



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES
DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : DJEBRITE Nour El Imane

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

**Étude des effets de *Peganum harmala* L.
Sur la germination et la croissance de quelques
espèces maraîchères**

Jury de soutenance

Nom et Prénom	Grade	qualité
MARFOUA Meriem	Président	MCA
MALLEM Hamida	Examineur	MCA
SARIDI Abdelkader	Encadreur	MCB

Promotion : Juin 2024

Dédicaces



*A l'aide d'Allah tout puissant, que m'a tracé le Chemin de ma vie, j'ai pu
réaliser je dédie ce travail.*

*A mes parents, qu'ils trouvent ici ma plus profonde
gratitude*

*Et tout mon amour pour leur soutien tout au long
de mon étude*

A mes sœurs et frères

A ma demi sœur Zohra

A mon encadreur

A tous mes amies et collègues

A tous mes amies de la promotion

Amélioration des plantes 2024

Merci à tous

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier « Allah » qui nous a données la force et la volonté pour terminer ce travail.

*A mon encadreur, maître **Saridi Abdelkader**, Docteur à l'Université Amar Telidji qui m'a aidé et guidé dans la réalisation de ce travail, il n'a cessé de me prodiguer ses conseils et de me faire bénéficier de son expérience.*

Nous tenons aussi à présenter nos vifs remerciements et notre respect au jury pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de juger ce mémoire.

Enfin, nous tenons à remercier vivement et exprimer notre reconnaissance et notre profond respect à tous les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire. A tous ceux qui nous ont soutenus, nous dirons merci.

Etude des effets de *Peganum harmala* L. sur la germination et la croissance de quelques espèces maraîchères.

Résumé

Notre travail relève du cadre de l'étude des effets de l'extrait et de la poudre des feuilles du Harmel sur la germination et la croissance de neuf espèces maraîchères, afin de l'utiliser comme bio-herbicide. Notre expérience vise à étudier l'influence des composants chimiques du Harmel, ajouté au substrat sous deux formes, la poudre ou d'extrait des feuilles, en différentes doses, dont nous avons appliqué : 0 ; 0.5 ; 1 ; 1.5 et 2% pour la poudre, et 0 ; 1 ; 3 et 5 ml pour l'extrait, ainsi que la pulvérisation de l'extrait sur les plantules à trois doses : 0%, 50% (extrait dilué) et 100% (extrait concentré). Ces modes ont été testés sur neuf espèces le *Cicer arietinum*, *Cucurbita pepo*, *Spinacia oleracea*, *Solanum melangena*, *Lycopersium esculentum*, *Dacus carota*, *Lactuca sativa*, *Capsicum frutescens*, *Feeniculum vulgare* en mesurant le taux de germination, la longueur de radicule et la croissance des plantules. Les résultats obtenus ont montré la présence des effets allélopathiques du harmel, quel que soit la forme d'utilisation (poudre ou extrait), ses effets accroissent progressivement avec les doses appliquées. De plus, il apparaît que l'effet d'extrait est plus important que la poudre., nos résultats indiquent que le *Feeniculum vulgare*, *Capsicum frutescens*, *Dacus carota*, *Lycopersium esculentum* et *Solanum melangena*, sont les plus sensibles, dont leur germination est complètement nulle à 5ml, tandis qu'est égale 43.33% chez *Lactuca sativa*, avec un taux de 26,66% à 20% pour *Cucurbita pepo* et *Spinacia oleracea* respectivement. En revanche, l'effet de l'extrait sur la germination du *Cicer arietinum* n'a donné aucune différence significative. Également, la croissance des plantules de la *Lactuca sativa* et de *Spinacia oleracea* sont perturbé sous la pulvérisation d'un extrait diluée (50%), alors que le *Feeniculum vulgare*, le *Cicer arietinum* et la *Cucurbita pepo* obéit à l'effet de l'extrait concentré (100%). Ces résultats nous permettent de conclure, que l'utilisation de l'extrait ou la poudre du harmel, sur les cultures maraîchères est possible mais avec prudence, en tenant compte de l'espèce cultivée et la dose appliquée.

Mots clés : *Peganum harmala* L., maraîchères, germination, croissance, extrait, poudre, allélopathique.

Study of the effects of *Peganum harmala* L. on the germination and growth of some vegetable crops.

Summary

Our work falls within the framework of the study of the effects of the extract and powder of harmel leaves on the germination and growth of nine vegetable crops species, in order to use it as a bio-herbicide. Our experiment aims to study the influence of the chemical components of harmel, added to the substrate in two forms, the powder or extract of the leaves, in different doses, of which we applied: 0; 0.5; 1; 1.5 and 2% for the powder, and 0; 1; 3 and 5 ml for the extract, as well as spraying the extract on the seedlings at three doses: 0%, 50% (diluted extract) and 100% (concentrated extract). These methods were tested on nine species: *Cicer arietinum*, *Cucurbita pepo*, *Spinacia oleracea*, *Solanum melangena*, *Lycopersium esculentum*, *Dacus carota*, *Lactuca sativa*, *Capsicum frutescens*, *Feeniculum vulgare* by measuring the germination rate, radicle length and seedling growth. The results obtained showed the presence of allelopathic effects of harmel, whatever the form of use (powder or extract), its effects gradually increase with the doses applied. In addition, it appears that the effect of the extract is more important than the powder. Our results indicate that *Feeniculum vulgare*, *Capsicum frutescens*, *Dacus carota*, *Lycopersium esculentum* and *Solanum melangena* are the most sensitive, whose germination is completely zero at 5ml, while it is equal to 43.33% for *Lactuca sativa*, And with a rate of 26.66% to 20% for *Cucurbita pepo* and *Spinacia oleracea* respectively. On the other hand, the effect of the extract on *Cicer arietinum* germination did not give any significant difference. Also, the growth of *Lactuca sativa* and *Spinacia oleracea* seedlings is disrupted when sprayed with a diluted extract (50%), while *Feeniculum vulgare*, *Cicer arietinum* and *Cucurbita pepo* obey the effect of the concentrated extract. (100%). These results allow us to conclude that the use of the harmel extract or powder on vegetable crops is possible but with caution, taking into account the species cultivated and the dose applied.

Key words: *Peganum harmala* L., vegetable crops, germination, growth, extract, powder, allelopathic.

دراسة تأثير نبات *Peganum harmala L* على إنبات ونمو بعض أنواع الخضروات.

ملخص

يُندرج عملنا في إطار دراسة تأثير مستخلص ومسحوق أوراق الحرمل على إنبات ونمو تسعة أنواع من محاصيل الخضروات، وذلك استخدامها كمبيد أعشاب حيوي. تُهدف تجربتنا إلى دراسة تأثير المكونات الكيميائية للحرمل المضافة إلى الركيزة على شكلين مسحوق أو مستخلص الأوراق بجرعات مختلفة طبقاً منها: 0؛ 0.5؛ 1؛ 1.5 و 2% للمسحوق، و 0؛ 1؛ 3 و 5 مل للمستخلص، وكذلك رش المستخلص على الشتلات بثلاث جرعات: 0%، 50% (مستخلص مخفف)، 100% (مستخلص مركز) تم اختيار هذه الطرق على تسعة أنواع نباتية هي:

Capsicum frutescens, *Cicer arietinum*, *Cucurbita pepo*, *Dacus carota*, *Feeniculum vulgare*, *Lactuca sativa*, *Lycopersium esculentum*, *Solamum melangena*, *Spinacia oleracia*

عن طريق قياس معدل الإنبات وطول الجذير ونمو البادرات. أظهرت النتائج المتحصل عليها وجود تأثيرات أليلوباثي للحرمل مهما كان شكل استخدامه (مسحوق أو مستخلص) وتزداد آثاره تدريجياً مع الجرعات المطبقة. وبالإضافة إلى ذلك، يبدو أن تأثير المستخلص أكثر أهمية من المسحوق، وتسير نتائجنا إلى أن (*Feeniculum vulgare*,

Capsicum frutescens, *Dacus carota*, *Lycopersium esculentum* et *Solamum melangena*)

هي الأكثر حساسية، والتي يكون إنباتها منعماً تماماً عند 5 مل، بينما يبلغ الانخفاض 43.33% لدى (*Lactuca sativa*)

، و 26.66% بالنسبة (*Cucurbita pepo*) و 20% عند (*Spinacia oleracia*). ومن ناحية أخرى لم يعط (*Cicer arietinum*) أي فرق معتبر، كما يتعطل نمو شتلات كل من (*Spinacia oleracia*) و (*Lactuca sativa*) عند رشها بالمستخلص المخفف (50%)، بينما يتأثر نمو كل من (*Feeniculum vulgare*, *Cicer arietinum*, *Cucurbita pepo*) بالمستخلص المركز (100%).

و عليه تسمح لنا هذه النتائج باستنتاج أن استخدام مستخلص أو مسحوق الحرمل على محاصيل الخضروات ممكن ولكن بحذر مع مراعاة الأنواع المزروعة والجرعة المطبقة.

