



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : **HADJ KOUIDER Yamina**

Thème

Evaluation du pouvoir allélopathique de l'extrait aqueux de deux plantes sahariennes (*Peganum harmala* L.) et (*Tamarix gallica* L.) sur la germination des graines d'Orge (*Hordeum vulgare* L.)

Soutenu publiquement le : 21/05/2017

Devant le jury :

Dr. GUERGUEB El yamin	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
Dr. KEMASSI Abdellah	Maître Conférence A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
Melle. HEROUINI Amel	Doctorante	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
Dr. BENBRAHIM Fouzi	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
Melle. BENSANIA Wafa	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2016/2017

Dédicace



Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à mes parents en particulier et à toute la famille ; mes frères : Mustapha , Abd elhamid , Abd elrezak et Assal ainsi mes sœurs Lahlia et Meriem et ma adorable grand sœur Yasmin ...

A :

Mes tantes et oncles ;

Mes amis et camarades ;

Ainsi Pour les gens qui me ont toujours soutenu de tous les côtés à toutes personnes m'ont encouragé ou aidé au long de mes études.

Remerciement

Je remercie toujours et infini Allah aza wa jal ,pour lui donné la bonne santé , leur générosité et la réussite dans tout ma vie malgré mes fautes , Sans Dieu, jamais ce que je rêvais d'arriver à ce stade et faire ce travail .

*Tout d'abord un grand merci à Mon grand frère et Monsieur **KEMASSI Abdellah**, Docteur au Département des Sciences Biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et de la terre de l'université de Ghardaïa , pour m'avoir donné la chance d'effectuer ce mémoire. Merci pour l'encadrement, et votre présence malgré les autres grands responsabilités , pour vos conseils et votre soutien. J'ai l'honneur de vous exprimer mes très profondes reconnaissances et mes sentiments les plus sincères et Ne jamais oublier que vous êtes qui m'a encouragé à retourner à l'université pour terminer ma carrière.*

*Mes remerciements les plus vifs vont également à ma Co-encadreur **Melle Herouini Amel** (enseignante à l'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie à université de Ghardaïa) qui n'a réservé aucun effort pour que ce travail Voie le jour. Et ma camarade **Mme CHERIF R.** pour me aider durant tout l'année.*

*Nous remercions également Monsieur **BENBRAHIM Fouzi**, Professeur à l'institut de la science de la nature et de vie plus directeur des études de l'Université de Ghardaïa, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail. Vous m'avez orientée, encouragée et conseillée; et vous m'avez fait bénéficier de vos connaissances et votre expérience scientifique.*

*J'adresse encore mes remerciements à tous les membres des laboratoires de biologie à université de Ghardaïa, pour leur sympathie et leur aide. Il contribué par leur bonne humeur à crée un cadre de travail agréable et Une mention spéciale à **Mseitfa N.** et **BENHAMOUDA H.** Je lui souhaite la bonne santé pour leur efforts et le travail sérieux .*

Je remercie sans exceptions tous les Enseignants et les étudiants à université de Ghardaïa pour leurs encouragement et leur amitié, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin de à accomplir ce modeste travaille. Spécialement à mes collègues de spécialité Ecologie de l'environnement au cours de ces années de recherche pour leur soutien déterminant.

Evaluation du pouvoir allélopathique de l'extrait aqueux de deux plantes sahariennes *Peganum harmala* L. et *Tamarix gallica* L. sur la germination de graines d'orge (*Hordeum vulgare*)

Le présent travail porte sur la recherche du pouvoir allélopathique de l'extrait aqueux de deux espèces végétales sahariennes spontanées dont *Tamarix gallica* L. et *Peganum harmala* L. La germination des graines d'orge (*Hordeum vulgare*) (Poaceae), et le développement de leurs plantules au niveau des lots traités par différentes concentrations en extraits végétaux. Les résultats obtenus montrent que les concentrations 40%, 50%, 60%; 70%, 80%, 90% et 100% de *Peganum harmala*, et 70%, 80%, 90%, 100% de *Tamarix gallica*, ont une inhibition totale sur la germination des graines de l'espèce testée. Plus des anomalies ont été observées durant la période d'exposition qui se manifeste sur le développement physiologique et morphologique des plantules. L'inhibition augmente lorsque la concentration des extraits augmente, cette augmentation n'est pas proportionnellement similaire pour les deux espèces. L'extrait de *P. harmala* possède un effet inhibiteur élevé et toxique que l'extrait de *T. gallica*.

Mots clés : *Peganum harmala*, *Tamarix gallica*, *Hordeum vulgare*, extrait aqueux, allélopathie, Sahara.

تقييم الفعل الاليلوباثي للمستخلص المائي لنبتتين صحراويتين *L. peganum harmala* و *L. tamarix gallica* على نضج بذور الشعير *Hordeum vulgare*

يركز هذا العمل على البحث عن مفعول الاليلوباثي للمستخلص المائي لنوعين من النباتات الصحراوية *L. peganum harmala* و *L. tamarix gallica* و تطور شتلاتها المعالجة بتركيزات مختلفة من المستخلص النباتي. اظهرت النتائج بان التراكيز 40% - 50%-60%-70%-80%-90% و 100% ل *Peganum harmala* و 70%-80%-90% ل *Tamarix gallica* تثبيط التام لنضوج البذور المجربة. و قد لوحظت ايضا اضطرابات في النمو طيلة فترة المراقبة, وظهر ذلك على المستوى الفيزيولوجي و المورفولوجي للنبتة, حيث انه كلما ازداد تركيز المستخلص ازداد التثبيط و هذا الازدياد يختلف من نبتة لاخرى. إذ ان *P. harmala* يحتوي على قوة تثبيط فعالة و سمية اكثر من *T. gallica*.
الكلمات المفتاحية: *L. peganum harmala* - *L. tamarix gallica* - *Hordeum vulgare* - المستخلص المائي - الصحراء - الاليلوباثي.

Evaluation of the allelopathic potency of the aqueous extract of two Saharan plants *Peganum harmala* L. and *Tamarix gallica* L. on the germination of barley seeds (*Hordeum vulgare*)

The present work deals with the search for the allelopathic power of the aqueous extract of two spontaneous Saharan plant species of which *Tamarix gallica* L. and *Peganum harmala* L. The germination of barley seeds (*Hordeum vulgare*) (Poaceae), and the development of their seedlings in the batches treated by different concentrations of plant extracts. The results obtained show that the concentrations 40%, 50%, 60%; 70%, 80%, 90% and 100% of *Peganum harmala*, and 70%, 80%, 90% and 100% of *Tamarix gallica* have a total inhibition on the germination of the seeds of the test species. More abnormalities were observed during period of exposure, manifested on the physiological and morphological development of seedlings. The inhibition increases when the concentration increases, this increase is not proportionally similar for the two species. The extract of *P. harmala* has a more effective and toxic inhibitory effect than *T. gallica*.

Key words: *peganum harmala* L. - *Tamarix gallica* L- *Hordeum vulgare*- aqueous extract- allelopathic -Sahara.

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
INTRODUCTION GENERALE	02

Chapitre I. Synthèse Bibliographique

I.1. Origine.....	06
I.2. Généralités sur Substances allélopathiques ou allélochimiques	08
I.2.1. Métabolites primaires.....	09
I.2.2. Métabolite secondaire.....	09
I.2.2.1. Les Alcaloïdes.....	11
I.2.2.2. Les Terpénoides.....	11
I.2.2.3. Composés phénoliques.....	11
I.3. Effets des allélochimiques sur les plantes	12
I.4. Voies des émissions des allélochimiques.....	13
I.5. Efficacité des agents allélochimiques.....	14
I.6. Nature des composés allélopathiques.....	14
I.7. Influence de Stresses environnementaux sur la synthèse des allélochimiques.....	15
I.7.1. Longueur de jour.....	16
I.7.2. Stress hydrique.....	16
I.8. Allélochimiques dans les différents organes de la plantes.....	16
I.9. Effets allélopathiques par différents types des plantes.....	17
I.9.1. Par plantes toxiques.....	17
I.9.2. Par plantes médicinales.....	18
I.9.3. Par plantes cultivées.....	18
I.9.4. Par les grands arbres.....	19
I.10. Lutte contre les mauvaises herbes par l'allélopathie.....	20
I.11. Contraintes de l'allelopathie.....	22
I.12. Impacts directs et indirects sur la biodiversité.....	23

Chapitre II. Méthodologie du travail

II.1. Matériels utilisés.....	25
II.1.1. Matériels végétal.....	25
II.1.1.1. <i>Peganuma harmala</i> .L (Zygophyllaceae).....	25
II.1.1.2. <i>Tamarix gallica</i> .L (Tamariaceae).....	27
II.1.1.3. Orge (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	29
II.1.2. Matériels et produits expérimental.....	30
II.2. Méthodologie du travail.....	31
II.2.1. Préparation du l'extrait foliaire de <i>Peganum harmala</i> et <i>Tamarix gallica</i>	31
II.2.2. Choix des concentrations.....	32
II.2.3. Tests biologiques.....	33
II.2.3.1. Détermination le point de saturation de sable.....	33
II.2.4. Constitution des lots expérimentaux.....	33
II.2.5. Application des tests.....	33
II.2.5. Exploitation des résultats.....	34
II.2.5.1. Taux d'inhibition (T.I.).....	34
II.2.5.2. Taux de germination (T.G.).....	35
II.5.3. Vitesse de germination.....	35
II.2.6. Concentration d'efficacité (C.E.).....	35
II.2.7. Evaluation de l'effet allélopathique.....	36
II.2.8. Mesures morpho-métriques.....	36

Chapitre III. Résultats et Discussion

III.1. Effet des extraits aqueux de <i>Peganum harmala</i> L. et <i>Tamarix gallica</i> L. sur la germination d' <i>Hordeum vulgare</i> L.	38
III.1.1. Rendement d'extraction en métabolites secondaires.....	38
III.1.2. Taux maximale d'inhibition.....	38
III.1.3. Taux maximal de germination.....	40
III.1.4. Cinétique de la germination.....	41
III.1.5. Vitesse de germination.....	44
III.1.6. Concentration d'efficacité (C.E.50%, C.E.90%).....	45
III.2. Mesure morpho-métrique de la racine et de la partie aérienne d' <i>Hordum vulgare</i>	47

III.3. Discussion.....	50
Conclusion.....	54
Références bibliographiques.....	57
Annexes.	64



Abréviations	Mots
av.J.C	avant Jésus-Christ
C.E.	Concentration d'efficacité.
E. foliaire	Extrait foliaire.
IAS	The International Allelopathy Society
APG	Angiosperms phylogeny group.
T.G.	Taux de germination.
T.I.	Taux d'inhibition.
T _m	Temps moyen nécessaires à la germination.
L'ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
USDA	United States Department of Agriculture



N°	Titre	Page
Tableau 01	Types et origine des métabolites secondaires.	10
Tableau 02	Quelques exemples d'effets secondaires de molécules allélopathiques (REGNAULT R et al ,2008)	13
Tableau 03	Quelques cultures à potentiel allélopathiques utilisées à l'encontre de mauvaises herbes (d'après WESTON, 1996) :(Regnault- R et al ,2008)	21
Tableau 04	Rendement d'extraction en métabolites secondaires pour les deux espèces.	38
Tableau 05	Taux d'inhibition et probits correspondants en fonction de la concentration de l'extrait foliaire de la plante <i>Peganum harmala</i> L.	46
Tableau 06	Taux d'inhibition et probits correspondants en fonction de la concentration de l'extrait foliaire de la plante <i>Tamarix gallica</i> L.	46
Tableau 07	Concentrations d'efficacités (CE _{50%} , CE _{90%}) des extraits foliaires de <i>Peganum harmala</i> L. et <i>Tamarix gallica</i> L. vis-à-vis d'orge <i>Hordeum vulgare</i> L.	47
Tableau 08	Valeurs moyennes de la longueur de la partie aérienne et souterraines des plantules d'orge témoins et traites par l'extraits aqueux de <i>peganum harmala</i> L. et <i>tamarix gallica</i> L.	48



N°	Titre	Page
Figure 01	Interaction interspécifique entre plantes (VIARD-CRETAT, 2008).	07
Figure 02	Effet de la compétition pour les ressources sur les voisins et les plantules de la même espèce (FLORE, 2008 in BELAIDI, 2014).	08
Figure 03	Voies de libération des molécules allélopathiques (REGNAULT-ROGER, 2008).	14
Figure 04	Taux d'inhibition maximale de germination enregistré au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait aqueux de <i>Peganum harmala</i> L. et <i>Tamarix gallica</i> L.	40
Figure 05	Taux maximale de germination enregistré au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait aqueux de <i>Peganum harmala</i> L. et <i>Tamarix gallica</i> L.	41
Figure 06	Cinétique de la germination observée au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de <i>Tamarix gallica</i> L.	43
Figure 07	Cinétique de la germination observée au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de <i>Peganum harmala</i> L.	43
Figure 08	Vitesse de germination des graines d'orge au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de <i>Tamarix gallica</i> L.	44
Figure 09	Vitesse de germination des graines d'orge au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de <i>Peganum harmala</i> L.	45
Figure 10	Action de différentes concentrations d'extrait foliaire de <i>P. harmala</i> .L sur le taux d'inhibition de la germination des graines d'orge.	47
Figure 11	Action de différentes concentrations d'extrait foliaire de <i>T. gallica</i> .L sur le taux d'inhibition de la germination des graines d'orge.	47



N°	Titre	Page
Photo 1	<i>Peganum harmala</i> L. en végétation (Mansoura Région de Ghardaïa ,2016)(Originale)	26
Photo 2	<i>Tamarix gallica</i> L. en végétation (Région de Mansoura- Ghardaïa, 2016).(Originale)	28
Photo3	<i>Hordeum vulgare</i> L.	30
Photo 4	Graines d' <i>Hordeum vulgare</i> L ,(originale)	30
Photo 5	Dispositif d'extractions des principes actifs par reflux	31
Photo 6	Dispositif d'évaporation de Méthanol.	32
Photo 7	Différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Peganum harmala</i> .L(de gauche à droite : 100%,90% ,80%,70%,60%,50%,40%,30%,20%,10%)	32
Photo 8	Dispositif d'irrigation des graines d'orge (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	34

Introduction

La présence des mauvaises herbes ou plantes adventices dans un champ de céréale est un sérieux problème et cause des pertes de récoltes exceptionnelles; la compétition pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière, affecte directement la croissance de la culture et son rendement. L'infestation massive de ces mauvaises herbes gêne les outils de labour et de moisson et rendent la réussite de ces opérations problématique. Le mélange de graines de mauvaises herbes avec les graines de la céréale déprécie la qualité commerciale du produit récolté. Il convient donc de lutter efficacement contre les adventices des céréales (OUATTAR et AMEZIANE, 1989). La présence de ces mauvaises herbes affecte le rendement de l'ordre de 20 à 30 %. Ceci entraîne un déficit monétaire très important surtout dans les cultures céréalières (HUSSAIN et *al.*, 2007).

La capacité d'une espèce à devenir une mauvaise herbe ou une plante envahissante, dépend d'un certain nombre de caractères adaptatifs de l'espèce par rapport au contexte agricole. Seules les espèces possédant des types biotiques c'est-à-dire un ensemble de caractères biologiques, démographiques, génétiques coadaptés, régis par les lois de la sélection naturelle, compatibles avec les contraintes du milieu cultural particulier, seront susceptibles d'acquiescer le statut de mauvaise herbe. C'est pourquoi l'étude d'une mauvaise herbe particulièrement envahissante doit porter sur l'analyse de sa stratégie biologique. Il s'agit de comprendre l'ensemble des caractères qui lui confèrent cette capacité d'adaptation et d'envahissement dans un contexte agro-écologique donné (LE BOURGEOIS et MARNOTTE, 2002).

