-ROGER, (2008)**.-Bio pesticides d'origine végétale .Ed.TEC &DOC, paris : 51-60p.
38. **RICE, (1984)**. - Allelopathy. - 2e edition. - Orlando: Academic Press, 1984. -422 p.
39. **RIZVI et RIWVI, (1991)** : Allelopathy : basic and applied aspects. Ed. Chapman and Hall. New York.480p.
40. **THOMPSON, (1987)**. -The resource ratio hypothesis and the meaning of competition.
41. **TILMAN, (1989)**. -Competition, nutrient reduction and the competitive neighborhood of a bunchgrass. *Functional Ecology*, 3, 215-219.
42. **TUKEY, (1970)**. -The leaching of substances from plants.annu rev plant physiologic, 21:305-58.
43. **U.I.C.N., (2001)** . - Connaissance, Valorisation et Contrôle de l'Utilisation de la Flore Sauvage en Médecine Traditionnelle (Plantes Médicinales). Programme Union Internationale pour la Conservation de la Nature pour l'Afrique du Nord. Ministère de l'Agriculture Algérienne, 153 p.
44. **VIARD-CRETAT, (2008)**. Mécanisme de régénération des espèces végétales dans les prairies subalpine : thèse de doctora. Univ, montpellier II sciences et technique du Languedoc.19-168p.
45. **WANG et al., (1971)**.- Behaviour of soil phenolic acids.in:u.s.natl.comm.for ibp.biochemical interactions among plants.natl.acad.sci, Washington dc, 113-120.
46. **WARDLE et al., (1998)**.-An ecosystem level Perspective of allelopathy. *Biological Review* 79: 305-319.

47. WEIDENHAMER *et al.*, (1989).- Density-dependent phytotoxicity: Distinguishing resource competition and allélopathic interference in plants. *Journal of Applied Ecology* 26: 613-624.
48. YAMANE *et al.*, (1992). . -Allelopathy of yellow fieldcress (*Rorippa Sylvester's*): identification and characterization of phototoxic constituents. *Journal of Applied Ecology* 18(5): 683-691.
49. ZAÏDI M. I. & MUNIR C., (1995). A new direct isolation method of harmaline from the harmala seeds by Mercury (II) ions. *Sarhad Journal of agriculture*, 11: 219-223.