الكلمات المفتاحية: *Peganum harmala L*، محاصيل الخضروات، الإنبات، النمو، المستخلص، المسحوق، الأليلوباثي.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	page 1
--------------	-----------

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I. : PRODUCTION MARAICHERE

I.INTERET ET IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE	4
I.1. LA PRODUCTION MONDIALE ET NATIONALE	4
1.2. EVOLUTION DES SUPERFICIES ET DE LA PRODUCTION MARAICHERE AU NIVEAU NATIONAL	7
1.3. LES PRINCIPALES ZONES DE PRODUCTION MARAICHERE	8
1.4. L'UTILISATION DES PESTICIDES	9
1.5. RISQUES LIES A L'USAGE DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES	9

CHAPITRE II. : GENERALITES SUR LE *Peganum harmala*. L

II.1. POSITION SYSTEMATIQUE	12
II.2. DESCRIPTION DE LA PLANTE	13
II.2.1. La racine	13
II.2.2. Les Feuilles	14
II.2.3. Les Fleurs	14
II.2.4. Le fruit	15
II.2.5. Les graine	15
II.2.6. Composition chimique	15
II.2.7. Toxicité de la plante	15
II.3. LES INTERETS PHARMACEUTIQUES	17
II.3.1. Effets cardiovasculaires	17
II.3.2. Effets antimicrobiens	18
II.3.3. Effet anti protozoaire	18
II.3.4. Effet antibactérienne	18
II.3.5. Effets sur le système nerveux	18

SUBSTANCES ALLELOPATHIQUES OU ALLELOCHIMIQUES

II.1. GENERALITES SUR SUBSTANCES ALLELOPATHIQUES OU ALLELOCHIMIQUES	18
II.2. EFFETS DES ALLELOCHIMIQUES SUR LES PLANTES	19
II.3. INFLUENCE DE STRESSES ENVIRONNEMENTAUX SUR LA SYNTHÈSE DES ALLELOCHIMIQUES	20
II.3.1. Longueur de jour	20
II.3.2. Stress hydrique	21
II.4. EFFETS ALLELOPATHIQUES PAR DIFFERENTS TYPES DES PLANTES	21
II.4.1. Par plantes toxiques	22
II.4.2. Par plantes médicinales	22
II.4.3. Par plantes cultivées	23
II.5. LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES PAR L'ALLELOPATHIE	23
II.6. CONTRAINTES DE L'ALLELOPATHIE	25
II.7. IMPACTS DIRECTS ET INDIRECTS SUR LA BIODIVERSITE	26

PARTIE EXPERIMENTALES

CHAPITRE III : MATERIAL ET METHODES

III.1. OBJECTIF	28
III.2. MATERIELS BIOLOGIQUES UTILISÉS	28
III.3. CONDITIONS EXPERIMENTALES	29
III.4. LES MÉTHODES APPLIQUÉES	29
III.4.1. Application de l'extrait aqueux sur le substrat agricole	29
III.4.2. Application des extraits aqueux sur les plantes	30
III.4.3. Application de la poudre sur le substrat agricole	31
III.5. LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX	31
III.6. LES PARAMETRES MESURES	33
III.7. LES ANALYSES STATISTIQUES	33

CHAPITRE IV : RESELTATS ET DESSCUTIONS

IV.1. RESULTATS	35
IV.1.1. Le pois chiche	35
IV.1.1.1. Effet de la poudre	35
IV.1.1.2. Effet de l'extrait sur les graines	36
IV.1.2. la courgette	36
IV.1.2.1. Effet de la poudre	36
IV.1.2.2. Effet de l'extrait sur les graines	37
IV.1.3. l'épinard	37
IV.1.3.1. Effet de la poudre	37
IV.1.3.2. Effet de l'extrait sur les graines	38
IV.1.4. L'aubergine	38
IV.1.4.1. Effet de la poudre	38
IV.1.4.2. Effet de l'extrait sur les graines	39
IV.1.5. La tomate	39
IV.1.5.1. Effet de la poudre	39
IV.1.5.2. Effet de l'extrait sur les graines	40
IV.1.6. La carotte	40
IV.1.6.1. Effet de la poudre	40
IV.1.6.2. Effet de l'extrait sur les graines	41
IV.1.7. La laitue	42
IV.1.7.1. Effet de la poudre	42
IV.1.7.2. Effet de l'extrait sur les graines	42
IV.1.8. Le piment	43
IV.1.8.1. Effet de la poudre	43
IV.1.8.2. Effet de l'extrait sur les graines	43
IV.1.9. Le fenouil	45
IV.1.9.1. Effet de la poudre	44
IV.1.9.2. Effet de l'extrait sur les graines	44
IV.1.10. Effet de l'extrait sur les plantules	45
IV.2. DESSCITION	52
CONCLUSION	55
LISTE DES REFERENCES	
BIBLIOGRAPHIQUES ANNEXES	

Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre	Page
Tableau 01	Evolution des superficies, de production et des rendements des légumes frais en Algérie	07
Tableau 02	Les composés chimiques les plus importants de <i>Peganum harmala</i> .L et leurs propriétés thérapeutiques (les alcaloïdes)	17
Tableaux 03	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de pois chiche	35
Tableaux 04	l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule de pois chiche	36
Tableaux 05	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de courgette	36
Tableaux 06	l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule de courgette	37
Tableaux 07	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule d'Epinard	38
Tableaux 08	l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule d'Epinard	38
Tableaux 09	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule d'Aubergine	39
Tableaux 10	l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule d'Aubergine	39
Tableaux 11	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de tomate	40
Tableaux 12	l'effet d l'extrait de feuille harmel sur la germination de graine el la longueur de radicule de tomate.	40
Tableaux 13	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de Carotte	41

Tableau 14	l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de carotte	41
Tableau 15	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule laitue	42
Tableaux 16	l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de laitue	42
Tableaux 17	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de piment	43
Tableaux 18	l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de piment	43
Tableaux 19	l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de fenouil	44
Tableaux 20	l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de fenouil	44
Tableaux 21	Résultat d'effet de pulvérisation de l'extrais sur les plantules	45

Liste des figures

Numéro de Figure	Titre	Page
Figure 01	Production mondiale des légumes frais en 2017, par région, pays et type de culture (En millions de tonnes)	6
Figure 02	Évolution de la production de cultures maraîchères en Algérie entre 2016 et 2017, par type de culture	8
Figure 03	feuilles de <i>Peganum harmala</i> L.	14
Figure 04	La fleur de la plante <i>peganum haramala</i> L.	14
Figure 05	les fruits (a) et les graines (b) de la plante <i>Peganum harmala</i> L.	15
Figure 06	les graines des espèces maraîchères testées	20
Figure 07	application d'extrait sur les graines	21
Figure 08	dispositif expérimental de traitement par pulvérisation	22
Figure 09	pulvérisation de l'extrait sur les plantes	22
Figure 10	Traitement de poudre végétale	23
Figure 11	schéma de dispositif expérimental	23
Figure 12	schéma de dispositif expérimental	24
Figure 13	schéma de dispositif expérimental	24
Figure 14	Effet de la poudre des feuilles du harmel sur la germination des espèces maraichères	46
Figure 15	Effet de l'extrait des feuilles du harmel sur la germination des espèces maraichères	47
Figure 16	Effet de la poudre des feuilles du harmel sur la longueur de radicule primaire des espèces maraichères	48
Figure 17	Effet de l'extrait des feuilles du harmel sur la longueur de radicule primaire des espèces maraichères	48
Figure 18	Effet le traitement de la poudre des feuilles du harmel sur la germination (a ; b).	49
Figure 19	paramètre de mesure la radicule	49

Figure 20	Effet le traitement de l'extrait des feuilles du harmel sur la germination (a ; b).	50
Figure 21	Réaction vis-à-vis de l'extrait positif	51
Figure 22	Réaction vis-à-vis de l'extrait négatif	51

Liste des abréviations

D : dose

D0 : témoin de la dose

ED : eau distillée

E09 : fenouil

E08 : laitue

E07 : piment

E06 : carotte

E05 : tomate

E04 : aubergine

E03 : épinard

E02 : courgette

E01 : pois chiche

SP : sous pression

V : volume

V0 : témoin de volume

G : gramme

qx : quintaux

% : concentration

+ : résultat non significative

- : résultat significative

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les cultures maraichères jouent un rôle primordial dans la plupart des programmes de nutrition, de lutte contre la pauvreté et contribuent significativement aux revenus des familles (**JAMES et al., 2010 ; YOLOU et al., 2015**).

Sur les plans agricole, social et économique, l'horticulture marchande revêt une grande importance pour de nombreux pays, dont l'Algérie, afin d'assurer une sécurité alimentaire durable. Mais, la production des cultures maraichères se trouve concurrencée par les mauvaises herbes, qu'il faut à tout prix combattre. Il existe une lutte chimique très efficace, mais qui s'avère aujourd'hui dangereuse pour la santé humaine et l'équilibre écologique.

A cet effet, au cours des dernières années, et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche de phyto-herbicides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement.

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**). Donc, elle est considérée comme une technique prometteuse pour la lutte biologique (**LOVETT, 1991**).

Pour cela, l'orientation aillent vers les bio-pesticides d'origine végétale constituent une bonne alternative pour remédier à ce mal en minimisant les risques et maintenant ainsi la biodiversité.

Les plantes spontanées et aromatiques grâce à leurs molécules bioactives sont considérées comme des outils de choix dans les programmes de gestion de la résistance des bio-agresseurs **(BABA-AISSA et al., 2012)**. Elles sont un moyen de lutte moins coûteux, facile à manipuler **(VANDOHE et al., 2007 in KULLIMUSHI, 2015)**.