Depuis les années cinquante, l'agriculture dépend de l'utilisation des herbicides et des pesticides pour éliminer les mauvaises herbes et assurer des rendements élevés. Les traits importants de la concurrence des mauvaises herbes n'étaient pas parmi les principales préoccupations des agriculteurs. En effet, les herbicides ont pris soin de détruire les mauvaises herbes en pratique agricole. L'application des agents chimiques pour le contrôle de celles-ci n'a donc cessé d'augmenter. Par conséquent, l'augmentation de l'utilisation d'un certain nombre de pesticides a eu des effets négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement (BENMEDDOUR, 2010).

Suite à l'utilisation à outrance des herbicides dans le domaine de l'agriculture, des syndromes de phyto-toxicité sont observés, s'ajoute à ceux-ci, des effets collatéraux sur la faune utile, la stérilité des espèces végétales non cible, accumulation dans le sol et eaux souterraines,

etc... Ces phénomènes, ont incité la collectivité internationale de s'intéresser beaucoup plus au développement des autres formes de lutte, dont la lutte par l'utilisation des bio-herbicides.

La lutte contre les mauvaises herbes, ou plutôt la gestion à long terme de l'enherbement d'une parcelle dans un contexte agro écologique donné, représente l'un des principaux enjeux permettant la durabilité des systèmes de production. La mise en place de cette gestion nécessite une connaissance approfondie de ces enherbements, notamment de leur composition floristique, de leur diversité spécifique, et de l'écologie et la biologie des espèces qui les composent. Cette démarche permet de connaître de façon précise les organismes contre lesquels il faut lutter et les facteurs écologiques et agronomiques qui vont influencer leur développement. Ainsi, il devient possible d'agir sur ces facteurs pour maintenir les communautés de mauvaises herbes en dessous d'un seuil de nuisibilité globale (LE BOURGEOIS et MARNOTTE, 2002).

L'idée de l'utilisation des bio-herbicides à base de plantes émane de l'exploitation du phénomène de l'allélopathie qui signifie l'ensemble d'interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives d'une plante sur une autre (MACIAS *et al.* 2007 ; RICE, 1974). En effet, les effets allélopathiques directs et la pertinence écologique est difficile à prouver. Néanmoins, l'allélopathie présente des capacités élevées de la lutte contre les mauvaises herbes en conditions réelles (BENMEDDOUR, 2010).

Plusieurs plantes présentent des pouvoirs allélopathiques parmi lesquelles, on cite : *Juglans regia* (Juglandaceae), *Pinus sylvestris*, *Pinus halipensis* (Pinaceae), *Eucalyptus occidentalis* (Myrtaceae), *Pergularia tomentosa* L.(Asclepiadaceae) ,*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae), ,*Cleome arabica* (Capparaceae), *Zyophyllum album* (Zygophyllaceae), *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) et *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) (GALLET et PELISSIER, 2002).

Dans la présente étude, on a choisi deux plantes *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) et *Tamarix gallica* (Tamaricaceae) récoltées dans la région de Ghardaïa (Mansour) Sahara septentrional Est Algérienne; deux plantes d'étude pour évaluer leurs pouvoirs inhibiteurs des extraits aqueux de ces plantes sur la germination des graines d'orge (*Hordeum vulgare* .L).

La présente étude comporte trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique sur le phénomène de l'allélopathie, faisant ressortir les mécanismes

physiologiques et les composés chimiques impliqués dans ce phénomène. La présentation des espèces spontanées sahariennes utilisées pour la préparation des extraits, ainsi que la méthodologie adoptée pour la partie expérimentale sont expliqués dans le deuxième chapitre. Le troisième chapitre regroupe l'ensemble des résultats qui seront suivis d'une discussion et d'une conclusion qui est un ensemble de réflexions qui achève cette étude.

Chapitre I.- Synthèse bibliographique

I.1.- Origine

Dès l'antiquité, l'homme a observé que certains végétaux gênaient le développement d'autres espèces voisines : Français Théophraste Renaudot (III^e av. J.-C.) remarquait que le pois chiche détruisait les mauvaises herbes et la plante noyer remarquait par naturaliste romain Pline (I^e AP. J.-C.) que ne laissait pousser aucune plante sous son feuillage. Au siècle dernier, De Candolle suggéra que la fatigue des sols pourrait être due à des exsudats des cultures (M DE RAÏSSAC et *al.* 1998).

D'après RICE (1984) in GALLET ET PELLISSIER (2002), le terme est généralement accepté pour couvrir le phénomène de l'allélopathie est connu depuis plus de 2000 ans. Ce phénomène consiste à l'interférence chimique d'une espèce végétale avec la germination, la croissance ou le développement d'autres espèces de plantes. D'autre façon des effets d'inhibition d'une plante sur une autre. Toutefois, certains biologistes utilisent le terme dans un sens plus large, les entomologistes l'utilisent dans les interactions plante -insecte et les microbiologistes dans les interactions plante-microorganisme.

En 1996, la société internationale d'allélopathie (IAS) définit l'allélopathie comme suit : Tout processus impliquant des métabolites secondaires produits par les plantes, micro-organismes (champignons, bactérie, etc..) qui ont une incidence sur la croissance et le développement de l'agriculture et les systèmes biologiques (à l'exclusion des animaux), y compris les effets positifs et négatifs (BENMMEDOUR, 2010). Le terme allélopathie correspond selon BOULLARD (1997) in BENMMEDOUR, (2010), au phénomène où certaines plantes supérieures sont capables de réagir biologiquement en présence d'autres espèces, il s'agit donc d'une interaction à distance entre végétaux pluricellulaires ou entre végétaux et champignons, liée à l'influence de métabolites d'une espèce sur une autre espèce.

Beaucoup d'auteurs dont HULOT et *al.* (2004), de RAÏSSAC (2002), DESAYMARD (1976), UK-CHON et *al.*, (2005), SINGH et *al.*, (2001), DELABAYS, (2005), DELABAYS et MERMILLOD (2002), KIM (2005), LECONTE (2004), PELLISSIER (2002), BRUNEL (2002), LACROIX, (2003), CAUSSANEL (1975), Drapier (1983), LELONG et *al.* (2004) et CORDONNIER (2004) s'accordent pour définir l'allélopathie comme l'ensemble des phénomènes qui sont dus à l'émission ou à la libération de substances organiques par divers organes végétaux,

vivants ou morts et qui s'expriment par l'inhibition ou la stimulation de la croissance des plantes se développant au voisinage de ces espèces ou leur succédant sur le même terrain (BELAIDI, 2014).

L'allélopathie selon MACHEIX *et al.* (2005) in MANI et HANNACHI (2015), représente la compétition chimique qui peut exister entre des plantes de différentes espèces à l'intérieur d'une communauté végétale (figure 1).

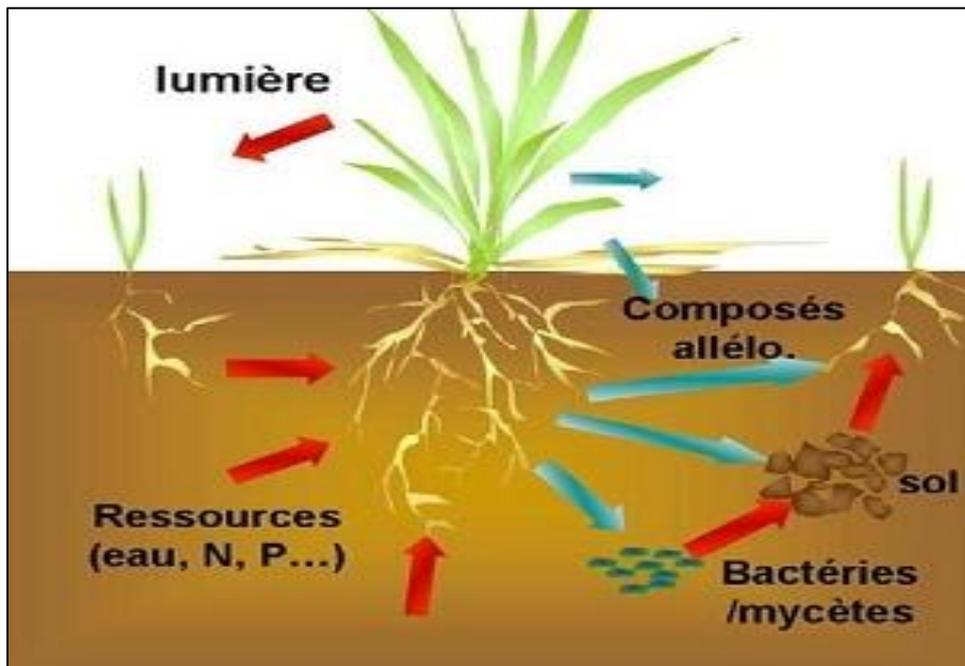


Figure1- Interaction interspécifique entre plantes (VIARD-CRETAT, 2008).

- Mécanisme de compétition pour les ressources.
- Processus d'allélopathie.

Le phénomène de l'allélopathie a été souvent considéré comme une part de la compétition ou complètement ignorée. Actuellement, 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 composés allopathiques émis dans l'environnement et les facteurs de facilitation (DELABAYS, 2002) (figure 2).

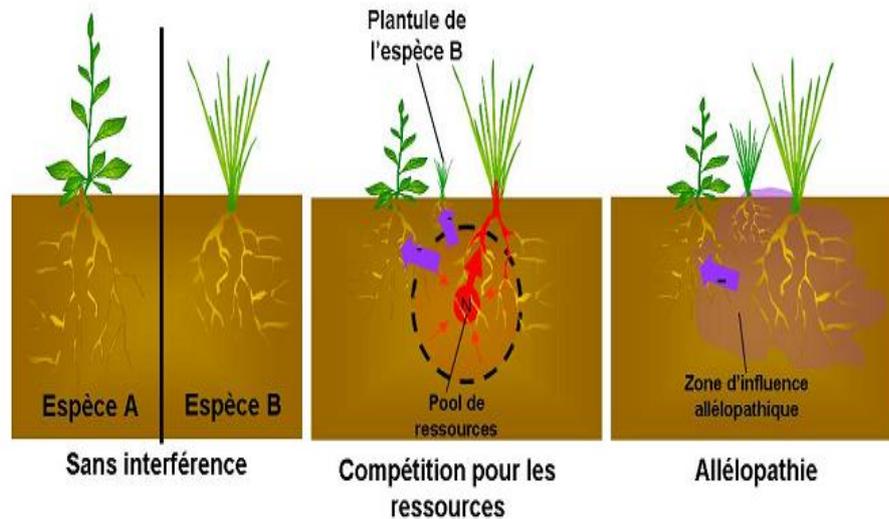


Figure 2- Effet de la compétition pour les ressources sur les voisins et les plantules de la même espèce (en rouge : localisation des ressources acquises et stockées par l'espèce B), et effet de l'allélopathie dans le cas où les plantules de l'espèce B ne sont pas sensibles aux composés allélopathiques émis par l'espèce B dans le second cas, il y a moins d'interférence interspécifique (FLORE, 2008 in BELAIDI, 2014)

I.2.- Généralités sur Substances allélopathiques ou allélochimiques

Selon VU THI DAO ,2008 actuellement connaissons plus de 250000 espèces végétales. Celles-ci produisent un large éventail de substances chimiques de structures variées. La libération de substances organiques par divers végétaux peut se révéler toxique (PERRY et al, 1987). Les substances chimiques synthétisés par les plantes allélopathiques qui exercent des influences sur d'autres plantes sont appelées allélochimiques (Ang. allelochemicals ou allelochemicals).

Selon BOUNIAS (1999), le terme « substances allélochimiques » est parfois employé pour désigner également des alcaloïdes végétaux inhibiteurs de la croissance des parasites fongiques. Cependant, dans ce travail, ce terme est lié au problème particulier de la toxicité des substances végétales envers d'autres végétaux.

Les allélochimiques sont libérés dans l'environnement par l'exsudation racinaire, la lixiviation par la surface des différentes parties, la volatilisation et/ou par la décomposition des

matières végétales (RICE, 1984). Parmi elles, on distingue classiquement les métabolites primaires et les métabolites secondaires.

La plupart des allélochimiques sont classés comme des métabolites secondaires et produits dérivés de la principale voie métabolique de la plante. Souvent, leur fonctionnement dans la plante est inconnu. Cependant, certains allélochimiques sont également connus pour leurs fonctions structurales (par exemple, comme intermédiaires de lignification) ou de jouer un rôle dans la défense contre les herbivores et les agents pathogènes des plantes (CORCUERA, 1993 in SYLVIAN, 1995 ; NIEMEYER, 1988).

I.2.1- Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont des produits issus directement des photo-assimilats (sucres simples, acides aminés, protéines, acides nucléiques et organiques), qui participent à la structure de la cellule végétale ainsi qu'à son fonctionnement de base (VU THI DAO, 2008). Ils sont souvent produits en grande quantité mais présentent une valeur ajoutée relativement basse. Ces métabolites sont aussi définis comme des molécules qui se trouvent dans toutes les cellules végétales et, nécessaires à leur croissance et à leur développement (RAVEN *et al.*, 2003).

Par opposition, les métabolites secondaires (MII) ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolites primaires et résultent de réactions chimiques ultérieures. Leurs rôles dans la physiologie de la plante ne sont pas encore tous élucidés. Ces composés sont limités à certaines espèces de végétaux et sont importants pour la survie et la valeur adaptative des espèces qui les synthétisent (CROTEAU *et al.*, 2000 ; RAVEN *et al.*, 2000 in VU THI DAO, 2008).

I.2.2.- Métabolite secondaire

Chez de nombreuses plantes, une partie importante du carbone qui a été assimilé et de l'énergie emmagasinée, est prélevée afin de synthétiser des molécules organiques qui ne peuvent avoir aucun rôle dans la croissance et le développement. Ces molécules sont appelées métabolites secondaires (HOPKINS, 2003).

Les molécules du métabolisme secondaire ne participent pas directement au développement des plantes et varient d'une espèce à l'autre. Elles sont fabriquées uniquement si tous les mécanismes vitaux de la plante sont réalisés. Elles permettent de caractériser des familles végétales. Elles interviennent dans les réponses aux stress environnementaux et d'autre participent pour défendre leur producteur contre les herbivores, les pathogènes ou des compétiteurs (PETER et MICHELLE, 2003). Par contre, les métabolites primaires ont un rôle essentiel pour le métabolisme et le développement végétal, ils se retrouvent dans toutes les espèces végétales (BUCHANAN, 2006 in BELAIDI, 2014).

Ces composés organiques dérivent principalement de métabolisme primaire via les molécules charnières comme l'acide Shikimique, l'acetyl-CoA et l'acide mevalonique. Il existe donc des liens étroits entre les grandes fonctions physiologiques des végétaux (photosynthèse, respiration, croissance, etc....) et la production de métabolites secondaires, potentiellement allélopathiques. Leur importance quantitative chez les végétaux est extrêmement variable et contrôlée par des facteurs aussi bien génétiques qu'environnementaux. Ainsi leur apparition et /ou accumulation sont souvent en harmonie avec une étape de développement, et seront modulées par les conditions de l'environnement (REGNAULT et *al* ; 2008).

Les métabolites secondaires constituent un groupe très hétérogène par leur nature chimique comme par leur répartition systématique, leur localisation anatomique et leur action physiologique supposée. Parmi les familles chimiques les plus connues par ces effets biologiques on cite : les terpénoïdes, composés phénoliques et les composés azotés tel que les alcaloïdes (tableau 1) (PETER, 2003).

Tableau1 - Types et origine des métabolites secondaires

Type	Origine	Nb de différent molécules caractérisées
Alcaloïdes	Acides aminés	12000
Molécules phénoliques	Voie de l'acide shikimique et acétate/malonate	8000
Terpénoïdes	l'IPP (isopentenylidiphosphate), une molécule à 5 C	25000

I.2.2.1.– Alcaloïdes

Le terme alcaloïde a été introduit au début du XIX^{ème} siècle par Meisner Les alcaloïdes sont connus depuis des milliers d'années (DEWICK, 2002). Ce sont des substances d'origine organiques naturelles composés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote (SCHAUENBERG et PARIS, 2005). La plupart ont des propriétés basiques. Il existe plusieurs types d'alcaloïdes, certains ont de structures très simples, et d'autres beaucoup plus complexes (MEKKIOU R ,2005).

Les alcaloïdes existent rarement à l'état libre dans la plante, mais le plus souvent ils sont combinés à des acides organiques ou à des tanins (ZIEGLER et FACCHINI, 2008).Exemple (tyrosine, tryptophane, ornithine, arginine et lysine) (BELAIDI A, 2014).

I.2.2.2.- Terpénoïdes

Le nom vient du mot allemand TERPEN (1866), ils sont appelés aussi isoprénoïdes car leur dégradation thermique libère le gaz isoprène (BOUCHANAN, 2000).

Les terpènes sont des hydrocarbures mais de nombreux dérivés selon leur fonction (alcools, aldéhydes, cétones, acides) et en peut classer aussi selon leur structure. En effet les plantes synthétisent plus de vingt-deux milles dérivés isopréniques qui possèdent des structures, des propriétés physiques et chimiques et activités biologiques très diverses (CONOLLY, 1991). Ils sont souvent les constituants "de senteur" (térébenthine, camphre, menthol, citronnelle) ; on les extrait sous forme d'huiles essentielles pour la parfumerie. Certains d'entre eux ont un rôle biologique important (hormones, vitamines) (GERARD, 2016).

I.2.2.3.- Composés phénoliques

En peut dire aussi polyphénols forment une grande famille de composés chimiques très divers depuis les simples acides phénoliques jusqu'aux grands polymères complexes que sont par exemple, les tanins et la lignine. Ils peuvent avoir plusieurs différents substituants et sont des composés qui contiennent un groupe phénol (anneau aromatique avec un groupe hydroxyle) (BOUCHANAN, 2000).

Leurs rôles reconnu dans différents aspects de la vie de la plante et dans l'utilisation par exemple : aspects physiologie (lignification ,régulation de la croissance ,interactions moléculaires

avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites ...), d'autre aspect interaction de plante avec leur environnement biologique et physique (relation avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistances aux UV), soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux (JEAN-JACQUES *et al.*, 2005).

I.3.- Effets des allélochimiques sur les plantes

Les effets visibles des substances allélopathiques sur les plantes (réduction de croissance, échec de germination des semences) nécessite de distinguer les effets allélopathiques primaires (sites d'action cellulaire des molécules allélopathiques) car les changements qui manifestent ont lieu à l'échelle cellulaire sont des effets allélopathiques secondaires au niveau des organes ou de la plante dans son entier (ZEGHADA, 2009).

Les stades physiologiques de jeunes plantules correspondant à des phases de développement particulièrement sensibles pour cette raison la majorité des effets secondaires sont testés sur leurs germination et/ou la croissance (LOVETT *et al.*, 1989 ; in PUKCLAI et KATO-NOGUCHI, 2011). Ces tests, mesures de biomasse et de taille d'organe sont les méthodes prédominantes employées (HUGLAND et BRANDSAETER, 1996).

En effet, la germination des graines est alors retardée ou le développement des plantes est inhibé. Les variations morphologiques sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement : des effets sur l'allongement de la tige et de la racine (coléoptile et coléorhize des Poaceae). Ces variations peuvent être observées aux stades post-levée sur le développement des pousses et des racines (KRUSE *et al.*, 2000).

De nombreux métabolites secondaires peuvent participer à différentes interférences. Un des exemples classiques concerne l'action inhibitrice qu'exerce le noyer (*Juglans nigra* L.) sur le développement de différentes espèces herbacées ou ligneuses (MACHEIX *et al.*, 2005, in MANI et HANNACHI 2015).

D'autres exemples concernent les plantes de milieux désertiques ou semi-désertiques, les feuilles de la plante buissonnante *Encelia farinosa* L. (Asteraceae) produisent une toxine de nature phénolique qui inhibe la croissance des plantes annuelles et évite ainsi la compétition pour l'eau. De même, certains buissons ligneux relâchent des composés phénoliques hydrosolubles qui,

en synergie avec des terpènes, bloquent tout développement de la couverture herbeuse jusqu'à une distance d'un ou deux mètres (MACHEIX *et al*, 2005, in MANI et HANNACHI 2015).

L'allélopathie (contrairement à la compétition pour les ressources) peut continuer à influencer la croissance des semis même lorsque son origine n'existe plus (TIMBAL, 1994). Il faut souligner la capacité des substances allélopathiques à rester actives dans le sol après la disparition de la végétation qui les a produites.

Tableau 2 : Quelques exemples d'effets secondaires de molécules allélopathiques (REGNAULT ROGER *et al*, 2008)

Composés	Effets secondaires	Plante-cible	Références
Coumarines	Inhibition racinaire	Radis <i>Raphanus sativus</i>	Aliotta <i>et al</i> (1993)
Flavonoïdes	Ralentissement de la croissance	Luzerne <i>Medicago sativa</i>	Chaves et Escudero, (1997)
Acide p-hydroxybenzoïque	Inhibition racinaire	Orge <i>Hordeum sp</i>	Christen et Lovett, (1993)
Monoterpènes	Inhibition de la germination	Thym <i>Thymus vulgaris</i>	Tarayre <i>et al</i> (1995)
Isoflavones	Inhibition de la germination	Ail <i>Alium cepa</i>	Macias <i>et al</i> (1999)

I.4.- Voies des émissions des allélochimiques

Les substances allélochimiques sont libères dans l'environnement au moyen de quatre processus écologiques :

D'après (Roger, 1987), les composés allélopathiques seraient soit des produits du métabolisme, soit des produits déchets évacués dans la vacuole pour éviter une auto-intoxication. Ils pourraient être continuellement synthétisés et dégradés dans les cellules des plantes ou seulement synthétisés en réponse à un stimulus externe (PUTNAM ET DUKE, 1978, in XAVIER et LAURENT, 1987).

L'émission de substances secondaires dans l'environnement peut se faire par différentes voies : Volatilisation - Le Lessivage - Exsudation racinaire - Décomposition des résidus de végétaux (fig.3).

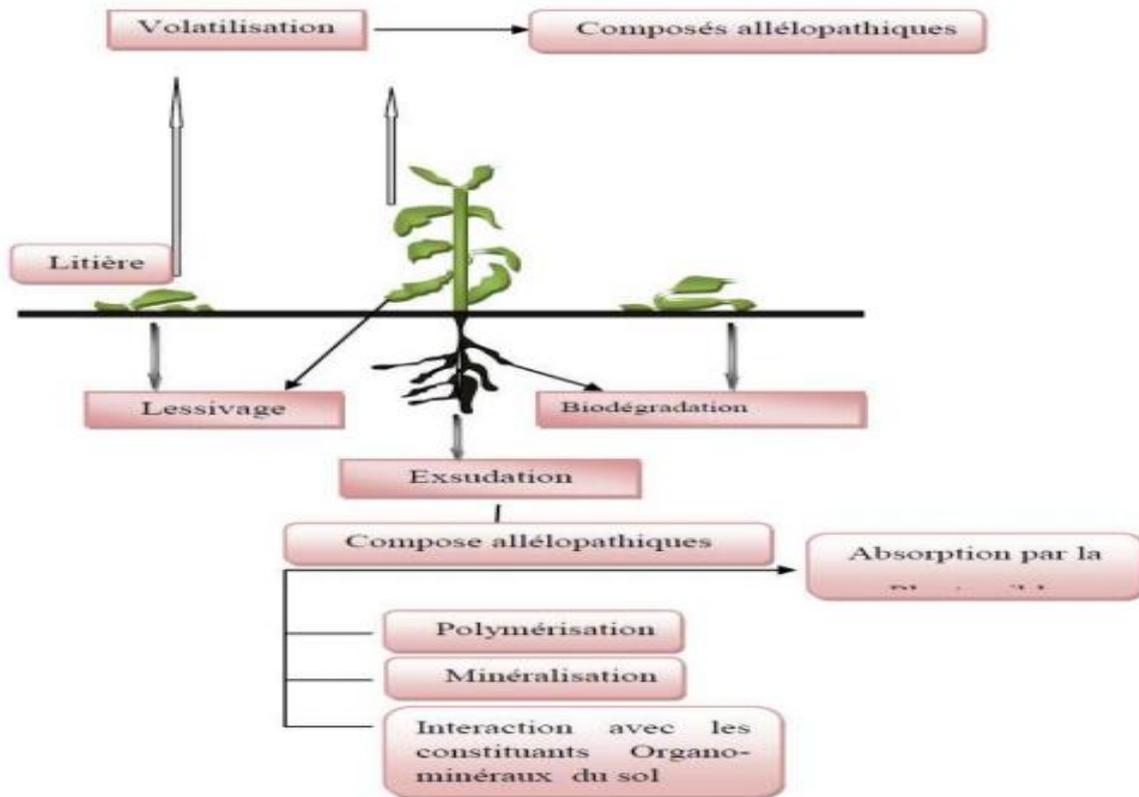


Figure 3- Voies de libération des molécules allélopathiques (REGNAULT-ROGER, 2008).

I.5.- Efficacité des agents allélochimiques

Différents facteurs, environnementaux ou autres, peuvent influencer ou réguler l'efficacité des agents allélopathiques après leur libération dans le milieu. Ces facteurs sont l'activité microbienne du sol, l'eau disponible, les éléments minéraux, la teneur en matière organique et la texture du sol, la décomposition des substances allélochimiques, leur durée d'activité et d'accumulation, leur possible action synergique.

I.6.- Nature des composés allélopathiques

L'identification des molécules impliquées dans des interactions entre les plantes par l'analyse biochimique des feuilles, des racines, des fruits, etc. Ces molécules appartiennent le plus souvent à la classe des métabolites secondaires, c'est-à-dire des molécules a priori inutiles à la plante à l'échelle cellulaire, mais impliquées à l'échelle de l'organisme dans la communication avec l'environnement (pathogènes, herbivores, pollinisateurs, etc.).

Ces composés extrêmement nombreux et diversifiés regroupent les terpènes, les composés azotés ou alcaloïdes, ainsi que les composés phénoliques. C'est dans ce dernier groupe que l'on rencontrera le plus souvent des substances susceptibles d'exercer une action allélopathique. Les progrès analytiques de ces dernières décennies ont permis l'identification et le dosage de plusieurs milliers de ces structures. Par rapport aux métabolites primaires, ces métabolites secondaires sont synthétisés en quantités souvent faibles par la plante, mais avec une variabilité très importante, par ailleurs exploitée en chimio-taxonomie. À une variabilité intra et interspécifique s'ajoute une forte influence environnementale, qui explique les importantes variations observées dans les teneurs en composés allélopathiques tant en fonction de l'âge des plantes que de leur localisation spatiale (CHRISTIANE G et PELLISSIER, 2002).

I.7.- Influence de Stresses environnementaux sur la synthèse des allélochimiques

La synthèse des substances allélopathiques, comme tous les métabolites secondaires, est très sensible aux facteurs de l'environnement, qu'ils soient de nature physique, chimique ou biologique. De plus, ces composés participent activement aux interactions de la plante avec son environnement, soit en jouant le rôle de signaux de reconnaissance vis-à-vis de certains microorganismes, soit en lui permettant de résister à divers agression, d'origine biologique ou non (MACHEIX *et al.* 2005 in BENMMEDOUR, 2014).

Plusieurs études ont vérifié les mécanismes des systèmes d'auto défense incluant l'allélopathie des plantes. Les plantes répondent aux stress environnementaux à travers des réactions biochimiques variées. Ce qui peut leur fournir une protection contre les agents causaux. Certains allélochimiques sont des substances antimicrobiennes produites uniquement après une blessure ou une attaque par des bactéries ou champignons (RAVEN *et al.*, 2003).

L'augmentation des composés allélopathiques phénoliques et terpenoïdes sous stress environnementaux est bien documentée. Par exemple, une élévation de la lumière UV-B induit l'accumulation de phénylpropanoïdes et des flavonoïdes dans différentes espèces de plantes comme le haricot (*Phaseolus vulgaris* L. de Fabaceae), le persil (*Petroselinum crispum* Mill. de Apiaceae), la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L. de Solanaceae), la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. de Solanaceae), le maïs (*Zea mays* L. de Poaceae), le seigle (*Secale cereale* L. de Poaceae), l'orge (*Hordeum vulgare* L. de Poaceae) et le riz (*Oryza sativa* L. de Poaceae) (KIM *et al.*, 2000 ; BALLARE *et al.*, 1995 ; LIU *et al.*, 1995).

I.7.1.- Longueur de jour

Les jours longs accroissent la concentration d'acide phénolique et de terpènes des plantes (TAYLOR, 1965). Les concentrations en acides chlorogéniques du tabac, *Nicotiana tabacum* (Solanaceae) et de *N sylvestris* (Solanaceae), augmentent fortement juste avant le passage de l'état végétatif à l'état floral du méristème. Cette augmentation est due à la longueur du jour et a lieu au cours de jours courts pour *Nicotiana tabacum* et au cours de jours longs pour *N sylvestris* (Solanaceae) (ZUCKER et al, 1965 in XAVIER et LAURENT, 1987).

I.7.2.- Stress hydrique

DEL MORAL (1972) montre qu'après 31 jours de traitement, un stress hydrique entraîne un accroissement de la concentration d'acide chlorogénique et isochlorogénique dans les racines et les feuilles de tournesol (*H annuus*). TI montre aussi que la combinaison de différents facteurs de stress tels qu'un manque d'eau et une exposition aux UV augmente la concentration en acide chlorogénique et isochlorogénique plus que chacun des facteurs isolément. La plus forte augmentation de concentration est observée en combinant stress hydrique et déficience azotée.

I.8.- Allélochimiques dans les différents organes de la plantes

Tous les principaux organes de la plante ont le potentiel de stocker les composés allélochimiques qui sont généralement sécrétés par les racines. Cependant, ils sont également présents en quantités variables dans les tiges, les feuilles et les fruits (BUBEL, 1988).

Les composés allélopathiques sont produits à différents endroits de la cellule et emmagasinés surtout dans les vacuoles. Ils sont souvent synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre. 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).

I.9.- Effets allélopathiques par différents types des plantes

I.9.1.- Par plantes toxiques

L'hypothèse des nouvelles armes (*NOVEL WEAPONS HYPOTHESIS* – CALLAWAY and ASCHEHOUG, 2000 ; HIERRO and CALLAWAY, 2003). Elle postule que certaines espèces exotiques émettent dans le sol des composés secondaires qui auraient un effet inhibiteur sur les espèces végétales ou la microfaune du sol de l'habitat envahi. Le rôle de l'allélopathie dans l'invasion a été démontré chez plusieurs espèces exotiques (HIERRO and CALLAWAY, 2003).