Dans le but de rechercher des bio-pesticides d'origine végétale qui peuvent avoir une action herbicide, nous avons choisi une plante spontanée (*Peganum harmala* L.), pour tester son potentiel allélopathique sur la germination des graines des espèces maraichères et le développement des plantules.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre objectif d'étude, qui consiste à tester les propriétés herbicides de la poudre et de l'extrait des feuilles de *P. harmala* sur quelques espèces maraichères.

Notre document se structure en quatre chapitres, le premier vise l'importance économique et agronomique des espèces végétales étudiées, le deuxième chapitre présente la plante de *P. harmala* et ses propriétés, la troisième concerne matériel et méthodologie de cette étude, le quatrième consacré pour présentation des résultats et la discussion de cette étude, et finalement le document est achevé par une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE I

PRODUCTION MARAICHERE

CHAPITRE I. PRODUCTION MARAICHERE

I. INTERET ET IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE

Les cultures maraîchères constituent une des priorités des politiques et programmes de production agricole de la plupart des pays. En effet, les légumes sont des produits alimentaires à haute valeur nutritive et commerciale (SOUDANI. N ; 2022).

Les produits maraichers offrent aux consommateurs les vitamines nécessaires (A, B, E, K, sels minéraux, etc.) (KIMBATSA *et al.*, 2018). Ces cultures contribuent fortement dans la sécurité alimentaire de la population, et d'un côté leurs avantages économiques et sociaux sont nombreux. En outre, les exportations des produits agricoles surtout tomate, piment, aubergine, etc., rapportent chaque année de bons revenus des devises au pays.

En effet, l'Algérie est comptée parmi les pays les plus exportateurs des produits agricoles dans le monde, et la région de Biskra seule a marqué une production en valeur importante allant de 64,70 milliards de DA en 2009 par rapport à 271,4 milliards de DA en 2018 (DSA, 2019).

1.1. LA PRODUCTION MONDIALE ET NATIONALE

Les produits maraichers sont largement demandés et consommés par les ménages, le volume total de production de légumes frais a beaucoup évolué. En 2018, environ 1088,9 millions de tonnes ont été produits contre 682,43 millions de tonnes de légumes frais (STATISTA, 2020), dont les tomates fraîches avec 182 millions de tonnes en 2018 contre 109 millions de tonnes en 2000, suivies par les oignons secs, avec 98 millions de tonnes de production mondiale estimée en 2018 contre 50 millions de tonnes en 2000 (STATISCA, 2020 ; FAOSTAT, 2020).

Concernant les régions productives en 2017, l'Asie détient la première place avec 834 millions de tonnes, soit 74% de la production totale des légumes frais, suivie par l'Europe avec 96 millions de tonnes, soit 9%. La troisième place est occupée par l'Amérique avec 81 millions de tonnes, soit à 7%, suivie par l'Afrique avec 79 millions de tonnes, et en dernière place à 3% l'Océanie avec environ 33 millions de tonnes de légumes frais (Figure 01). (FAO, 2017).

Alors que, pour les dix premiers grands pays producteurs de légumes frais au monde, la Chine est en tête des pays producteurs avec un volume de production d'environ 554 millions de tonnes, suivie par l'Inde en deuxième place avec 127 millions de tonnes. Autant, les Etats-Unis d'Amérique produisent environ 33 millions de tonnes, la Turquie avec 25%. En Afrique, Nigeria estime 16 millions de tonnes, suivi par l'Egypte, avec un volume de production estimé à 15 millions de tonnes de légumes frais (Figure 01). Cependant, l'Algérie dispose la dix-septième place avec de 6.8 millions de tonnes parmi vingt premiers pays producteurs des produits maraichers dans le monde en 2013 (**GHELAMALLAH, 2016**).

Il se trouve que, les conditions climatiques du bassin méditerranéen sont très favorables pour la production maraîchère, et en termes d'importance elle occupe la deuxième position après les grandes cultures (**GHELAMALLAH, 2016**).

Le maraichage (plein champ et protégés) se pratique dans toutes les régions du pays sans exception, sur de large superficies, en intensif et extra intensif, durant toute l'année afin d'assurer la sécurité alimentaire pour 42 millions d'habitants. En 2018, la valeur de la production nationale (plantes et d'animaux) s'élevait à plus de 3000 milliards de dinars, dont 29% pour le maraichage (**SOUDANI .N ; 2022**).

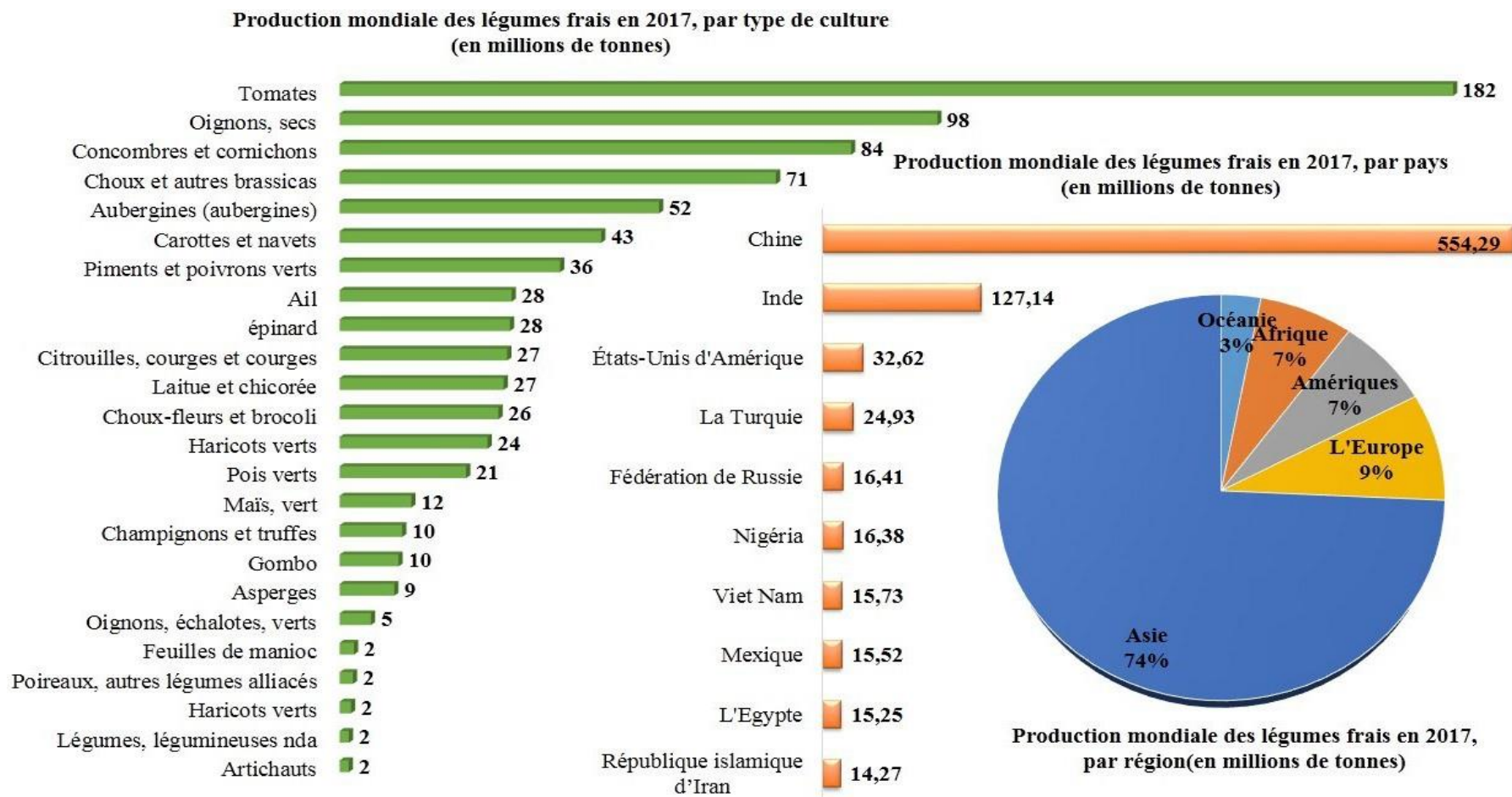


Figure 01 : Production mondiale des légumes frais en 2017, par région, pays et type de culture (En millions de tonnes) (FAO, 2017).

1.2. EVOLUTION DES SUPERFICIES ET DE LA PRODUCTION MARAICHERE AU NIVEAU NATIONAL

Au cours des vingt dernières années, la production maraîchère s'y multiplié de 5 à 6 fois plus ; au trimestre de 2018, la production de pommes de terre s'est augmentée à 47 millions qx (contre 12 millions qx au trimestre de 2000) et pour les tomates de consommation à 14 millions qx contre de 4 millions qx (trimestre de 2000) (SOUDANI .N ; 2021).

Les données de (l'FAOSTAT 2018) montrent que les superficies réservées sont passées de 27 454 ha en 2008 à 54 718 ha en 2018 avec une production estimée de 303 000 tonnes en 2008 contre 1 121 458 tonnes en 2018 ; également des rendements importants sont enregistrés allant de 110 366 (hg/ha) en 2008 à 204 952 (hg/ha) en 2018. Cette amplification de production a contribué beaucoup à limiter les importations de ce type de produits agricoles de l'étranger, et d'avantage à encourager l'exportation des légumes de hautes et bonnes qualités, ce qui a permet la pénétration de la production nationale aux marchés européens et autres internationales.