Dans le cas des espèces exotiques, l'allélopathie leur confère un avantage compétitif car les espèces natives n'ayant pas co-évolué avec ces espèces exotiques, elles sont plus sensibles aux effets de ces nouvelles molécules phytotoxiques que les espèces de leur aire d'origine (CALLAWAY, ASCHEHOUG 2000; MALLIK, PELLISSIER 2000).

De plus, certaines espèces ont montré une capacité à produire des molécules de type différent ou dans des proportions différentes dans leur aire d'origine et dans leur aire d'introduction, ce qui pourrait être le signe d'une adaptation rapide aux nouvelles conditions et participer à leur fort succès dans les nouveaux territoires d'expansion (BAIS et al. 2003; FAN, MARSTON 2009; VIVANCO et al. 2004).

Le potentiel allélopathique du laurier rose (*Nerium oleander* L.de Apocynaceae) est étudié dans plusieurs essais biologiques en laboratoire. Il est testé sur l'orobanche (*Orobanche* de Orobanchaceae), un parasite obligatoire. Une stimulation du nombre des tubercules de l'orobanche est observée sur les racines des plants de tomates dans les pots d'expériences (AKSOY, 2003). L'effet des extraits aqueux des racines, des feuilles et des bourgeons de *N. oleander* L. sont testés aussi par KARAALTIN et al. (2004) sur la germination et le développement des plantules de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.de Fabaceae) et du blé tendre (*Triticum aestivum* L.de poaceae). Le haricot est plus affecté que le blé, l'extrait des bourgeons n'a aucun effet. Tous les extraits stimulent la germination mais réduisent la longueur de la racine et de la tigelle. Les extraits des racines sont les plus efficaces (BENMEDDOUR TAREK, 2009).

I.9.2.- Par plantes médicinales

Les recherches sur les plantes médicinales ont fait ressortir un certain nombre de plantes qui synthétisent des substances chimiques pouvant empêcher la croissance et baisser le rendement des plantes voisines. Asad et Bajwa (2005) in BENMEDDOUR TAREK, 2009 ont étudié le potentiel allélopathiques du séné (*Senna occidentalis* L.de Caesalpiniaceae) Sur la partenelle (*Tanacetum parthenium* L. de Asteraceae) Et ont conclu que les substances extraites de cette espèce peuvent éliminer quelques mauvaises herbes.

Une autre espèce de séné (*Cassia angustifolia* Vahl de Fabaceae) connue sous le nom Sana Makki a été étudié par (Hussain et al. 2007) pour son potentiel allélopathique. Elle est testée sur les principales cultures céréalières, le maïs (*Zea mays* L. de Poaceae), le riz (*Oryza sativa* L. de Poaceae), le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) de Poaceae) et le blé tendre (*Triticum aestivum* L.de Poaceae). et sur les principales mauvaises herbes Poaceae associés à ces cultures : la folle avoine (*Avena fatua* L.), le chiendent (*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., l'échinochloé des cultures *Echinochloa colona* (L.) et l'Alpiste mineur (*Phalaris minor* Retz.). L'espèce *C.angustifolia* Vahl a été incorporée au sol sous trois formes : des extraits, des paillis et l'ensemble de la plante. Un effet remarquable a été observé sur la germination d'*A. fatua* L.(Poaceae) et sur le développement des plantules de blé tendre. Le paillage de séné a considérablement réduit la germination d'*A. fatua* L. et stimulé le développement des plantules de blé tendre par rapport aux témoins. (HUSSAIN et al. 2007) ont conclu que *C.angustifolia* Vahl (Oliaceae) peut être employée avec succès pour lutter contre la folle avoine qui est une mauvaise herbe envahissante du blé (BENMEDDOUR, 2010).

I.9.3.- Par plantes cultivées

La plupart des recherches sur l'allélopathie des plantes cultivées impliquent les effets des résidus de plantes en décomposition. Ces résidus ayant parfois des effets inhibiteurs sur la culture suivante, identique (auto-toxicité) ou différente de la première. Ces études sont particulièrement importantes aujourd'hui avec l'apparition des nouvelles techniques de culture comme le travail minimum, le semis direct, la lutte contre l'érosion, qui consistent à laisser les résidus de cultures en surface (XAVIER et LAURENT, 1987).

La luzerne est connue pour être autotoxique et l'allélopathique : REGDE et MILLER (1990) montrent que la hauteur, le poids frais de la luzerne et le poids frais du sorgho sont plus faibles sur

un sol issu d'un champ de luzerne que sur un sol issu d'un champ de sorgho. Les composés allélopathiques du sol sous luzerne sont impliqués dans l'inhibition de la croissance des deux cultures. L'incorporation dans le sol de racines fraîches de luzerne (ou de racines + parties végétatives) réduit l'émergence de la luzerne, sa hauteur et son poids sec par pied.

FUNKE (1941), remarque que les graines de betterave produisent des substances qui inhibent la croissance de *Agrostesuma githago* et pas celle de la moutarde blanche. Il conclut qu'une toxicité sélective explique la présence exclusive de certaines espèces d'adventices dans les champs cultivés de betterave.

I.9.4.- Par les grands arbres

Parmi les espèces ligneuses connues pour synthétiser et libérer des substances toxiques dans leur environnement, *le Noyer (Juglans regia* de Juglandaceae) est sans conteste l'espèce dont les effets négatifs sont connus et étudiés depuis le plus longtemps : si la description du phénomène remonte à Pline l'Ancien, la substance en cause (une naphtoquinone appelée juglone) n'a été identifiée qu'en 1928 (Davis). Depuis, un grand nombre d'études qualitatives et quantitatives ont précisé les modalités de cette interaction, en mettant en particulier en avant le rôle des microorganismes du sol dans le métabolisme de la toxine. Mis à part cet exemple qui concerne davantage le domaine agroforesterie que les écosystèmes forestiers proprement dits, ce sont les représentants du genre *Eucalyptus* qui ont mobilisé le plus précocement des travaux, en particulier en milieu aride. Dans ce cas, les substances allélopathiques sont des terpènes, volatilisés directement dans l'atmosphère, et atteignant les plantes-cibles grâce au brouillard sous forme d'aérosols.

À partir des années 1970, des investigations menées en forêt boréale canadienne ont mis en évidence les potentialités allélopathiques de différentes espèces feuillues comme *Acer saccharum* (Sapindaceae) (TUBBS, 1973), *Populus balsamifera* (Salicaceae) (JOBIDON ET THIBAUT, 1982). En forêt décidue européenne, les travaux de KUITERS (1987) ont établi l'influence de *Quercus robur* (Fagaceae) et *Fagus sylvatica* (Fagaceae) sur la végétation accompagnatrice.

I.10.- Lutte contre les mauvaises herbes par l'allélopathie

Du point de vue agronomique, la gestion allélopathique des mauvaises herbes semble immédiatement avantageuse comme alternative ou comme supplément. À d'autres pratiques de gestion des mauvaises herbes dans la production végétale, réduit l'utilisation d'herbicides traditionnels par l'utilisation de l'allélopathie. Sont souvent mentionnés comme étant favorables à l'environnement (MACIAS 1995, NARWAL et al.; 1998). (Tab. 3). Par exemple, on citera les exsudats racinaires de *sorgho* (*Sorghum bicolo* L. de Poaceae), contenant principalement de la sorgoléone, inhibant la croissance de nombreuses adventices (EINHELLIG et al, 1993 ; HOFFIMAN et al, 1996) .

L'effet néfaste des résidus des herbicides sur l'environnement et l'apparition des mauvaises herbes résistantes ont élargi la demande pour les cultures biologiques. Ceci exige des systèmes agricoles alternatifs qui sont moins dépendants des pesticides ou basées sur des composés naturels (SINGH et al., 2003 in BENMMEDOUR, 2014).

L'utilisation de couverts allélopathiques à effets négatifs sur les adventices vise la valorisation de plantes vivantes et une gestion ciblée de leurs résidus pour profiter des substances allélochimiques relâchées par lessivage, décomposition des résidus, volatilisation, exsudats racinaires ou diffusion de pollen (KHANH et al., 2005). Elle se fonde en outre sur les intérêts suivants :

- il s'agit d'une méthode acceptée sur un plan environnemental dans la mesure où elle repose sur des substances naturelles sans effet résiduel ;
- les plantes sont la source d'une large diversité de substances chimiques, qui pourraient d'ailleurs être exploitées comme nouveaux herbicides ;
- les sites d'action étant nouveaux, ils permettent de résoudre des problèmes de résistance chimique ;
- les plantes allélopathiques peuvent constituer une approche de la lutte contre les adventices, à coût réduit et sur le long terme (BATISH et al., 2006).

Tableau 3 : Quelques cultures à potentiel allélopathiques utilisées à l'encontre de mauvaises herbes (d'après WESTON, 1996) :(REGNAULT et *al*, 2008).

Plante productrice	Composés allélopathiques impliqués
Moutarde (<i>Brassica nigra</i>)	Allyl isothiocyanate
Sarrasin (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	Acide gras
Trèfle (<i>Trifolium sp</i>)	Isoflavonoïdes Acides phénoliques
Avoine (<i>Avena sativa</i>)	Scopolétine Acides phénoliques
Seigle (<i>Secale cereale</i>)	Benzoxazinones Acides phénoliques
Blé (<i>Triticum aestivum</i>)	Acides simples Acides phénoliques
Sorgho (<i>Sorghum sp</i>)	Sorgoléone -p-hydroxy benzaldehyde Acide p-hydroxybenzoïque-Autres acides phénoliques

Plantes messicoles de l'Avesnois présentent des adaptations qui en ont fait une bonne messicole volontiers et une *mauvaise herbe* très compétitrice. Les relations entre cette plante et d'autres sont un mieux comprises. Elle produit un assez grand nombre de graines, ces graines sont individuellement capables d'inhiber biochimiquement la germination d'autres espèces ; En effet, expérimentalement, un éluât aqueux produit à partir de fruits d'*Ammi majus* inhibe remarquablement bien la germination des graines adjacentes d'autres espèces telles que la Rose de Jéricho (*Anastatica hierochuntica*), ou encore la laitue, la tomate, sans inhiber la germination d'autres graines d'*Ammi*

KONG et *al.* (2008) in BENMMEDOUR (2014) ont trouvé que les composés extraits des racines du riz peuvent modifier la communauté microbienne du sol et indirectement ont affecté le développement de quelques adventices du riz. Beaucoup d'intérêts existent en utilisant des produits naturels afin de contrôler les mauvaises herbes dans les agro-écosystèmes. Cependant, peu de produits naturels ont été développés et commercialisés (MCLAREN, 1986). Le Bialaphos et le glufosinate sont les bio herbicides les plus utilisés avec succès (SY et *al.*, 1994 ; MERSEY et *al.*, 1990). Ces deux produits naturelle sont des phytotoxines produites par des bactéries du genre *Streptomyces*, ils sont actuellement disponibles comme bio herbicides commerciaux.

I.11.- Contraintes de l'allélopathie

FRIEDMAN (1995) a démontré que le niveau d'expression de l'allélopathie dépend des conditions environnementales, généralement renforcées par les conditions de stress.

En condition réelle, notamment pour les couvertures végétales vives, il est délicat de séparer expérimentalement les effets de compétition de ceux d'allélopathie. Bien que certaines substances émises par les plantes aient été identifiées et leurs effets allélopathiques mis en évidence, on ne connaît pas précisément la quantité des substances émises, ni à quelle teneur elles se retrouvent dans le milieu. Les effets d'une substance sont en général démontrés pour des concentrations élevées, probablement éloignées des conditions réelles (RICE, 1984). Aussi à cause de la complexité des interférences qui existent entre les plantes dans les milieux ou vivent (CHRISTENSEN, 1993).

D'après THOMPSON (1985), Nature de sol parmi les facteurs influant l'activité des composés allélopathiques réduite lorsqu'ils sont fixés par les argiles ou par la matière organique, alors qu'ils sont totalement disponibles dans un sol très sableux; un amendement calcaire aurait la propriété de lier ces composés et de les inactiver .

L'effet des allélochimiques peut être avantageux pour la suppression des mauvaises herbes mais les espèces cultivées peuvent être affectées. Les plantes cultivées peuvent être très sensibles à l'effet des allélochimiques ce qui influence négativement leur développement (QASEM, 2001 in BENMMEDOUR, 2014).

La synthèse des composés secondaires par les végétaux étant ralentie lorsque la fertilité du sol augmente, plusieurs équipes ont tenté de réduire la production de ces composés dans l'écosystème par apport de fertilisant (GALLET et PELLISSIER, 2002).

Les microorganismes du sol, capables de dégrader ou de rendre inactives les molécules responsables de l'inhibition en les immobilisant (par polymérisation, adsorption, conjugaison...), vont bien entendu jouer un rôle-clé dans l'expression du potentiel allélopathique (GALLET et PELLISSIER, 2002).

I.12.- Impacts directs et indirects sur la biodiversité

L'allélopathie explique en partie le caractère invasif de certaines espèces. Les invasions biologiques sont considérées par l'UICN comme la seconde cause de dégradation des écosystèmes et de régression de la biodiversité. À titre d'exemple, *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae) interagit en Amérique du Nord avec trois espèces autochtones *Acer rubrum* (Sapindaceae), *Acer saccharum* (Sapindaceae) et *Quercus rubra* (Fagaceae). *Acer rubrum* montre une réponse positive à la présence de l'envahisseur alors que les jeunes *Quercus rubra* ont une croissance inhibée en sa présence. Une espèce invasive peut donc fortement modifier le peuplement dans lequel elle apparaît, en inhibant le développement de certaines espèces, et en favorisant d'autres. *Acer rubrum* s'est fortement développé aux États-Unis au XXe siècle peut-être en partie à cause de *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae) (GOMEZ et CANHAM, 2008).

Les paillis allélopathiques présentent des problèmes potentiels aussi bien que des avantages. Ils peuvent épuiser l'humidité et immobiliser des éléments, particulièrement l'azote. Inclure dans le mélange de plantes semées des légumineuses qui se décomposent rapidement peut limiter les conséquences de ce problème (BRENDA *et al.*, 2012).

Dans les Alpes septentrionales humides, l'épicéa (*Picea abies* L de Pinaceae) les inhibitions que rencontrent leurs jeunes semis de la part de plantes du sous-bois qui ont un développement considérable impliquent une production de métabolites secondaires susceptibles d'avoir un impact sur la régénération (REGNAULT *et al.*, 2008).

Les substances allélochimiques issues des plantes vivantes ou de leurs résidus peuvent affecter la présence et la croissance d'autres organismes utiles comme des bactéries, champignons et autres microorganismes. Elles mériteraient au moins d'être étudiées lorsque du matériel végétal cultivé à cette fin est incorporé dans le sol (KHANH *et al.*, 2007 in CHARLES *et al.*, 2012).

Chapitre II.- Méthodologie du travail

Depuis une vingtaine d'années, les recherches sur les herbicides naturels d'origine végétale sont menées dans trois directions majeures. La première approche est l'utilisation du végétal lui-même comme désherbant (PUTNAM et DEFRANK, 1983 *in* JOBIDON, 1992).

La deuxième direction vise à accroître chez les plantes cultivées la production de phytotoxines susceptibles d'inhiber le développement des mauvaises herbes par sélection génétique (LIU et LAVETI, 1989, *in* GASSER et FRALEY, 1992).

La troisième direction cherche à isoler les molécules inhibitrices des adventices et à les utiliser comme herbicides. Les travaux dans cette dernière voie, ne sont pas encore très nombreux (IBRAHIMA, 1997).

II.1.- Matériels utilisés

II.1.1.- Matériels végétal

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude est de deux catégories; deux espèces végétales utilisées pour la préparation des extraits végétaux soit *Peganum harmala* L (Zygophyllaceae) et *Tamarix gallica* L (Tamareaceae) et une autre plante utilisée pour les essais biologiques dont *l'orge Hordeum vulgare* L. (Poaceae).

II.1.1.1.- *Peganum harmala* L.

Plante vivace herbacée buissonnante de la famille des Zygophyllaceae de l'ordre des Sapindales. Il s'agit d'une espèce persistante, difficile à maîtriser et qui peut devenir une plante dominante des pâturages secs. Comme les plantes ont un goût très désagréable et sont toxiques, les pâturages très infestés perdent une bonne partie de leur valeur fourragère Les plantules ont 2 cotylédons ovales allongés. (ACIA, 2013). D'après GHARBI (2005), 30 à 60 cm haut, glabre, avec un stock ligneux et les tiges ramifiées de la base, en croissance de 30 à 80 cm de hauteur. Leur floraison a lieu en avril-mai (photo1).



Photo 1- *Peganum harmala* L. en végétation (Mansoura Région de Ghardaïa ,2016)
(Originale)

Les feuilles sont alternes, linéaires multi fil, avec odeur désagréable lorsqu'il est écrasé (GHARBI, 2005). De 2 à 5 cm de long; Feuilles à peine scariées aux bords, un peu glauques, ovales-lancéolées, acuminées, embarrassantes et élargies à la base, se développant en même temps que les fleurs (HADJ ALLAL, 2014).

La plante présente des 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 sub symétriques. Les fleurs sont monoïques dotées de dix à quinze étamines à anthères longues de 8 mm à filets très élargis et plat dans leur partie inférieure, et à gynécée de 8-9 mm de longueur; des ovaires globuleux de trois à quatre loges et des stigmates à 3 carènes insensiblement atténués en style (BOUZIANE,2012)

Une capsule sphérique de 7 à 12 mm de long par 12 mm de large libère de nombreuses graines. Les longues graines angulaires légèrement arquées sont étroitement triangulaires en coupe transversale. Elles mesurent de 2,5 à 4,0 mm de long et de 1 à 2 mm de large et, elles ressemblent à des quartiers d'orange sous grossissement. Leur surface est rugueuse et terne avec une texture en nid d'abeilles ou en bulles. La couleur des graines varie du noir au brun et au rouge en fonction du nombre de manipulations (ACIA, 2013).

D'après ASLAM et al (2014), *Peganum harmala* L. est une plante herbacée vivace bien répartie en Afrique, au Moyen-Orient, en Inde, au Pakistan, au Sud Amérique, Mexico et plusieurs autres pays. *Peganum harmala* est originaire des régions arides et semi-arides, des régions de déserts d'Afrique du Nord et d'Asie qui se sont répandues dans certaines parties du Nord du Mexique (ABBOTT et al. 2007). Il s'agit d'une plante tolérante à la sécheresse dans les régions arides d'Asie Centrale, Moyen-Orient et a été introduit en Amérique et en Australie (MAHMOUDIAN et al. 2002). Selon FRISON et al. (2008), *Peganum harmala* est originaire de la région de la Méditerranée Orientale et largement distribué au Moyen-Orient, en Inde, La Mongolie et la Chine. L'espèce couvre une vaste zone du grand complexe désertique paléo-arctique, allant du Maroc, En Espagne et à l'est à travers la région méditerranéenne, le Moyen-Orient, l'Asie centrale du désert de Gobi la république populaire mongole et le nord de la Chine (PORTER, 1974). En Inde, il se trouve généralement dans les régions plus sèches de Jammu et le Cachemire, le Punjab, l'Haryana, le Rajasthan, l'Utter Pradesh et Delhi (HAJRA, 1977). Dit "*Harmel*" en Iran, en Afrique du Nord et "*Rue Africaine*", "*Rue Maxican*" ou "*Rue Turque*" aux Etats-Unis (MAHMOUDIAN et al, 2002) et "*Izband*" au Cachemire. Cette plante Les habitants de l'Afrique du Nord pensent panacée. Il est mentionné dans le hadith comme une guérison plante. Choisi pour l'usage, il est vendu dans tous les herboristes (Capsules et graines) et les marchés locaux. Il est très peu pâturé en raison de sa toxicité à la fructification (GHRABI, 2005).

Peganum harmala L. se développe dans les bioclimats allant du semi-aride au saharien. ASLAM N et al (2014), il peut pousser dans des zones où précipitation annuelle de 100 mm (WALTER et BOX, 1983 in LAURIE et al., 2006) et considérée comme un espèce tolérante de sécheresse (LEVITT, 1980). L'espèce pousse avec un gradient altitudinal de 1590 à 3400 m d'altitude indiquant que les espèces peuvent tolérer un large éventail de conditions environnementales. Présente principalement dans les pâturages secs et les endroits où se trouvent des déchets salins, mais elle est également commune au bord des chemins et dans les pâturages dégradés. Préfère les milieux perturbés (ACIA, 2013) .Les espèces associées avec *P.harmala* L. sont très rares, si elles existent, sont de petite taille (BENMEDDOUR, 2010).

II.1.1.2.- *Tamarix gallica* .L

Les Tamarix dont l'espèce *Tamarix gallica* L sont des plantes Dicotylédones de la famille des Tamaricaceae. Se sont des arbrisseaux ou arbres. De 2 à 8 mètres, à rameaux grêles, effilés, rougeâtres. La plus d'eux des halophytes et rarement sont des xérophytes, qu'on puisse les

rencontrer dans les zones arides, ou sablonneuses des régions tempérés à subtropicales (LEFAHAL , 2014). Fréquents dans les terrains salés, caractérisés par des petites feuilles écailleuses, souvent imbriquées, donnant aux rameaux l'apparence de ceux de certains Genévriers. Les feuilles sont souvent ponctuées de minuscules trous correspondant à des entonnoirs au fond desquels se trouvent placés les stomates et par où exsude un mucus contenant du sel et du calcaire. Les racines sont en général très développées ; leur bois comporte des vaisseaux à gros calibre. (photo2) (OZENDA ,1977). Système d'enracinement avec des rhizomes latéraux peu profonds qui pénètrent jusqu'à une profondeur de 30 pieds ou plus (USDA ,2014 *in* CATHERINE, 2013).



Photo 2- *Tamarix gallica* L. en végétation (Région de Mansoura- Ghardaïa, 2016).

(Originale)

Les feuilles sont petites, en forme d'écailles, sont alternes, plus en moins embarrassantes à la base et imbriqués ou linéaires (LEFAHAL, 2014). Elle est feuilles à peine scarieuses aux bords, un peu glauques, ovales-lancéolées, acuminées, élargies à la base, se développant en même temps que les fleurs; bractées ovales. Les fleurs sont aussi petites moins de 2mm de diamètre, ont de couleur rose, rosées ou blanche, nombreuses en long épis plus ou moins cylindriques (LE FAHAL, 2014). Fleurs petites, formant des chatons de 3 à 4 mm de diamètre ; anthères apicules ; très fournis, donnant des fruits serrés (groupe du *T. gallica*).Filets des étamines insérés sur les lobes du disque ; bractées terminées par une longue pointe dépassant les fleurs, celles-ci roses ou parfois blanches .Espèce très polymorphe et très commun dans tout le Sahara Méditerranéenne et atteignant la région

tropicale (OZANDA, 1991). Leur floraison de (mars) avril à septembre (VENTURELLA et al. , 2007).

Les fruits sont en forme de capsules trigones contient des petites graines. Les graines sont petites avec une touffe des cheveux sur l'extrémité pour facilité leurs dispersion par le vent, ou de flotter l'eau, d'une autre part sont cylindriques et très petites (LEFAHAL, 2014).

L'espèce *Tamarix gallica* L ayant de remarquables propriétés thérapeutiques c'est pour cela plusieurs tradi-praticiens l'utilise comme un agent : astringent, expectorant, et laxatif. En Algérie cette plante souvent connu sous le nom *Tarfa* et *Tarfaïa*, est largement employée afin de se soigner contre le rhumatisme, et la diarrhée (LEFHAL, 2004).

OZENDA (1997) in CHEHMA (2005), soixantaine d'espèces de tamarix habitant surtout les pays méditerranéens et le sud de l'Asie, dans les régions sèches en particulier, de l'Afrique du Nord et le Sahara septentrional. Les espèces du *Tamarix* sont considérées comme espèces envahissantes en Amérique du Nord et l'Australie et sont originaires d'Europe.

Le tamarix est un arbre des étages arides et Saharien; il pousse sur tous les types de sol et supporte les eaux fortement salées. Il se développe et se multiplie facilement, il forme parfois des formations forestières basses. Adapté à des conditions climatiques extrêmes, le tamarix se développe sous une tranche pluviométrique inférieur à 200 mm de pluie par an. Très résistant à la sécheresse, il colonise parfaitement les sols sableux grâce à son système racinaire superficiel très développé et pivotant allant en profondeur à la recherche de l'humidité. Prospérant dans les étages bioclimatiques arides et Saharien, le tamarix est indifférent à la nature du sol, il rejette de souche abondamment et se régénère facilement par semis dans les zones où l'impact de l'homme et de l'animal sont absents (HADJ, 2014).

II.1.1.3.- Orge (*Hordeum vulgare* L.)

Le genre *Hordeum vulgare* L(Poaceae).Comprend des espèces d'orge commune (*Hordeum vulgare* L) est une céréale à paille, plante herbacée annuelle de 60-120 cm de hauteur de la famille des poacées, basses ou pouvant former des touffes assez puissantes; racines souvent de deux types; les unes fines et abondamment ramifiées, les autres plus épaisses et non ou peu ramifiées; chaumes genouillés ou dressés; feuilles rubanées, généralement pourvues à leur base d'une paire d'auricules; inflorescences terminales en épis denses et aristés, axe se désarticulant à la base et sur les nœuds

dans les espèces spontanées, tenace dans les formes cultivées (JACQUES-FÉLIX, 1962) (photo 3 et 4).



Photo 3- *Hordeum vulgare* L.(CHERIF, 2013)



Photo 4-Graines d'*Hordeum vulgare* L
,(originale)

II.1.2.- Matériels et produits expérimental

La préparation des extraits aqueux ainsi que les tests de germinations sont réalisés au niveau des laboratoires du département de Biologie de l'université de Ghardaïa. Au laboratoire, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Bêchers de 500 ml;- Erlenmeyer de 500 ml;
- Papiers filtres pour filtrer les solutions obtenue ;
- Chauffe ballon pour chauffer le ballon et pour l'obtention de réactions chimiques;
- Réfrigérant ; Pipette de pasteur ; Broyeur.
- Une balance de précision pour la peser des individus (la poudre végétale) ;
- Un Rota vapeur pour l'évaporation de solvant pour d'éliminer rapidement un solvant volatil par évaporation.
- Des boîtes plastiques, Éprouvette graduée pour la dilution de l'extrait aqueux à chaque concentration; Éprouvette graduée, Flacon en verre pour conserver la poudre et l'extraits aqueux.

II.2.- Méthodologie du travail

II.2.1.- Préparation du l'extrait foliaire de *Peganum harmala* et *Tamarix gallica*.

Après la récolte, on coupe la partie aérienne (feuilles) de *Peganum harmala* et *Tamarix gallica* sont rincée avec l'eau de robinet, après laissée séchée pendant 15jours à l'air libre et dans la température ambiante. Une fois séchées, elles seront broyées et conservées dans des bocaux hermétiques en verre portant une étiquette qui porte le nom de l'espèce, la date et lieu de récolte sont mentionnés.

L'extraction par reflux est utilisée pour l'extraction des principes actifs par l'utilisation d'un mélange du solvant (1/3eau distillé + 2/3 solvant organique). Elle permet de traitement à chaud de solides (matériel végétal) à l'aide de solvants en phase liquide ou partiellement vaporisés. Le corps du dispositif d'extraction, contient un ballon de 2000ml dans le quel 100g de poudre végétale des feuillets d'une espèce est déposée avec suffisamment de solution aqueuse de méthanol.

Le ballon est surmonté d'un réfrigérant et fixé à l'aide de pinces et d'un support. Le chauffage est assuré par une chauffe ballon réglé à 45°C. Le solvant est vaporisé puis condensé tout en restant en contact avec le matériel végétal, les pertes de solution utilisée pour l'extraction, sont quasi nulles (KEMASSI, 2014) (Photo 5).

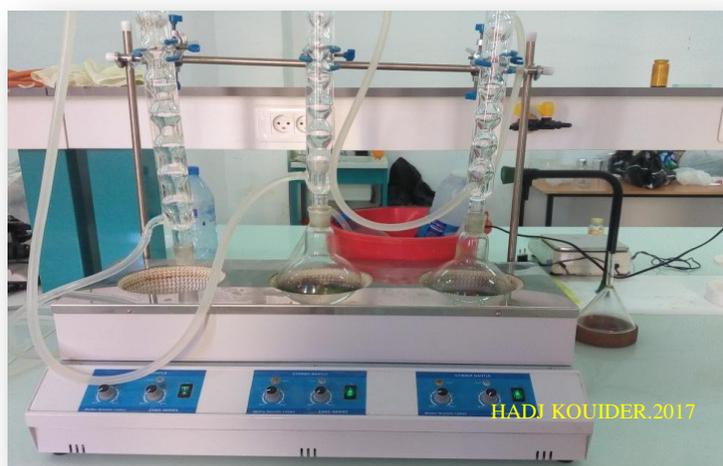


Photo 5-Dispositif d'extraction du principe actif par reflux.

Après refroidissement, une filtration est réalisée, le résidu sec est jeté. Pour éliminer le méthanol, le filtrat est recueilli et subit une évaporation sous vide à l'aide d'un rotor vapeur dont la

température est 50C° et 80 rotation/2 heures (TAGLIALATELASCAFATI, 2007in HERUINI 2015). L'extrait aqueux est récupéré et conservé à l'abri de la lumière dans des flacons hermétiquement fermés, servira aux tests biologiques (Photo 06).



Photo 06- Dispositif d'évaporation de Méthanol.

II.2.2.- Choix des concentrations

Dans la recherche de la concentration d'efficacité, dix (10) concentrations successives sont choisies soit : 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30% ,20% et 10% (photo 7).



Photo 07- Différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Peganum harmala* L. (de gauche à droite:100%,90% ,80%,70%,60%,50%,40%,30%,20%,10%).

II.2.3.- Tests biologiques

II.2.3.1.- Détermination le point de saturation de sable

Pour atteindre le point de saturation du sable, nous avons mis une quantité du sable (100g) dans chaque pot (on utilise boites en plastique). Afin de déterminer le point de saturation en eau; une pot préalablement perforé à l'aide d'une aiguille fines est déposé dans un cristallisoir contenant une quantité connue d'eau (700ml), une fois le sable est devenu humide (absorbe de l'eau via le phénomène de remonté capillaire), le pot est retiré du cristallisoir, ensuite on déterminé le volume de l'eau restant qui servent par la suite au calcul du volume d'eau absorbé par le sable. Le volume déterminé étant de 40ml d'eau.