L'Algérie se classe au deuxième rang du monde arabe en matière de production maraîchère, avec une valeur de sa production agricole en 2023 s'élevant à 23 milliards de dollars américains, selon les dernières données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2023)

Tableau 01 : Evolution des superficies, de production et des rendements des légumes frais en Algérie (FAOSTAT, 2018)

ANNEE	SUPERFICIE (HA)	PRODUCTION (T)	RENDEMENT (T/HA)
2008	27 454	303 000	11,0366
2009	29 203	350 523	12,0030
2010	34 243	460 692	13,4536
2011	39 258	535 884	13,6503
2012	37 735	559 763	14,8341
2013	41 493	656 542	15,8230
2014	44 010	980 652	22,2825
2015	49 664	931 536	18,7568
2016	56 962	1 093 006	19,1883
2017	56 892	1 142 304	20,0784
2018	54 718	1 121 458	20,4952

1.3. LES PRINCIPALES ZONES DE PRODUCTION MARAICHERE

Jadis, la partie Nord du pays était considéré spécialiste en maraîchage, surtout sous serres. Il s'agit des zones du littoral, sub-littoral et les plaines intérieures : Alger, Boumerdes, Blida, Jijel, Chlef, Mascara, Mostaganem, Skikda et Tlemcen, etc (GHELMALLAH, 2016).

Cependant, cette spéculation est actuellement pratiqué à travers tous le territoire algérien, notamment les zones désertiques qui sont devenue très compétitif pour les régions du nord du pays (ZENKHRI, 2017). En fonction de la production de l'année 2017, les wilayas pionnières recensés sont El-Oued (avec 16,13 millions de qx), Ain Defla (avec 15,1 millions de qx), Mostaganem (avec 9,1 millions de qx), Biskra (avec 8,53 millions de qx), Skikda (avec 5,51 millions de qx), Boumerdés (avec 4,9 millions de qx) et Tipaza (avec 4,4 millions de qx) (SOUDANI .N ; 2021).

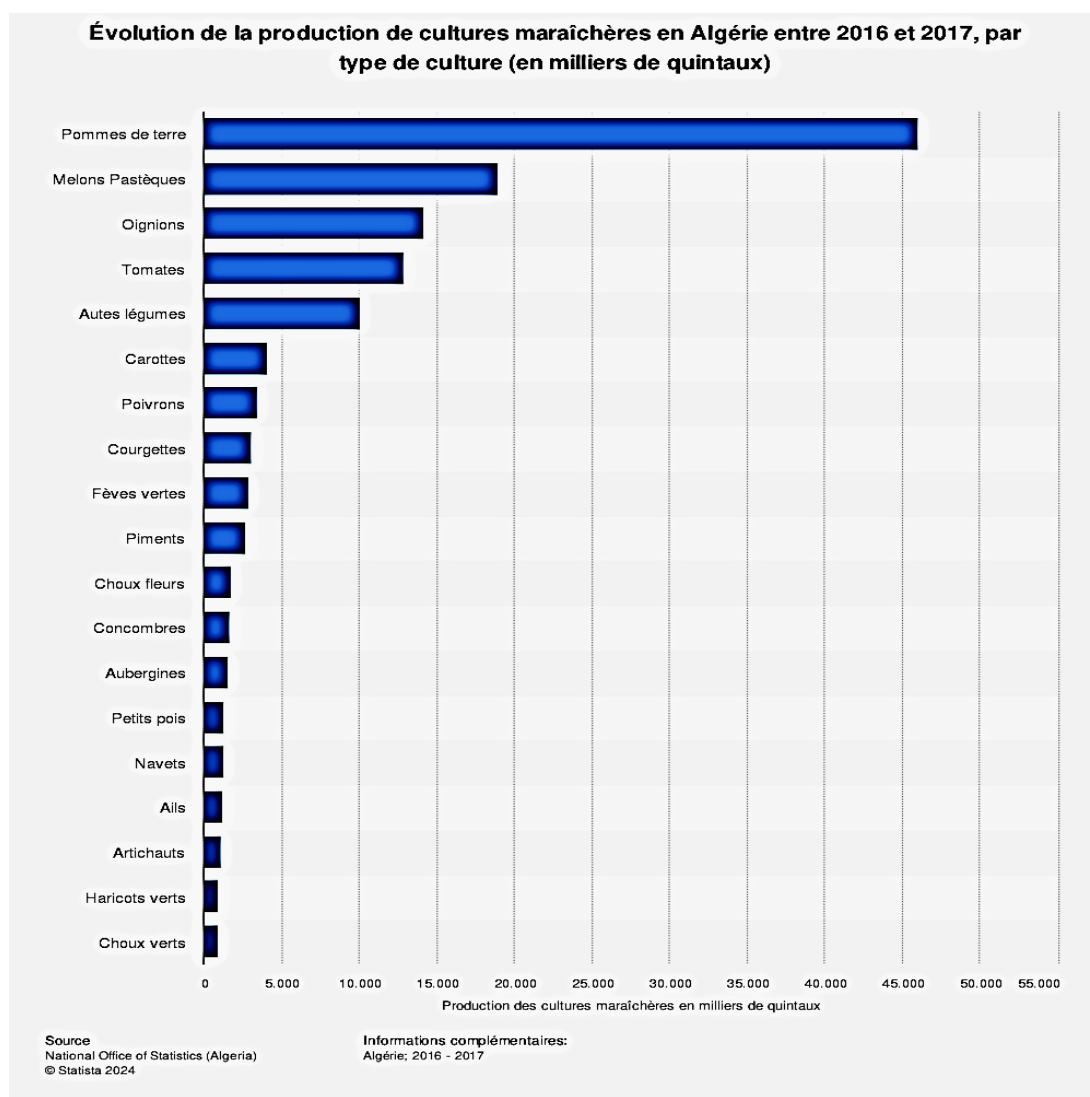


Figure 02 : Évolution de la production de cultures maraîchères en Algérie entre 2016 et 2017, par type de culture (STATISTA 2024).

L'agriculture biologique tient une place importante dans le marché mondial de l'agroalimentaire. C'est une agriculture qui répond aux nouvelles exigences des consommateurs, soucieux d'une alimentation saine et bonne pour la santé. En quelques années, les produits bios ont envahi les rayons des distributeurs et les étals des marchés. L'engouement des consommateurs est réel et le marché ne cesse de croître. Il enregistre même une plus forte progression que celui des produits issus de l'agriculture conventionnelle, notamment aux USA. Sans être une panacée, l'agriculture biologique offre des perspectives prometteuses **(AGRICULTURE BIOLOGIQUE 2007)**.

Le potentiel est important car les retards d'intensification de l'agriculture conventionnelle en Algérie, offrent de nombreux «raccourcis» pour des conversions rapides de surfaces importantes. En termes de pratiques culturales, il est indéniable que les exigences de l'agriculture biologique sont en phase avec les pratiques de l'agriculture traditionnelle et avec le savoir-faire ancestral en termes de respect environnemental et de gestion des ressources **(LAMARA HADJOU et al., 2013)**.

1.4. L'UTILISATION DES PESTICIDES

Le surcroît des surfaces cultivées a permis de répondre aux besoins et aux demandes incessantes de la population, en particulier celles dédiées aux cultures de céréales et aux légumes cependant, avec le changement climatique qui s'exerce sur toute le globe, plus précisément l'augmentation de la température et la perturbation des précipitations, la pression phytosanitaire est devenue sérieuse **(CILAS et al., 2015)**.

D'où l'utilisation des produits phytosanitaires s'avère indispensable pour affaiblir les attaques des bioagresseurs (bio écologie) et leur distribution sur les cultures. A la sorte, annuellement le nombre des vendeurs et fabricants de pesticides s'accroît avec la demande sur ces intrants chimiques. Ce qui a créé une abondance de ces produits à des prix et des facilitations plus au moins acceptables pour l'agriculteur. Toutefois, l'utilisation de ces produits sur diverses cultures est considérée à la fois douteuse et inquiétante **(CILAS et al., 2015)**.

1.5. RISQUES LIES A L'USAGE DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

L'industrie des produits phytosanitaires a développé d'une façon prodigieuse dans le monde entier. Chaque année, de nouvelles substances actives sont produites et commercialisées, ce qui augmente beaucoup leurs nombres, ainsi que les inquiétudes envers ces produits chimiques fortement utilisés (**AMIARD, 2011**). Car, ces produits sont devenus une réalité et une exigence inévitable dans divers domaines agricole, domestique et industriel.

Notamment en agriculture, où elles servent à assurer une production quantitativement satisfaisante et qualitativement saine pour la consommation humaine. Toutefois, on ne peut pas sous-estimer le caractère dangereux des substances actives (**AMIARD, 2011**) et leur risque potentiel sur la santé humaine et l'environnement, surtout lors d'usage intensif, inapproprié et imprudent.

Les produits phytosanitaires sont des composés toxiques, ayant la capacité d'engendrer de complications et des effets néfastes dans les différents niveaux trophiques, c'est-à-dire l'environnement, les espèces naturelles et y compris l'homme (**LAPINTE, 2004**).

CHAPITRE II
GENERALITES SUR LE
Peganum harmala L.