II.2.4.- Constitution des lots expérimentaux

Pour la présente étude, trois lots sont constitués, dont deux lots pour les témoins un témoin positif (herbicide) et un témoin négatif, et l'autre lot pour les pots de traitement. Pour chaque lot constitué, trois répétitions (pots) sont préparés, ce qui fait un total de 30 pots par traitement (extrait végétal). Le témoin positif c'est un herbicide qui s'appelle (Glucophone) systémique non spécifique contenant 480gramme/litre de la matière actif glucophosate, avec un pourcentage de 45%, utiliser avec un dose 1,5 litre/ha. Utilisée dans la lutte contre les adventices herbes annuelle ; bisannuelle et pérenne qui pousse dans les différents vergers arabo viticole, les terres céréalières et Jachères.

II.2.5.- Application des tests

Afin d'évaluer le pouvoir inhibiteur de la germination des extraits aqueux de deux plantes spontanées récoltées au Mansoura sur une espèce céréalière cultivée, le protocole suivi est inspiré du travail de NAOUMA (2016), Il consiste à mettre 15 grains d'orge dans un pot imbibés par 3ml d'extrait foliaire de les espèces sahariennes et par la suite sont irriguées régulièrement par l'eau distillée suivi quotidiennement pendant 10 jours avec un quantité moins que le point de saturation.. Pour prend nombre des grains germées qui servira par la suite au analyses de la cinétique de la germination observées au niveau des différents lots constitués. Le dispositif adopté pour la réalisation de cette partie est représenté dans (Photo 08).



Photo 08 -Dispositif d'irrigation des graines d'orge (*Hordeum vulgare* L.)

II.2.5.- Exploitation des résultats

Pour notre étude, six paramètres sont étudiés dont : taux d'inhibition, taux de germination, cinétique de germination, la vitesse de germination, concentration d'efficacité et mesures morphométriques.

II.2.5.1.- Taux d'inhibition (T.I.)

D'après CÔME (1970), Ce paramètre explique la capacité d'une substance ou préparation à inhibé la germination des graines, il est évalué en calculant le rapport du nombre des graines semi moins le nombre des graines germées par rapport au nombre total des graines semis (BEN KHATTOU, 2010).

$$T_i = \frac{(N_s - N_g)}{N_s} \cdot 100\%$$

Ti : Taux d'inhibition ;

Ns : Nombre des graines semis ;

Ng : Nombres des graines germées .

II.2.5.2.- Taux de germination (T.G.)

Selon CÔME(1970), le taux de germination correspond au pourcentage des grains germés par rapport au total des grains semés, il est estimé par la formule suivant:

$$T_g = \frac{N_g \cdot 100 \%}{N_s}$$

II.2.5.3.- Vitesse de germination (T_m)

D'après CÔME (1970), la vitesse de germination peut être exprimée de plusieurs façons :

- Temps mis par les semences pour germer;
- Par le temps moyen nécessaire à la germination et représente l'inverse de «Coefficient de vélocité» (KOTOWISK, 1926; BEN KHATTOU, 2010).

$$C_v = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{(N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_n T_n)} \cdot 100\%$$

Donc :

$$T_m = \frac{(N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_n T_n)}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} = \left(1/C_v\right) \cdot 100\%$$

N_1 : nombre de graine germe au temps T_1

N_2 : nombre de graine germe au temps T_2

N_n : nombre de graine germe au temps T_n

II.2.6.- Concentration d'efficacité (C.E.)

D'après BELAIDI (2014), les lettres C.E. désignent la «concentration d'efficacité» la $CE_{50\%}$ est la quantité d'une matière, administrée en une seule fois, qui cause la mort de 50% (la moitié) d'un groupe traité ou bien qui donne 50% du succès ou bien $CE_{90\%}$ qui engendre 90% de mortalité ou un taux de succès de 90%. La $CE_{50\%}$ est une façon de mesurer le potentiel toxique à court terme (toxicité aiguë) d'une matière. Pour les tests avec dilutions, le pourcentage d'inhibition pour l'ensemble des graines de chacune des concentrations est utilisé pour le calcul de la $CE_{50\%}$ et de la $CE_{90\%}$.

CE. ($CE_{50\%}$); concentration efficace qui inhibe un pourcentage donné d'une réponse biologique de type binaire (exp. germination ou absence de germination). La $CE_{50\%}$ et la $CE_{90\%}$ sont estimée selon la méthode des Probits (BELAIDI, 2014).

II.2.7.- Evaluation de l'effet allélopathique

RSAISSI et al (2013), L'évaluation de l'effet allélopathique de différents traitements (extrait foliaires de *peganum harmala* L. et *tamarix gallica* L.) sur les graines d'orge (*Hordeum vulgare* L.) est jugée selon l'échelle de la commission des essais Biologiques de la Société Française de Phytomédecine et de Phytothérapie:

- 95 à 100% = très bonne effet
- 80 à 95% = bonne effet
- 60 à 80% = effet moyen
- 40 à 60% = effet faible
- < à 40% = effet sans intérêt pratique.

II.2.8.- Mesures morpho-métriques :

La germination d'une céréale se traduit par la sortie des racines séminales de la Coléorhize et, à l'opposé, par la croissance d'un pré feuille; la coléoptile. Celui-ci sert de manchon protecteur et perforateur du sol pour la première feuille qui sera fonctionnelle et percera le sommet du coléoptile peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol (Moule, 1971).Alors, après avoir fini la suivi quotidienne de grain germés dans chaque boite, nous avons pris les mesures de longueurs de la partie racinaire (LR) et partie aérienne (LPA) du grain germe. Nous avons déposé une plantule de chaque boite au-dessus d'un papier millimétrique et ont mesuré directement la LR et la LPA (BENMEDDOUR, 2010).

Chapitre III- Résultats et Discussion

Notre étude s'appuie sur l'effet allélopathique des extraits aqueux foliaires à différentes concentrations de deux espèces sahariennes sur la germination des grains d'orge. Le suivi pendant 10 jours dans des conditions de laboratoire.

Afin d'évaluer le pouvoir inhibiteur de la germination des graines d'orge traitées par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* L. et *Tamarix gallica* L., six paramètres sont étudiés dont : le taux maximal d'inhibition, taux maximal de germination, la vitesse de germination, la cinétique de germination, la concentration d'efficacité et les mesures morpho-métriques.

III.1. Effet des extraits aqueux de *Peganum harmala* L. et *Tamarix gallica* L. sur la germination d'*Hordeum vulgare* L.

III.1.1.- Rendement d'extraction en métabolites secondaires.

Le rendement d'extraction correspond au pourcentage des principes actifs dissout dans le solution utilisée pour l'extraction par rapport au poids de la poudre de la partie végétal (la masse du végétal) utilisée pour l'extraction (tableau 4).

Tableau 4: Rendement d'extraction en métabolites secondaires pour les deux plantes.

Espèce	Partie utilisé	Rendement
<i>Peganum harmala</i> L.	Aérienne	15%
<i>Tamarix gallica</i> L.	Aérienne	21%

III.1.2. Taux maximal d'inhibition.

La figure (4), illustre le taux maximal d'inhibition de germination observée au niveau de différents lots témoins négatif et traités par l'extrait foliaire aqueux de deux plantes sahariennes à différentes concentration (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% et 100%).

Au vue des résultats obtenus, il est noté pour les extraits du *Peganum harmala* L. pur et dilués à 40%, 50%, 60%, 70%, 80% et 90%, présentent une capacité exceptionnelle à inhiber totalement la germination des graines de la plante testé avec un taux de 100% d'inhibition signifier un très bon effet d'inhibition. Ensuite, on a constaté une diminution dans les taux d'inhibitions des

graines d'orge où le taux est de l'ordre de 37,78% pour l'extrait à 10%, ceux-ci signifie un effet d'inhibition sans intérêt pratique. Alors que pour les extraits à 20% et 30% de concentration, un taux d'inhibition de 75,56% et 84,44 % est noté respectivement, ce qui signifie un effet d'inhibition faible (RSAISSI et *al.*, 2013). Tandis que, pour les lots de témoin négatif, on note une absence totale d'inhibition. On peut déduire que l'effet de l'extrait de *Peganum harmala* note une très bonne capacité d'inhibition de la germination, cet effet allélopathique est probablement lié en molécules bioactives qu'ils constituent soient les alcaloïdes qui semble majoritaire.

Pour la plante *T. gallica*, un taux d'inhibition de 100% est noté dans les graines de l'orge traitées par les extraits de concentrations 100%, 90% 80% et 70% où le taux d'inhibition de 100% est atteint ce qui signifie un très bon effet d'inhibition. Pour les lots 60%, 50% et 40% des taux d'inhibition de 80%, 71,11% et 62,22% sont rapportés successivement. Ces taux d'inhibition signifient un effet d'inhibition moyen. Un taux d'inhibition de 48,89% pour l'extrait aqueux à 30% de concentration; signifient un effet d'inhibition faible. Quant aux autres deux concentrations de 20% et 10%, un taux d'inhibition de 35,55% et 20% respectivement, signifient un effet sans intérêt. Au niveau des lots témoin négatif, aucune germination n'a été apportée durant la période de suivie.

On conclue que, l'extrait du *T. gallica* possède un effet inhibiteur vis-à-vis des graines d'orge par rapport l'extrait de *P. harmala*, cette différence est mentionné dans les lots traités par l'extrait à 60%, 50% et 40% où le taux d'inhibition pour *P. harmala* atteint un pourcentage d'inhibition de 100%. Pour *T. gallica*, l'inhibition est partielle, le taux d'inhibition de la germination noté est de l'ordre 80%, 71,11% et 62,22% respectivement. Au moment où, un taux de germination de 100% est noté au niveau du lot des graines irriguées par l'eau distillé.

Selon les résultats retenus, il est déduit en premier lieu que l'extrait foliaire des deux plantes spontanées soit de *P. harmala*. et *T. gallica* possèdent une capacité exceptionnelle à inhiber la germination et la croissance des semences testées. Selon RSAISSI et *al* (2013), classer l'évaluation de l'effet allélopathique des *P. harmala* sur les grains d'orge et évaluer leur effet comme un très bonne effet d'inhibition.

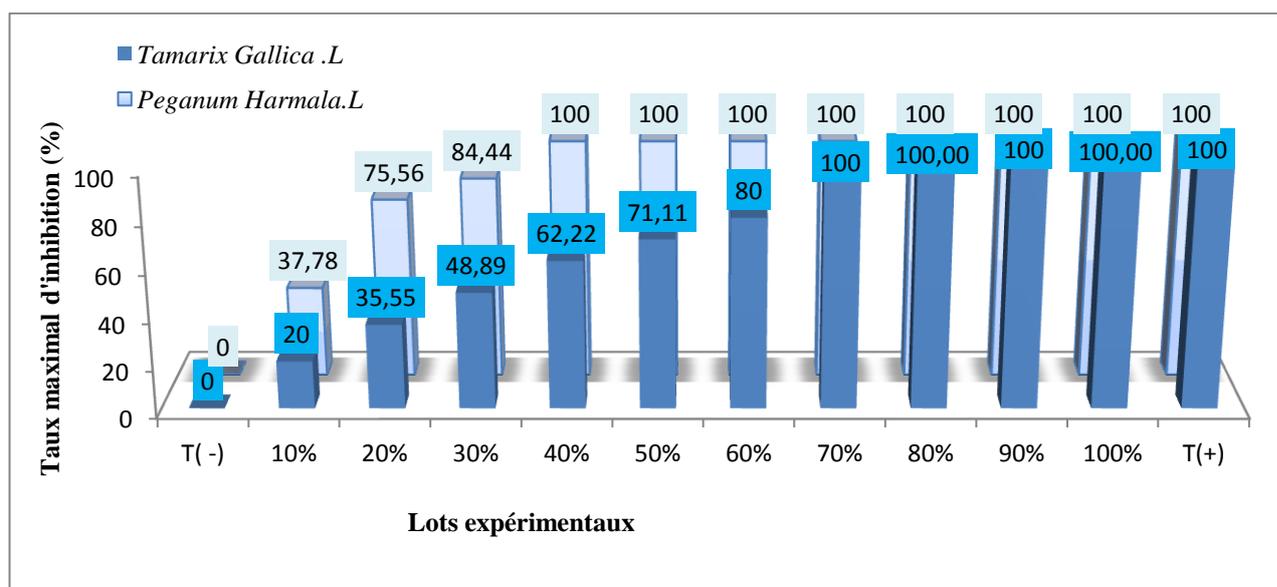


Figure 04 - Taux d'inhibition maximal de germination enregistré au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* L. et *Tamarix gallica* L.

III.1.3. Taux maximal de germination.

Le taux de germination exprime le nombre des graines germées par rapport au nombre total des graines semées. La figure (5), représente la variabilité dans les taux de germinations des graines d'orge au niveau de différents lots témoins et traités dans des conditions expérimentales bien définies.

Les résultats mentionnés pour les lots traités par l'extrait *Tamarix gallica* pur et dilués à 90%, 80% et 70% une absence totale de germination des graines semis. Par la suite, chez les lots traités à 60%, 50% et 40% le taux de germination 37,78%, 28,89% et 20% respectivement. A dose 30%, le taux de germination est 51,11%. Alors que, pour les autres concentrations soit 20% et 10%, un taux de germination de 64,44 et 80% est noté. Par rapport aux lots de témoin négatif qui a un taux de germination est maximal.

A propos de plante *Peganum harmala*, on note l'absence de germination des graines d'orge dans les lots traités par les extraits pur ou dilués à 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%. Alors que pour les autres lots traités par les concentrations en extrait à 10%, 20% et 30%, on note une germination partielle des graines avec un taux de germination de 62,22%, 24,44% et 15,56% est noté respectivement. Par rapport aux lots irrigués par l'eau distillée (témoin négatif) où le taux de germination de 100% est atteint.

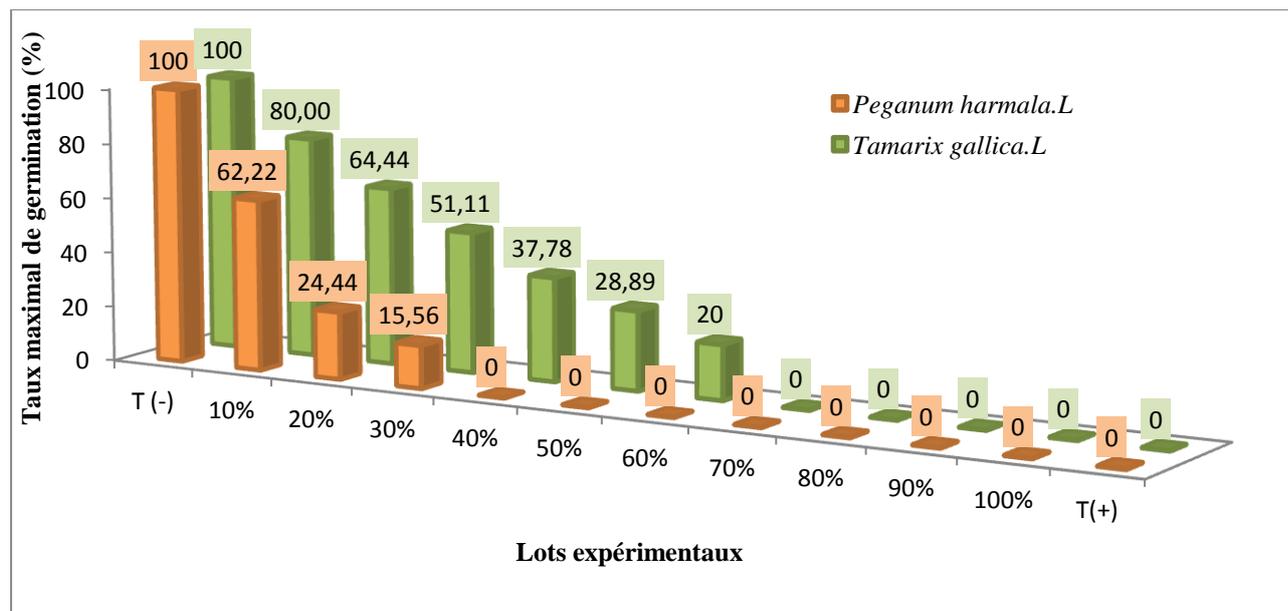


Figure 05 - Taux maximal de germination enregistré au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait aqueux de *Pegalum harmala L.* et *Tamarix gallica L.*

Au vu des résultats, il ressort que l'extrait de *P. harmala* présente un effet inhibiteur plus important que ce rapporté pour les graines d'orge traitées par l'extrait *T. gallica* et la différence est apparue dans les concentrations 40%, 50% et 60% où le taux de germination pour *T. gallica* est égale à 51,11%, 37,78% et 28,89% respectivement. Mais pour les lots traités par l'extrait *P. harmala*, aucune graine n'a été germée.

Au niveau du lot de graines témoins négatif, le taux de germination rapporté est de 100%. Au vu de ces résultats, on a constaté que l'effet de l'extrait foliaire de *T. gallica* sur la germination des graines d'orge possède un effet inhibiteur de germination moins perceptible que celui rapporté dans les lots traités par l'extrait *P. harmala*.

III.1.4.- Cinétique de la germination.

La cinétique de la germination correspond aux variations dans le temps du taux de germination des graines de la plante teste, témoins et irriguées par l'extrait foliaire de *Pegalum harmala L.* et *Tamarix gallica L.* Les figures (6 et 7), regroupent les résultats de l'évolution dans le temps de taux de germination des graines d'orge de différents lots témoins et traités.

Après avoir suivi l'évolution dans le taux de germination de différents lots sur une durée de dix jours, la figure (6), illustre la cinétique de la germination des graines d'orge irriguées par les

extraits aqueux purs et dilué a différentes concentrations de *Tamarix gallica*. La variation de la croissance presque régulière dans le taux de germination journalier observé au niveau du lot traité par 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% et 70% à partir du 4^{ème} jour, plus la concentration diminue, plus la croissance est rapide de germination journalier, alors que pour les autres lots traités par l'extrait de concentration de 80%, 90% et 100%, aucun cas de germination n'est observé.

Au niveau du lot de témoin négative, aucune germination n'a été observée dans le premier jour de l'expérimentation mais après 48h, il est constaté l'apparition de certains cas de graines germées, le pic de germination est atteint au bout du 9^{ème} jour où le taux de germination de 100% est atteint.

Tandis que, pour les graines d'orge traitées par l'extrait foliaire de *Peganum harmala* L., (figure 7) explique la cinétique de germination qui a commencée à partir du 5^{ème} jour pour le lot traité par la concentration 10% avec un taux de germination de 8% lors du 5^e jour, et pour les lots traités par les concentrations 20% et 30%, l'apparition de coléoptile, signe visible du processus de germination est déclenché qu'après le 6^{ème} jour avec un taux de 8,89% et 2,22% respectivement, mais pour les autres concentrations, une absence totale de la germination au cours de la période de suivi. Par contre au niveau des lots témoins, la cinétique de germination a commencé à partir du 2^{ème} jour et le taux de germination de 100% est atteint au bout du 7^{ème} jour.

D'après ces résultats, la cinétique de germination des graines d'orge traitées par les deux extraits soit *Tamarix gallica* et *Peganum harmala* se traduit par un ralentissement de la vitesse de germination et l'effet inhibiteur de croissance des grains d'orge pour le *P. harmala* est plus notable que celui observé pour *T. gallica*.

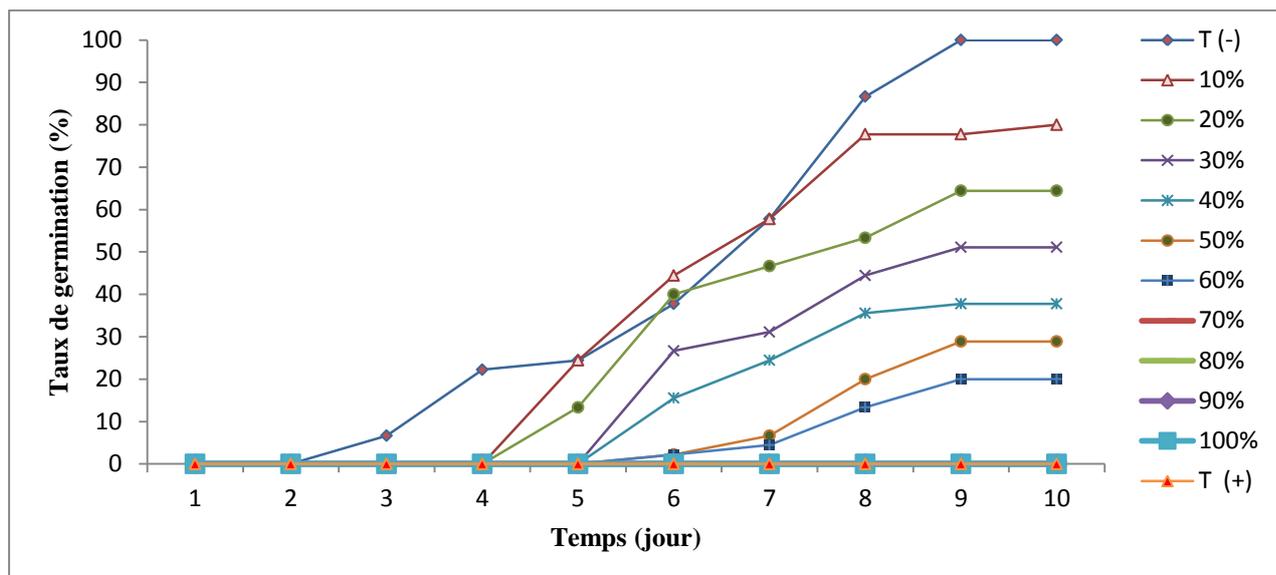


Figure 06 - Cinétique de la germination observée au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de *Tamarix gallica* L.

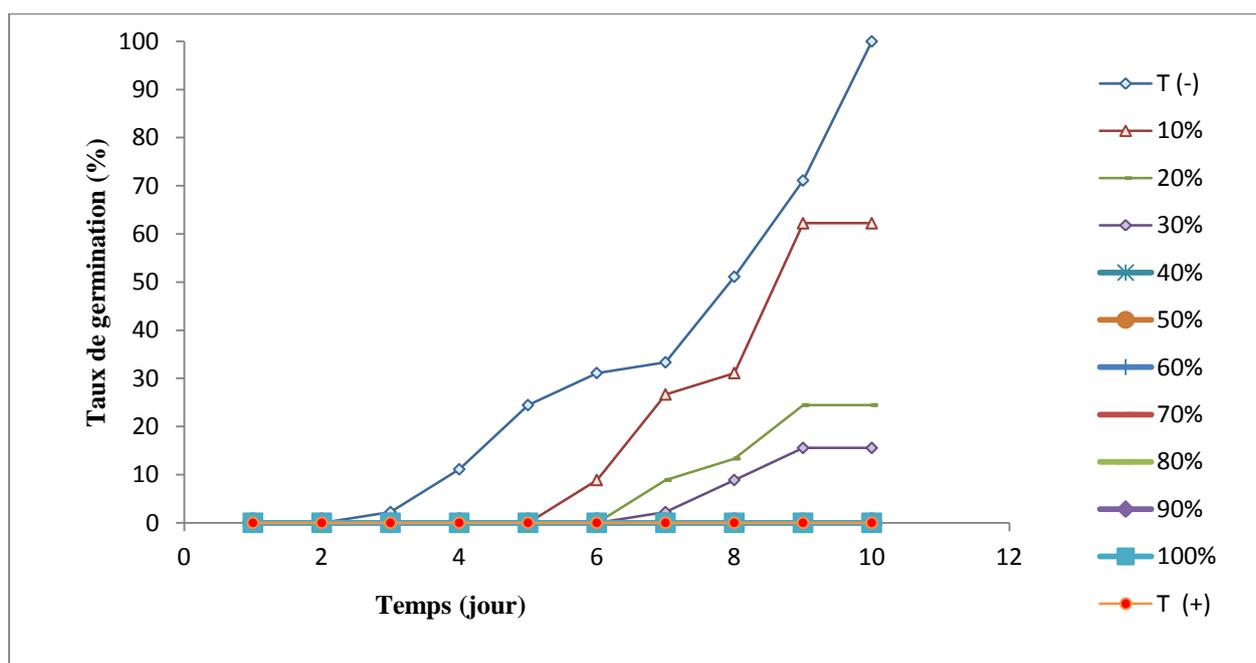


Figure 07- Cinétique de la germination observée au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de *Peganum harmala* L.

III.1.5. Vitesse de germination

La vitesse de germination s'exprime par la durée médiane de la germination (SCOTT et *al.*, 1984), ou par le temps moyen de germination (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) (Côme, 1970).

Selon la figure (08), il ressort que pour les lots traités par *Tamarix gallica* L. avec les concentrations (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, et 60%), la vitesse de germinations allant de (8,05 - 8,09 - 8,34 - 8,38 - 8,87 et 8,85 graines/jour) respectivement. Alors que pour les lots traités par les extraits dilués à 70%, 80%, 90% et 100%, aucune germination n'est constatée, par contre aux niveau des lots témoin négatif, la vitesse de germination noté est de 7,93 graines/jour.

D'après la figure (09), au niveau des lots traités par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* soit 10%, 20% et 30% on remarque la présence des graines germées, la vitesse de croissance est 5.87, 5.95 et 5.97graines/jour respectivement, mais pour les lots traités par l'extrait à concentration de 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% et 100% aucun cas de germination n'est noté, par contre chez les lots de témoin négatif, la vitesse de germination est de 5,40 graines/jour. D'après ces résultats on peut conclure que la vitesse de germination des graines d'orge dans les lots traités par *Tamarix gallica* L. est plus élevée par rapport aux lots traités par *Peganum harmala* L.

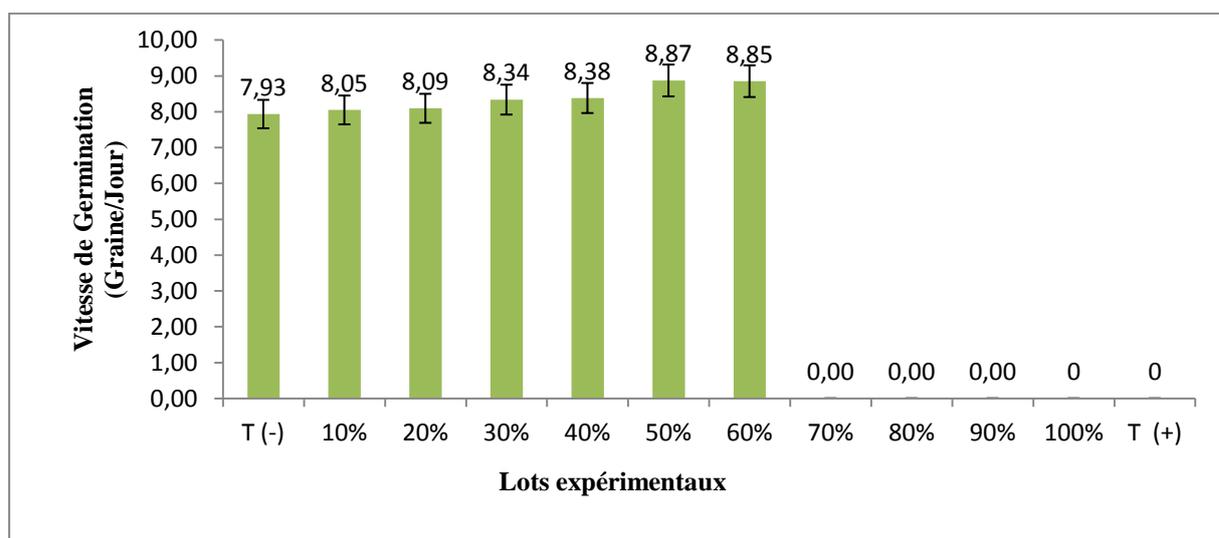


Figure 08 -Vitesse de germination des graines d'orge au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de *Tamarix gallica* L.

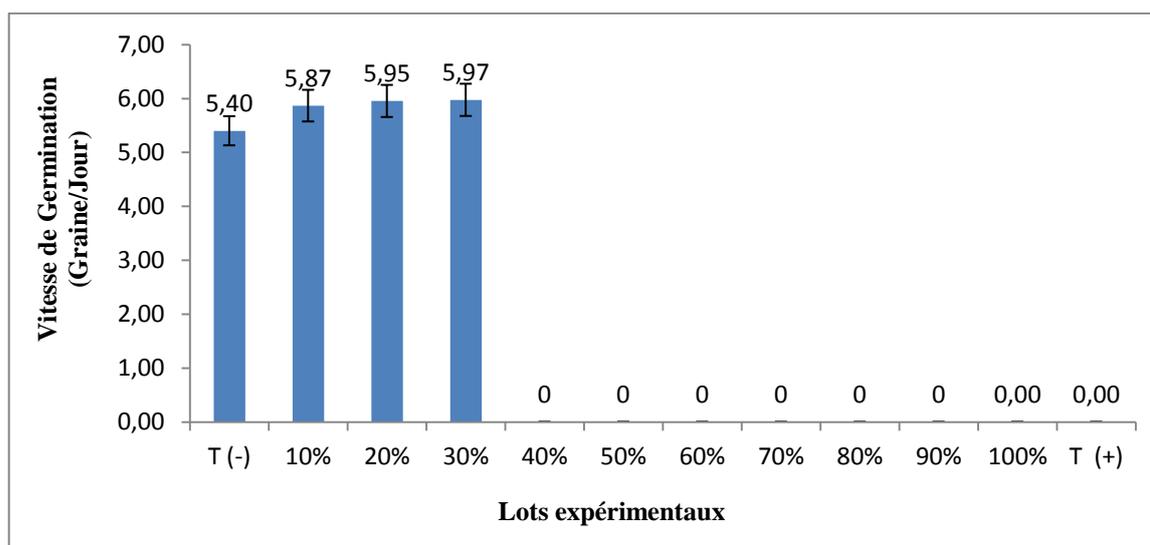


Figure 09 - Vitesse de germination des graines d'orge au niveau de différents lots témoins et traités par l'extrait foliaire aqueux de *Peganum harmala* L.

III.6. Concentration d'efficacité (C.E.₅₀%, C.E.₉₀%).

Les tableaux 5 et 6 regroupent les concentrations appliquées en extrait végétal de deux plantes sur les graines de l'espèce test, les concentrations sont présentées en pourcentage, puis converties en poids de la matière sèche par apport à un volume. Afin d'appliquer le modèle mathématique pour l'estimation des doses létales, il est utile de faire une conversion des concentrations appliquées en logarithme de ces dernières et les pourcentages d'inhibition en probits correspondant en utilisant la table de probits.