PARTIE : 1

II.1 GENERALITES SUR LE *Peganum harmala*. L

Le peganum pousse naturellement dans les zones arides méridionales, la plante retrouvé dans le nord du continent africain mais aussi au nord des Indes, en Mandchourie, au Tibet ou encore en Sibérie (**BAHRAM et al., 2006 ; HERRAIZ et al., 2010**).

Elle pousse en europe australe et austro-orientale et en Asie mineure, au Sahara septentrional et méridional et aux montagnes du Sahara central (**ABBASSI et al., 2003**).

Elle se retrouve de façon abondante dans les zones subdésertiques (Tunisie, Algérie, Libye, Egypte et au Maroc), dans certaines régions de l'Europe méditerranéenne et en Russie méridionale, elle a été introduite en Amérique et en Australie (**CHOPRA et al., 1960**).

Le harmale est une plante médicinale connu et utilisée dans la médecine traditionnelle depuis l'antiquité, elle représente une très bonne source de principes actifs qui font l'objet de plusieurs études depuis des décennies. (**PARIS ET DILLEMANN, 1960 ; SIDDIQUI et AFZA, 1978 ; PUZII et al., 1980 ; ADAAY, 1994 ; SOBHANI et al., 2002 ; BENAROUS, 2010 ; POZZI et al., 2012**).

En Algérie, *P. harmala* est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional et aux montagnes du Sahara central. Elle est réputée dans les terrains sableux, les lits d'oued, à l'intérieur des agglomérations (Maire, 1933 ; Bouziane, 2012), les champs incultes secs, les décombres et les steppes terreuses (**JAHANDIEZ et MAIRE, 1932 ; IDRISSE HASSANI et HERMAS, 2008**).

II.2. POSITION SYSTEMATIQUE

La famille des zygophyllacées est une petite famille de plantes dicotylédones et angiospermes qui rassemble plus ou moins 240 espèces réparties essentiellement dans les zones arides des régions tropicales et subtropicales (**LAVERGNE, 2013**).

Le genre peganum tient son nom du grec et est attribué aux espèces de la rue, alors que le nom de l'espèce harmala dérive de celui de la ville Libanaise hermel (**MARS, 2009**).

Il comprend des espèces annuelles, bisannuelles ou vivaces (**TAHRI et al., 2004**). Les plantes de ce genre sont connues pour leurs richesses en alcaloïdes indoliques telles que :

Peganum mexicanum Gray., *Peganum nigellastrum* Bge., *Peganum multisectum* Maxim. Et *Peganum harmala* L. (**LAVERGNE, 2013**).

Classification

Embranchement :	Spermatophytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Rosidae
Ordre :	Sapindales
Famille :	Zygophyllaceae
Genre :	Peganum
Espèce :	<i>Peganum harmala</i> L. (OZENDA, 1991).

II.3. DESCRIPTION DE LA PLANTE

Peganum harmala est une plante pluriannuelle (**BRUNETON, 2001**), herbacée, vivace, glabre, buissonnante, d'une hauteur de 30 à 100 cm, à rhizome épais. Son odeur forte, désagréable rappelant celle de la Rue (**CHOPRA et al., 1960**). Elle est souvent d'une apparence touffue caractérisée par des tiges très rameuses et des feuilles alternées, découpées en lanières étroites qui restent vertes pendant une partie de la saison sèche (**PREEDY et al., 2011**).

II.3.1. La racine

Elle est oblongue, dure et garnie de fibres. Elle peut atteindre plus de 3 m de profondeur (**QUEZEL et SANTA, 1963**). De nouvelles pousses peuvent se développer à partir des racines latérales (**ROCHE, 1991 ; PARSONS et CUTHBERTSON, 1992**).

II.3.2. Les Feuilles

Elles sont alternes, charnues d'un vert vif, mesurant de 2 à 5cm de long (**PARSONS et CUTHBERTSON, 1992 ; ROCHE, 1991**).

Les feuilles supérieures ne dépassent pas 1,5 mm de largeur (**BOUZIANE, 2012**). Elles ont une odeur très dissuasive lorsqu'elles sont froissées (figure2) (**MAHMOUDIAN et al., 2002**).



Figure 03 : Feuilles de *Peganum harmala* L. (**SASSAOUI, 2016**).

II.3.3. Les Fleurs

Elles sont actinomorphes, hermaphrodites et dialypétales (**BOULLARD, 1997**), le fleur elles sont de couleur blanches sales avec des sépales inégaux persistants qui dépassent la corolle et des pétales crème lavés de rose-orangé à nervures jaunes, oblongs et su symétriques.

Les fleurs sont monoïques dotées de 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 (**MAIRE, 1943 ; CHOPRA et al., 1960; OZANDA, 1991**)



Figure 04 : La fleur de la plante *peganum haramala* L. (**TARABSA, 2011**).

II.3.4. Le fruit

C'est en forme de capsule sphérique et trilobulaire, de couleur verte lorsqu'il est mûr (**PREEDY et al ., 2011**) et brun orangé à maturité coriace (**PARSONS et CUTHBERTSON, 1992**). Il est de 6 à 8 mm déprimé au sommet et entouré des sépales persistants (figure 05) (**OZENDA, 1977 ; HAMMICHE et MERAD, 1997**).

II.3.5. Les graines

Elles sont d'une couleur marron foncé, petites, anguleuses, sub-triangulaires et ont un diamètre de 3 à 4 mm x 2mm. Elles sont d'une saveur amère, le tégument externe est réticulé (figure 05) (**CHOPRA et al., 1960**).



Figure 05 : les fruits (a) et les graines (b) de la plante *Peganum harmala* L. (**WECKESSER, 2013**).

II.3.6. Composition chimique

Le *peganum harmala* L. est une plante riche en composants phytochimique, qui lui donne une efficacité médicinale, ces composants sont : des alcaloïdes, des flavonoïdes et des anthraquinones. La teneur totale en alcaloïdes de *P. harmala* varie entre 2 et 5 % (**JINOUS et FERESHTEH, 2012**)

II.3.7. Toxicité de la plante

L'analyse phytochimique des extraits de plantes a montré la présence d'alcaloïdes, coumarines, de saponines, de quinones de flavonoïdes libres (**BEHIDJ-BENYOUNES et al., 2014**).

Toute la plante est toxique, mais le taux d'alcaloïdes est beaucoup plus élevé dans la graine (3 à 4 %) que dans la racine, la tige (0,36 %) et la feuille (0,52 %). La teneur en alcaloïdes

s'élève brusquement en été, durant la phase de mûrissement du fruit, au moment de la récolte de la graine (**BEN SALAH et al., 1986**).

En été la teneur en alcaloïdes s'élève durant la phase de la maturation des fruits (**JINOUS et FERESHTEH, 2012**).

Les toxines possèdent la même structure indolique dérivée du tryptophane qui associe un noyau indole à un noyau pyridine. L'harmaline est un méthoxy-harmalol et une dihydroharmine, elle constitue les 2/3 des alcaloïdes totaux de la graine, elle serait deux fois plus toxique que l'harmine (**PARIS & MOYSE, 1981**).

Les alcaloïdes sont doués d'une activité physiologique généralement prononcée à très faibles doses, et à plus forte dose, sont responsables d'effets toxiques sur l'homme et les animaux (**MAROUF ET REYNAUD, 2007**).

Tableau 02 : Les composés chimiques les plus importants de *peganum harmala* L et leurs propriétés thérapeutiques (les alcaloïdes) (**BEN BOUT, 2013**).

Nom de l'alcaloïde	Formule chimique	Formation
Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	Principal alcaloïde de la plante. Généré par l'hydroxylation suivi d'une méthylation du méthyle-1 β-carboline.
Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	Molécule naturelle initiale de la plante. Elle est le résultat de l'oxydation de l'harmaline.
Harmalol	C ₁₂ H ₁₂ N ₂ O	Alcaloïde instable lorsqu'il est exposé à l'air, ce cristallise dans l'eau sous forme de tri-hydrate.
Harmane	C ₁₂ H ₁₀ N ₂ O	Généré par l'oxydation du méthyle-1 β-carboline. Cristallisé dans plusieurs solvants organiques sous forme de prismes incolores.

II.4. LES INTERETS PHARMACEUTIQUES

Le harmal est l'une des plantes commun est très utilisé dans la médecine traditionnelle algérienne et maghrébine, elle est efficace pour plusieurs troubles comme: gynécologiques: emménagogue, abortif, stérilité féminine, généraux: hypnotique, antipyrétique, a antitussif digestifs: coliques, troubles digestifs cutanés: antiseptique et cicatrisant, dermato (eczémas) et brûlures, conjonctivites purulentes et blépharites, alopecie infectieux: tétanos néonatal; anthelminthique (ascaris, toenia); antipaludique; oreillons autres: sudorifique et dépuratif, hémorroïdes, diabète. **(ABDEL-FATTAH et al., 1995)**

II.4.1. Effets cardiovasculaires

Le harmel est l'une des plantes médicinales les plus utilisées dans le monde pour traiter l'hypertension et les maladies cardiaques **(TAHRAOUI et al, 2007)**. Il a également été démontré dans différentes études pharmacologiques que l'extrait de *P. harmala* ou ses principaux alcaloïdes actifs, l'harmine, l'harmaline, l'harmane et l'harmalol, ont différents effets cardiovasculaires **(AARONS et al. 1977)**.

II.4.2. Effets antimicrobiens

Dans les dernières années et après des différentes études sur les effets de *Peganum harmala* les résultats ont montré différents effets antiparasitaires **(ASTULLA. A et al, 2008)**, antifongiques et antibactériens **(NENAAH. G, 2010)**.