Le Tableau (7), regroupe les valeurs de la CE₅₀% et CE₉₀% calculées pour les deux extraits foliaires de *T. gallica* et *P. harmala*. Il est constaté que l'extrait obtenu à partir des feuilles de *P. harmala* est plus efficace sur l'inhibition de la germination des graines d'orge par rapport à l'extrait foliaire de *T. gallica*.

La CE₅₀% notée pour l'extrait de *P. harmala* est faible, elle est de l'ordre de 0,00162mg/ml et est de 0,00505mg/ml pour l'extrait aqueux foliaire de la plante *T. gallica* L vis-à-vis des graines d'orge. En outre, la CE₉₀% estimée pour l'extrait de *P. harmala* est plus faible comparativement à celle de l'extrait de *T. gallica* avec une valeur 0,0040mg/ml pour *P. harmala* et de 0,01mg/ml pour *T. gallica*.

Tableau 5- Taux d'inhibition et Probit correspondants en fonction de la concentration de l'extrait foliaire de la plante *Peganum harmala* L.

Concentrations		Taux d'inhibition		
(%)	[Mg/ml]	log [mg/ml]	Taux d'inhibition (%)	Probit
100	0,015	-1,823909	100	7,614
90	0,0135	-1,869666	100	7,614
80	0,012	-1,920819	100	7,614
70	0,0105	-1,978811	100	7,614
60	0,009	-2,045757	100	7,614
50	0,0075	-2,124939	100	7,614
40	0,006	-2,221849	100	7,614
30	0,0045	-2,346787	84,44	6,001
20	0,003	-2,522879	75,56	5,69
10	0,0015	-2,823909	37,78	4,70

Tableau 6- Taux d'inhibition et probits correspondants en fonction de la concentration de l'extrait foliaire de la plante *Tamarix gallica* L.

Concentrations		Taux d'inhibition		
(%)	[Mg/ml]	log [mg/ml]	Taux d'inhibition (%)	Probit
100	0,021	-1,677781	100	7,614
90	0,0189	-1,723538	100	7,614
80	0,0168	-1,774691	100	7,614
70	0,0147	-1,832683	100	7,614
60	0,0126	-1,899629	80	5,842
50	0,0105	-1,978811	71,11	5,556
40	0,0084	-2,075721	62,22	5,325
30	0,0063	-2,200659	48,89	4,981
20	0,0042	-2,376751	35,55	4,629
10	0,0021	-2,677781	20	4,158

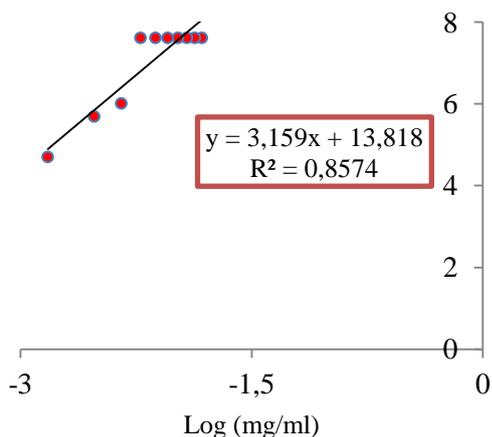


Figure 10- Action de différentes concentrations d'extrait foliaire de *P. harmala* L. sur le taux d'inhibition de la germination des graines d'orge.

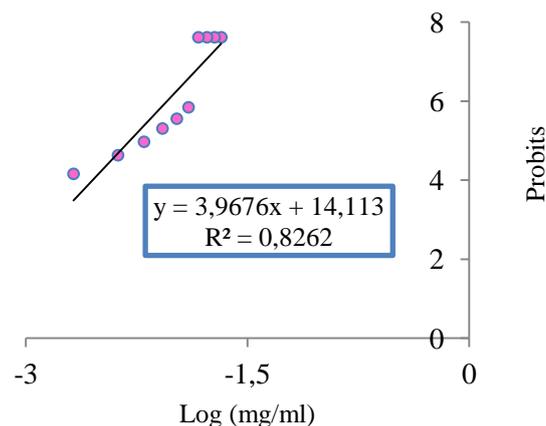


Figure 11- Action de différentes concentrations d'extrait foliaire de *T. gallica* L. sur le taux d'inhibition de la germination des graines d'orge.

Tableau 7- Concentrations d'efficacités (CE_{50%}, CE_{90%}) des extraits foliaires de *Peganum harmala* L. et *Tamarix gallica* L. vis-à-vis d'orge *Hordeum vulgare* L.

Extrait Foliaires	Espèce test	Concentration d'efficacité [mg/ml]	
		CE _{50%}	CE _{90%}
<i>Peganum harmala</i> .L	<i>Hordeum vulgare</i> L.	0,00162	0,0027
<i>Tamarix gallica</i> .L		0,00505	0,0104

L'efficacité d'inhibition de la germination d'extrait de *P. harmala* sur l'orge diffère de celle l'espèce *T. gallica*. En effet les résultats obtenus montrent que les grains d'orge *Hordeum vulgare* L sont plus sensibles aux effets de l'extrait de *P. harmala*.

III.2. Mesure morpho-métrique de la racine et de la partie aérienne d'*Hordeum vulgare* L.

Afin étudier l'action des extraits végétaux sur la croissance d'orge, des mesures morpho-métriques sont réalisées pour déterminer l'effet de ces extraits foliaires sur la croissance de la partie aérienne et racinaire des grains de l'orge germées et les différences entre les espèces allélopathiques.

Le tableau 8, indique les variations dans les valeurs moyennes de la longueur de la partie aérienne et souterraine (LR, LPA) des plantules d'orge témoins et traitées par les extraits foliaires aqueux de *Peganum harmala* et *Tamarix gallica*.

Tableau 8- Valeurs moyennes de la longueur de la partie aérienne et souterraines des plantules d'orge témoins et traitées par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* L. et *tamarix gallica* L.

Lots expérimentaux	<i>Peganum harmala. L</i>		<i>Tamarix gallica. L</i>	
	LPA(cm)	LR(cm)	LPA(cm)	LR(cm)
T (-)	9,47±0,50	7,67±1,53	8,33±1,53	8,20±2,31
10%	4,93±2,12	1,20±0,80	7,00±2,65	1,53±1,33
20%	1,63±1,72	1,07±0,59	5,33±3,21	0,63±0,78
30%	1,50±0,8	0,80±0,5	4,33±1,5	0,63±0,8
40%	/	/	2,70±1,25	0,5±0,17
50%	/	/	2,20±0,69	0,33±0,06
60%	/	/	1,20±0,80	0,20±0,20
70%	/	/	/	/
80%	/	/	/	/
90%	/	/	/	/
100%	/	/	/	/

D'après les résultats, on a constaté que pour les graines irriguées par l'extrait foliaire aqueux de *Peganum harmala* et *Tamarix gallica* causés des taux d'inhibition et des modifications au niveau de taux de germinations. En plus, il est remarqué d'autres effets sur le développement des plantules (inhibition ou stimulation).

Pour le paramètre, longueur de la partie aérienne et souterrain, il est constaté que pour les lots irrigués par l'extrait foliaire aqueux de *Peganum harmala* pur et dilué avec 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% et 100%, aucune germination n'est détectée. Par contre au niveau des lots traités par les autres concentrations 10%, 20% et 30% ou il existe certaine croissance de la longueur de partie aérienne (LPA) est 4,93±2,12cm, 1,63±1,72cm et 1,50±0,8cm avec certaines croissance de (LR) avec des mesures de 1,20±0,80cm 1,07±0,59cm et 80±0,5cm respectivement. En outre, au niveau du lot témoin négatif, il est observé une croissance remarquable dans (LPA); la longueur de feuilles cotylédonaire sont de 9,47±0,50cm, et de 7,67±1,53cm pour la partie racinaire.

D'autre côté, pour les lots traités par les extraits de *Tamarix gallica* L. à ,20% ,30%,40%,50% et 60%, la longueur des feuilles cotylédonaire sont de l'ordre de 7,00±2,65cm, 5,33±3,21cm, 4,33±1,5cm, 2,70±1,25cm, 2,20±0,69cm et 1,20±0,80cm respectivement, et de 1,53±1,33cm, 0,63±0,78cm, 0,63±0,8cm, 0,5±0,17cm, 0,33±0,06cm et 0,20±0,20cm pour la partie racinaire respectivement. Alors que pour les lots du témoin négatif, les mesures de feuilles cotylédonaire (LPA) notées sont 8,33±1,53cm et de 8,20±2,31cm pour la partie racinaire (LR), par rapport aux lots traités par *Tamarix gallica*. Ces mesures confirment l'effet de l'extrait de *Tamarix gallica* sur la germination des grains d'orge sur la croissance de leurs plantules.

Les effets des concentrations des extraits foliaires purs et dilués des deux plantes *Peganum harmala* L. et *Tamarix gallica* L. sur la germination et la croissance (longueur de la Coléoptile, longueur de Coléorhize), Il est noté la présence des anomalies de croissance.

Conclusion

Le présent travail est une étude sur l'action des extraits aqueux foliaires de deux plantes spontanées récoltées dans le Sahara septentrional dont *Peganum harmala* L., *Tamarix gallica* L., sur la germination et le développement des graines d'une espèce céréalière cultivée soit *Hordeum vulgare* L. Les extraits utilisés pour les tests biologiques sont appliqués à différentes concentrations soit 10%,20% ,30% , 40%,50%,60% ,70% , 80% , 90% et 100%. En fait, il ressort que leur action sur le taux de germination, la cinétique de germination, le taux d'inhibition et leur action sur le développement et la croissance des graines traitées par les extraits est bien perceptible.

En générale, l'inhibition augmente lorsque la concentration des extraits augmente. Le plus bon effet d'inhibition est noté pour la concentration de l'extrait de *Peganum harmala* L de 40% et de 60% pour l'extrait de *Tamarix gallica* L. Alor que pour les lots traités par les extraits *Peganum harmala* L. ou *Tamarix gallica* L. dilués à 10%, une inhibition partielle de germination est enregistrée.

Le suivi de quelques paramètres de croissance permet d'observer certaines anomalies de croissances au niveau des lots traités par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* L., et par l'extrait de *Tamarix gallica* L. Ces anomalies semblent être les résultats de l'effet mimétique d'une certaine substance qui se trouve dans les extraits avec quelques hormones végétales de croissance, ou bien probablement liées aux facteurs de germination tel que (la température – l'oxygène où la lumière).

Ces résultats mettent en évidence l'effet allélopathiques ou phyto-toxique de l'extrait aqueux foliaire de *peganum harmala* L. obtenue d'une extraction par reflux mieux que l'effet de l'extrait foliaire de *Tamarix gallica* L., celui-ci probablement liée aux quantité des molécules à pouvoir phytotoxique tel que les alcaloïdes qui agissent même à des faible concentrations et inhibent la germination des graines d'orge (plante test).

L'efficacité de l'allélopathie est déterminée par la quantité des substances allélochimiques présents dans les extraits. Dans certains cas, les extraits stimulent le développement des plantules. La composition chimique des extraits étudiés doit être

déterminée afin d'étudier séparément les effets des composés chimiques ayant des effets négatifs ou positifs. La connaissance des ces composés pourrait être utile pour le développement des bio-herbicides. Leurs impacts sur les agents pathogènes des plantes et les ravageurs devraient être étudiée davantage.

L'exploitation du phénomène de l'allélopathie à un effet négatif sur la germination des espèces végétales, ceux-ci pourrait être une source de composés biologiques à effets herbicides, et peut constitue une solution alternative aux produits de synthèse organique et rentre dans le contexte de la valorisation de la flore saharienne spontanées dans le sens d'une gestion durable des ressources naturelles, vu quelles est:

- Une méthode acceptée sur un plan environnemental dans la mesure où elle repose sur des substances naturelles;
- Les plantes sont la source d'une large diversité de substances chimiques, qui pourraient d'ailleurs être exploitées comme nouveaux herbicides ;
- Les sites d'action étant nouveaux et les extraits contiennent une large gamme de composés organiques; ils permettent de résoudre des problèmes de résistance aux herbicides chimiques ;
- Les plantes allélopathiques peuvent constituer une approche de la lutte contre les adventices, à coût réduit et sur le long terme

Annexes



Photo : Diapositive d'extraction par reflux



Photo : Filtration de l'extrait foliaire de *Peganum harmala* .L après l'extraction dans soxlhet.

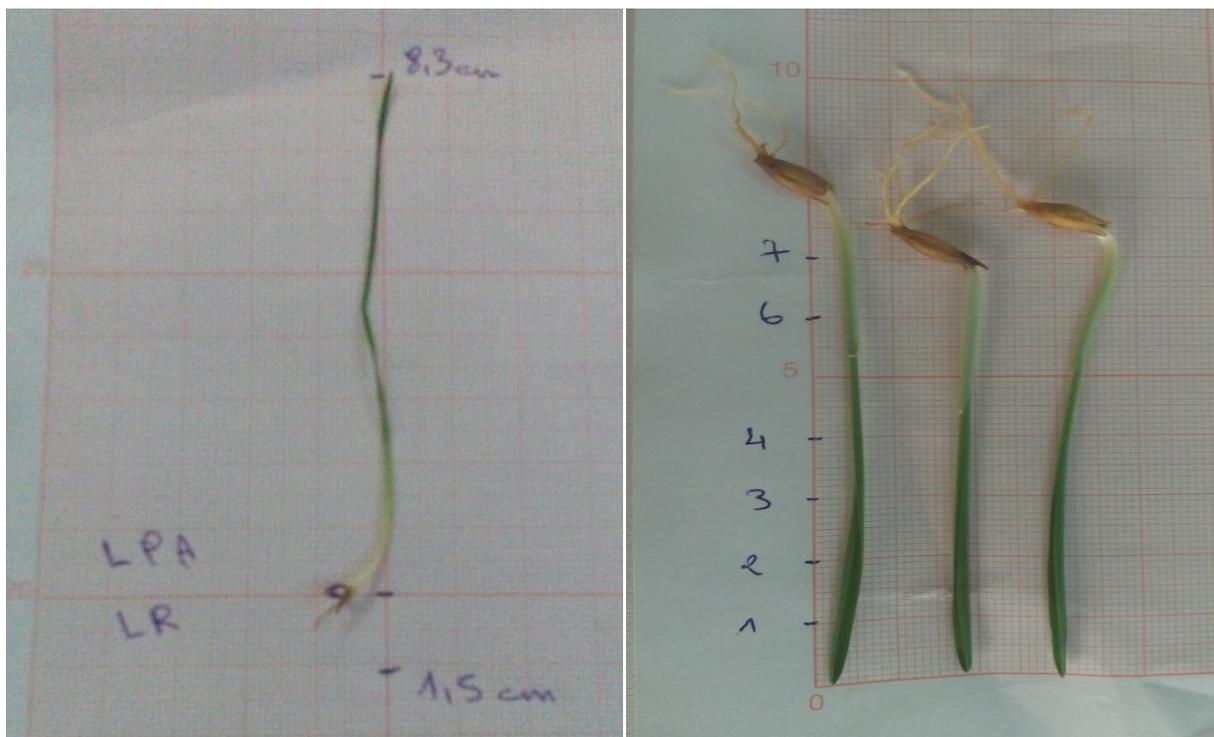


Figure : Anomalie de croissance observée chez les graines de *Hordeum vulgare* L. traitées par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* L. à gauche et *Tamarix gallica* L. à droite dilués à 10% pour les deux.



Photo : Représentés l'herbicide de Glucophone et notice de méthode d'utilisation.