II.4.3. Effet anti protozoaire

Les études qui ont été appliquées sur des formes de parasites de la leishmanie pour le but de voir les effets anti protozoaire d'extraction de harmal, les études qui sont faites in vivo et in vitro sortent avec des résultats significatifs **(DI GIORGIO C, et al., 2004)**.

II.4.4. Effet antibactérienne

La caractéristique la plus importante des alcaloïdes de *P. harmala* est leur activité comme un bactéricide, qui est comparable à celle des antibiotiques courants, qui ont de nombreux effets indésirables. Il a été démontré que différentes espèces de bactéries sont sensibles à ces alcaloïdes. Il n'est conclu que *P. harmala* et ses alcaloïdes pourraient probablement être utilisés pour le contrôle des isolats de bactéries résistantes aux antibiotiques **(NEENAH G, 2010.)**.

II.4.2. Effets sur le système nerveux

Diverses études in vitro et in vivo ont montré une large gamme d'effets produits par des alcaloïdes de *peganum harmala* à la fois sur le système nerveux central et périphérique y compris, l'excitation, l'hallucination, l'analgésie et l'effet antidépresseur (**MOLOUDIZARGARI et al., 2013**).

II.8.1 SUBSTANCES ALLELOPATHIQUES OU ALLELOCHIMIQUES

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 structurelles (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**).

II.8.1 EFFETS DES ALLELOCHIMIQUES SUR LES PLANTES

Les effets visibles des substances allélopathiques sur les plantes (réduction de croissance, échec de germination des semences) nécessite de distingué 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 testé 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 prédominant 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 tigelle et de la radicule (coléoptile et coléorhize des Poaceae). Ces variations peuvent être observées aux stade 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.

II.8.1

INFLUENCE DE STRESSES ENVIRONNEMENTAUX SUR LA SYNTHÈSE DES ALLELOCHIMIQUES

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 agressions, 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 terpénoides sous stress environnementaux est bien documentée. Par exemple, une élévation de la lumière UV-B induit l'accumulation de phenylpropanoïdes 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**).

II.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**).

II.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.

II.8.1 EFFETS ALLELOPATHIQUES PAR DIFFERENTS TYPES DES PLANTES

II.7.1. 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).

II.7.2. Par plantes médicinales

Les recherches sur les plantes médicinales ont fait ressortir un certain nombre de plantes quisynthétisent 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 *Echinocloa 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).

II.7.3. 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 *Agrostes* 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.

II.8.1 LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES PAR L'ALLELOPATHIE

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**).

Par exemple, on citera les exsudats racinaires de *sorgho* (*Sorghum bicolor* 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**).

II.8.1 CONTRAINTES DE L'ALLELOPATHIE

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 où 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)**.

II.9. IMPACTS DIRECTS ET INDIRECTS SUR LA BIODIVERSITE

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 est apparue, 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 aliments, 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 III

MATERIEL ET METHODES

III.1. OBJECTIF

Le but de notre expérience est d'étudier les effets d'extrait aqueux et la poudre des feuilles de Harmel (*Peganum harmala* L), sur la germination et la croissance des cultures maraîchères cultivées en Algérie, afin de l'utiliser comme bio-herbicides ou bio-insecticides.

III.2. MATÉRIELS BIOLOGIQUES UTILISÉS

Les matériels biologiques utilisés dans notre expérimentation sont tout d'abord, les feuilles du Harmel récoltées en 2023 et séchées à l'ombre. De plus, les graines des neuf espèces suivantes (figure 06):

✓ E01	Pois chiche	<i>Cicer arietinum</i>
✓ E02	Courgette	<i>Cucurbita pepo</i>
✓ E03	Épinard	<i>Spinacia oleracea</i>
✓ E04	Aubergine	<i>Solanum melangena</i>
✓ E05	Tomate	<i>Lycopersium esculentum</i>
✓ E06	Carotte	<i>Dacus carota</i>
✓ E07	Laitue	<i>Lactuca sativa</i>
✓ E08	Piment	<i>Capsicum frutescens</i>
✓ E09	Fenouil	<i>Feeniculum vulgare</i>



Figure 06 : Les graines des espèces maraîchères testées

III.3. CONDITIONS EXPERIMENTALES

Notre expérimentation a été réalisée aux laboratoires de département d'agronomie à l'Université Amar Telidji – Laghouat. Cette étude a été duré 30 jours, depuis 26/02/2024, jusqu'au 26/03/2024, dans des conditions de température ambiante (24 C°).

III.4. LES MÉTHODES APPLIQUÉES

Cette étude est basée sur l'application de trois méthodes, en testant l'extrait aqueux de la feuille du harmel au niveau des deux premières (le substrat agricole et sur les plantes), et en testant la poudre des feuilles du Harmel au niveau de la troisième méthode.

En ajoutant que la préparation de l'extrait aqueux sous pression consiste à mettre 50g de poudre de harmel dans 500 ml d'eau distillée.

III.4.1. Application de l'extrait aqueux sur le substrat agricole

Les boîtes ont été remplies de sable fin tamis, et arroser une seuls fois par l'extrait aqueux du harmel avec les volumes suivante : 0ml ; 1 ml ; 3 ml et 5 ml.

Le semis a été effectué dans des boîtes de Pétri, au nombre de 10 graines par boîte, avec trois répétitions par traitements ensuite, l'arrosage et le comptage des graines germées a été effectué quotidiennement jusqu'à la fin de l'expérience.

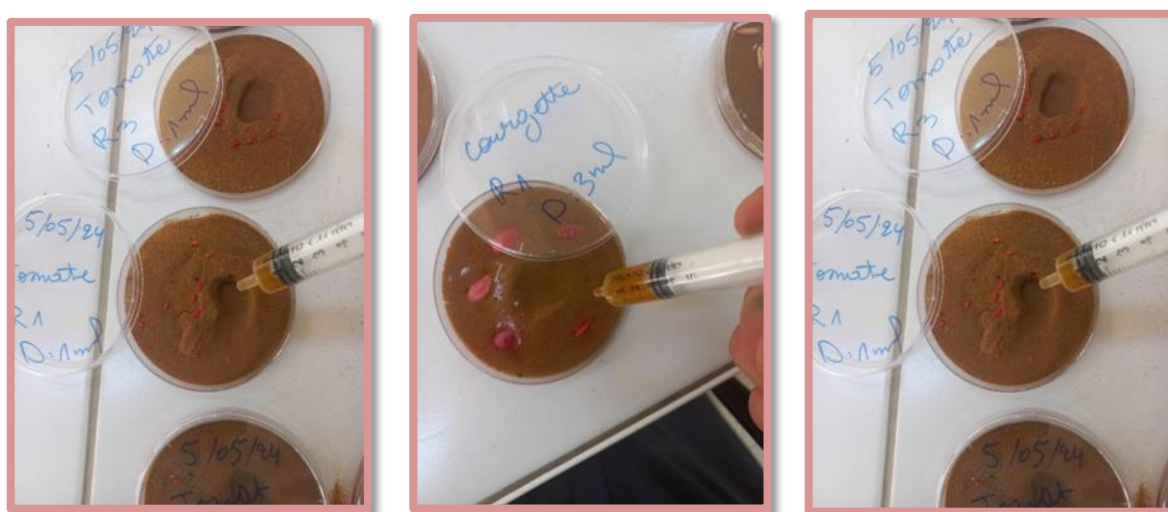


Figure 07 : Application d'extrait sur les graines (source original)

III.4.2. Application des extraits aqueux sur les plantes

L'extrait aqueux du harmel est pulvérisé sur les plantes au stade de trois feuilles, avec trois concentrations : 0% (témoin = sans aucun traitement), 100% (solution concentrée) et 50% solution diluée).



Figure 08 : Dispositif expérimental de traitement par pulvérisation (source original)

Le semis a été effectué dans des gobelets, de couleur blanche, remplis du sable, en raison de 10 graines par gobelets, avec 3 répétitions. L'arrosage a été effectué quotidiennement durant la période expérimentale.



Figure 09 : Pulvérisation de l'extrait sur les plantes (source originale)

III.4.3. Application de la poudre sur le substrat agricole

La poudre végétale est mélangée avec le substrat de culture (sable) en raison de 0g (témoin), 0,5 g, 1,5 g et 2g, et placées dans des boîtes de Pétri.

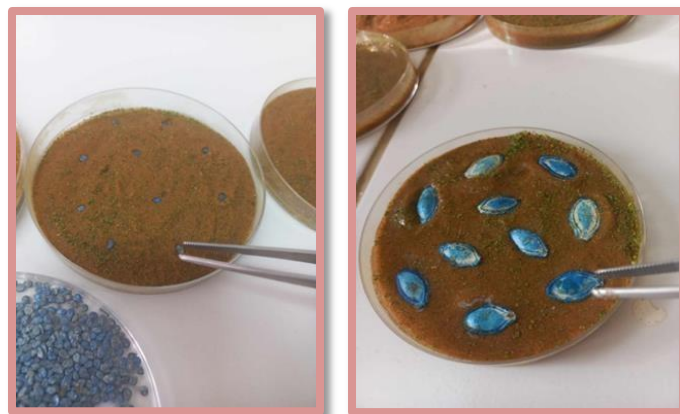


Figure 10 : Traitement de poudre (source original)

Pour cette méthode, le semis a été effectué dans des boîtes de Pétri, au nombre de 10 graines par boîte, avec trois répétitions par traitements. Ensuite, l'arrosage et le comptage des graines germées a été effectué quotidiennement jusqu'à la fin de l'expérience.

III.5. LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

Ces expérimentations ont été menées par un dispositif de type randomisation totale à un seul facteur.

Pour la première méthode, le dispositif expérimental est composé d'un seul facteur avec 4 niveaux (0 ml / 1 ml / 3 ml / 5 ml) et 3 répétitions, ce qui fait en totale 12 unités expérimentales.

V 0 ml	R1	R2	R3
V 1 ml	R1	R2	R3
V 3 ml	R1	R2	R3
V 5 ml	R1	R2	R3

Figure 11 : Schéma de dispositif expérimental

Pour la deuxième méthode, le dispositif expérimental est composé un seul facteur avec 3 niveaux de l'extrait (0%, 50% et 100%) et 3 répétitions, ce qui fait en totale 9 unités expérimentales.

D 0%	R1	R2	R3
D 50%	R1	R2	R3
D 100%	R1	R2	R3

Figure 12 : schéma de dispositif expérimental

Pour la troisième méthode, le dispositif expérimental est composé un seul facteur avec 5 niveaux (0g, 0,5g, 1g, 1,5g et 2g) et 3 répétitions, ce qu'égal à 15 unités expérimentales

D0	R1	R2	R3
D0.5	R1	R2	R3
D1	R1	R2	R3
D1.5	R1	R2	R3
D2	R1	R2	R3

Figure 13 : Schéma de dispositif expérimental

III.6. LES PARAMÈTRES MESURES

Vu de l'importance de la phase germinative des semences dans le déroulement des stades ultérieurs de développement de toutes espèces végétales, ce travail est basé sur la mesure de deux paramètres physiologiques, qui sont la capacité germinative et la longueur de radicule.

Les graines germées sont dénombrées toutes les 24 heures. Les graines sont considérées germées selon la définition de (ASSONGB *et al*, 2013), qui déclare que la germination est la sortie de la graine germée au-dessus du sol contenu. La faculté germinative qui correspond au pourcentage de semences germées, a été mesurée par la formule ci-dessous, et qui a été citée par (LAFON *et al*, 1996).

$$FG = \frac{(\text{nombre total des graines mises en germination} - \text{nombre des graines non germées}) * 100}{\text{Nombre total des graines mises en germination}}$$

III.6.1. La longueur de radicule

La longueur de radicule « LR » a été mesurée pour les graines germées par centimètre (cm), en raison de trois répétitions par traitement.

III.6.2. Le développement des plantules

Pour le test de l'extrait du harmel sur la croissance des plantules, nous avons basé sur l'enregistrement de l'observation visuelle de l'état de flétrissement et le jaunissement des plantules après la pulvérisation de l'extrait.

III.7. LES ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse statistique grâce au logiciel « STATBOX7.2 », dont on a calculé la variance à un facteur par le test de Fisher Snedecor au seuil de risque de 5 %, ainsi que la comparaison multiple des moyennes par le test de Newman et Keuls, pour identifier les groupements homogènes.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DESSCUTIONS

IV.1. RESULTATS

Notre étude s'appuie sur l'effet allélopathique de poudre et des extraits aqueux des feuilles à différentes concentrations de bio herbicide sur la germination des graines et la croissance des plantules des espèces maraichères.

Le suivi pendant 30 jours dans des conditions expérimentales, nous permis préalablement de juger grosso modo que les résultats de notre étude menée sur la poudre et les extraits de *P. harmala* montrent des effets variables sur les différentes espèces étudiées.

Les figures et les tableaux ci-après présentent en détaille les résultats obtenus pour chaque espèce.

IV.1.1. Le pois chiche

IV.1.1.1. Effet de la poudre

L'analyse de variance indique que le pourcentage de germination (PG) varie significativement (0,025), tandis que la longueur de radicule (LR) est non significative (0,807) (annexe 1).

Le tableau 03 nous montre que la germination est complète (100%) au niveau de témoin (D0). Alor quelle varie entre 90 à 69,67 % pour les traitements D0,5, D1 et D1,5, dont ils sont du même groupe homogène. Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau D2 avec un taux de germination de 86,67%.

Pour la longueur de radicule Le résultat obtenu 1.27 cm au niveau de témoin (D01). Alor quelle varie entre 1.27 à 1.23 cm pour les doses D0,5, D1 , D1.5 et D2.

Tableau 03 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de pois chiche

Pois chiche	Germination					Longueur de radicule cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	100,00	96,67	96,67	90,00	86,67	1,27	1,27	1,27	1,27	1,23
Ecart type	± 0,00	± 5,77	± 5,77	± 0,00	± 5,77	±0,25	±0,15	±0,15	±0,15	±0,06
G.H	A	AB	AB	AB	B					

IV.1.1.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination PG (0,085), ainsi que la longueur de radicule (LR) (0,442) n'ont pas présentées des différences significatives (annexe1).

Le tableau 04 nous montre que la germination est complète (100%) au niveau de témoin (V0), alors qu'elle varie entre 96,67 à 90 % pour V1, V3 et V5.

Tableau 04 : l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule de pois chiche

Pois chiche	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	100,00	96,67	96,67	90,00	4,60	4,60	4,90	4,93
Ecart type	± 0,00	± 5,77	± 5,77	± 0,00	±0,79	±0,43	±0,43	±0,47
G.H	A	AB	AB	AB				

IV.1.2. la courgette

IV.1.2.1. Effet de la poudre

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination (0,000), ainsi que la longueur de radicule (0,000) présentent des différences très hautement significative (annexe 2).

Le tableau 05 nous montre que la germination est moyenne (63,33%) au niveau de témoin (D0). Alors qu'elle a diminué à 63,33 et 43,33 % pour les traitements D0,5 et D1 respectivement, dont ils sont dans le même groupe homogène (B). Tandis que les valeurs les plus faibles sont enregistrées au niveau D1,5 et D2 avec un taux de germination entre 26,67 à 23,33% respectivement.

Pour la longueur de radicule, les résultats obtenus sont de 2,90 cm au niveau de témoin (D0), fluctuent entre 2,83 à 2,27 cm pour les traitements D0.5 et D1, et diminuent à 0,77 et 0,47 cm au niveau D1.5 et D2 respectivement.

Tableau 05 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de courgette

Courgette	Germination					Longueur cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	63,33	46,67	43,33	26,67	23,33	2,90	2,83	2,27	0,77	0,47
Ecart type	± 5,77	± 5,77	± 5,74	±11,55	± 5,77	±0,10	±0,12	±0,40	±0,15	±0,21
G.H	A	B	B	C	C	A	A	B	C	C

IV.1.2.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination (PG) (0,000), ainsi que la longueur de radicule (0,000) présentent des différences très hautement significativement (annexe 2).

Le tableau 06 nous montre que la germination est égale 63,33% au niveau de témoin (V0). Alors qu'elle varie entre 46,67 à 43,33 % pour les volumes V1, V3, dont ils sont du même groupe homogène (B). Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau V5, avec un taux de germination égale à 26,67% respectivement.

Le tableau 06 montre que la longueur de radicule est égale à 2,90 cm au niveau de témoin (V0), elle change entre 2,83 à 2,27 cm pour V1 et V3. Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau V5, avec une longueur de 0,77 cm.

Tableau 06 : l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule de courgette.

Courgette	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	63,33	46,67	43,33	26,67	2,90	2,83	2,27	0,77
Ecart type	±5,77	± 5,77	± 5,77	±11,55	±0,10	±0,11	±0,40	±0,15
G.H	A	B	B	C	A	A	B	C

IV.1.3. L'épinard

IV.1.3.1. Effet de la poudre

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination (PG) (0,000), ainsi que la longueur de radicule (0,000) présentées des différences très hautement significativement (annexe 3).

Le tableau 07 nous montre que la germination est de 96,67% au niveau de témoin (D0). Or qu'elle fluctue entre 93,33, 86,67 et 50%, pour les traitements D0.5, D1 et D1.5 respectivement. Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau D2 avec un taux de germination de 16,67%.

Pour la longueur de radicule, le tableau montre une valeur de 3.57 cm au niveau de témoin (D0). Alors qu'elle fluctue entre 3,53 à 2,60 cm pour les doses D0,5 , D1 avec une diminution entre 1,70 et 1,03 cm pour les traitements D1,5 et D2.

Tableau 07 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule d'Epinard.

Epinaard	Germination					Longueur cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	96,67	93,33	86,67	50,00	16,67	3,57	3,53	2,60	1,70	1,03
Ecart type	± 5,77	±11,55	±5,77	±10,00	± 5,77	±0,30	±0,06	±0,36	±0,20	±0,15
G.H	A	A	A	B	C	A	A	B	C	D

IV.1.3.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination (PG) la longueur de radicule (LR) ont enregistré tous les deux des différences très hautement significative (0,000) (annexe 3).

Le tableau 08 montre que la germination est élevée (96,66%) chez le témoin (V0). Mais, elle varie entre 73,33 à 33,33 % pour V1et V3, et attient la plus faible la valeur en V5, avec 20% de germination.

D'après les résultats de longueur de radicule (tableaux 09), il apparait une longueur de 3,57 cm au niveau de témoin (V0). Alors qu'elle échange entre 3,53 à 2,47 cm pour les traitements V1et V3, avec une longueur de 0,70 au niveau V5.

Tableau 08 : l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule d'Epinard

Epinaard	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	96,66	73,33	33,33	20,00	3,57	3,53	2,47	0,70
Ecart type	± 5,77	± 5,77	± 5,77	± 0,00	±0,31	±0,06	±0,25	±0,20
G.H	A	B	C	D	A	A	B	C

IV.1.4. L'aubergine

IV.1.4.1. Effet de la poudre

L'analyse de la variance signale que la différence est très hautement significative (0,000) pour le pourcentage de germination (PG) que pour la longueur de radicule (LR) (annexe 4).

Le tableau 09 montre que les résultats de germination est élevée (93,33%) au niveau de témoin (D0). Alors qu'elle varie entre 46,67 à 30 % pour les traitements D0,5, D1, D1.5 et D2, Dont ils sont du même groupe homogène (B).

La longueur de radicule montre est de 2,87 cm au niveau de témoin (V0), tandis qu'elle varie entre 1,57 à 0,23 cm pour V1, V3 et V5.

Tableau 09 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule d'Aubergine

Aubergine	Germination					Longueur cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	93,33	46,67	40,00	33,33	30,00	2,87	1,57	0,63	0,27	0,23
Ecart type	±5,77	±5,77	±10,00	±5,77	±10,00	±0,15	±0,15	±0,15	±0,06	±0,06
G.H	A	B	B	B	B	A	B	C	D	D

IV.1.4.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance de cette espèce désigne que la différence est très hautement significative (0,000) pour les deux paramètres mesurées (PG et LR) (annexe 4).

D'après le tableau 10, la germination est égale à 53,33% chez le témoin (V0). Elle oscille entre 30 à 26,67 % pour les traitements V1 et V3, ce qui les mis dans le même groupe homogène (B), et nulle au niveau V5.

Selon les résultats obtenus (le tableau 10), la longueur est égale à 2,10 cm chez le témoin (V0). Tandis qu'elle balance entre 1.57 et 0.63, pour les traitements V1 et V3, et nulle au niveau V5.

Tableau 10 : l'effet de l'extrait de feuille harmel sur les graines et la longueur de radicule d'Aubergine.

Aubergine	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	53,33	30,00	26,67	0,00	2,10	1,57	0,63	0,00
Ecart type	±5,77	±10,00	± 5,77	± 0,00	±0,10	±0,15	±0,15	±0,00
G.H	A	B	B	C	A	B	C	D

IV.1.5. La tomate

IV.1.5.1. Effet de la poudre

L'analyse de la variance de cette espèce désigne que la différence est très hautement D'après le tableau 11, la germination est au niveau de 83,33% chez le témoin (D0). Elle balance entre 70 à 66,67 % pour les traitements D0.5 et D1, et diminue à 16,66 et 10% au niveau D1.5 et D2 respectivement.

Pour la longueur de radicule Le résultat (tableaux 11) montre 3.10 cm au niveau de témoin (D0). Alors qu'elle fluctue entre 2 à 0.37 cm pour les traitements D0,5 D 1 et D1,5, avec une longueur de 0.60 au niveau D2.

Tableau 11 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de tomate.

Tomate		Germination					Longueur cm				
Traitement		D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen		83,333	70,00	66,67	16,67	10,00	3,10	2,00	0,80	0,37	0,60
Ecart type		±5,77	±10,00	±15,28	± 5,77	±10,00	±0,10	±0,10	±0,10	±0,12	±0,10
G.H		A	A	A	B	B	A	B	C	D	E

IV.1.5.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance de cette espèce désigne que la différence est très hautement significative (0,000) pour les deux paramètres mesurées (annexe 05).

D'après les résultats obtenus (le tableau 12), la germination est égale à 70% chez le témoin (V0). Tandis qu'elle balance entre 33.33 et 20%, pour les traitements V1 et V3, et nulle au niveau V5.

Pour la longueur de radicule Le résultat obtenu 3,10 cm au niveau de témoin (D01). Alors qu'elle fluctue entre 2 à 0.80 cm pour les traitements V1 et V 3 et nulle au niveau V5.

Tableau 12 : l'effet d l'extrait de feuille harmel sur la germination de graine el la longueur de radicule de tomate.

Tomate		Germination				Longueur cm			
Traitement		D 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen		70,00	33,33	20,00	0,00	3,10	2,00	0,80	0,00
Ecart type		±10,00	± 5,77	±10,00	±0,00	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10
G.H		A	B	B	C	A	B	C	D

IV.1.6. La carotte

IV.1.6.1. Effet de la poudre

Pour cette espèce, l'analyse de la variance désigne que la différence est très hautement significative (0,000) pour les deux paramètres mesurées (annexe 06).

D'après les résultats obtenus (le tableau 13), la germination est égale à 70% chez le témoin (D0). Tandis qu'elle balance entre 43,67 à 6,67 %, pour les traitements D0.5, D1 et D1.5. Tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée au niveau D2 avec de 3,33%.

Selon le résultat la longueur de radicule est égale 2,10 cm au niveau de témoin (D01). Alors qu'elle fluctue entre 2,60 à 0,20 cm pour les doses D0.5 , D1 , D1.5 et D2.

Tableau 13 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de Carotte

Carotte	Germination					Longueur cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	63,33	43,67	40,00	6,67	3,33	2,10	2,60	0,63	0,40	0,20
Ecart type	±5,77	±15,23	±10,00	± 5,77	± 5,77	±0,20	±0,36	±0,15	±0,36	±0,35
G.H	A	AB	B	C	C	A	A	B	B	B

IV.1.6.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination (PG) (0,000), ainsi que la longueur de radicule (0,000) présentées des différences très hautement significativement (annexe 6).

Le tableau 14 nous montre que la germination est moyenne (63,33%) au niveau de témoin (D0). Alor quelle varie entre 26,67 à 6,67 % pour les volumes V 1ml, V 3ml, Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau V 5ml, avec une nulle 00% germination.

D'après le tableau 14, la longueur de radicule est égale à 2,07 cm au niveau de témoin (V0). Alors qu'elle fluctue entre 0.70 à 0.47 cm pour les traitements V1 et V3, et nulle au niveau V5

Tableau 14 : l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de carotte.

Carotte	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	63,33	26,67	6,67	0,00	2,07	0,70	0,47	0,00
Ecart type	±5,77	±5,77	±5,77	±0,00	±0,21	±0,20	±0,42	±0,00
G.H	A	B	C	C	A	B	BC	C

IV.1.7. La laitue

IV.1.7.1. Effet de la poudre

L'analyse de la variance signale que la différence est très hautement significative (0,000) pour le pourcentage de germination (PG) que pour la longueur de radicule (LR) (annexe 13).

Le tableau 16 nous montre que la germination est en moyenne de 63,33% au niveau de témoin (D0), et varie entre 53,33 à 16,67 % pour les traitements D0,5, D1 et D1,5, Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau D2 avec un nul 00% de germination.

Pour la longueur de radicule, Les résultats sont entre 1,10 à 0,90 cm au niveau de témoin (D0), D0.5 et D1. Alors qu'elle fluctue entre 0,50 cm pour chez D1.5, et de 0,13 cm au niveau de D2.

Tableau 15 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule laitue.

Laitue	Germination					Longueur cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	63,33	53,33	23,33	16,66	0,00	1,10	1,07	0,90	0,50	0,13
Ecart type	±5,77	± 5,77	±15,28	± 0,00	±11,55	±0,10	±0,12	±0,10	±0,10	±0,06
G.H	A	A	B	BC	C	A	A	A	B	C

IV.1.7.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination (PG) varie très hautement significativement (0,000), tandis que la longueur de radicule (LR) est non significative (0,078) (annexe 07).

Le tableau 16 nous montre que la germination est élevée (96.66%) au niveau de témoin (V0). Alors qu'elle varie entre 86,66 à 73.33 % pour les volumes V1, V3, Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau V5, avec un taux de germination 43.33%.

D'après les résultats obtenus (le tableau 17), la longueur est égale à 2,10 chez le témoin (V0). Tandis qu'elle balance entre 2.90 et 2,00cm pour les traitements V1, V3 et V5.

Tableau 16 : l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de laitue.

Laitue	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	96,66	86,66	73,33	43,33	2,90	2,43	2,20	2,00
Ecart type	±5,77	±11,55	±5,77	±5,77	±0,53	±0,25	±0,44	±0,10
G.H	A	AB	B	C				

IV.1.8. Le piment

IV.1.8.1. Effet de la poudre

L'analyse de variance indique que le pourcentage de germination (PG) varie hautement significativement (0,004), tandis que la longueur de radicule (LR) est très hautement significativement (0,001) (annexe 8).

Le tableau 17 nous montre que la germination est faible (53,33%) au niveau de témoin (D0). Alor quelle varie entre 56,67 à 36,67 % pour les traitements D0,5, D1 et D1,5, Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau D2 avec un taux de germination de 23,33%.

Solon les résultats obtenus, la longueur est égale à 2,43 chez le témoin (D0). Tandis qu'elle balance entre 2,43 et 2 cm, pour les traitements D0,5, D1 et D1,5, avec un longueur de 1,13cm au niveau D2.

Tableau 17 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de piment.

Piment	Germination					Longueur cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	53,33	56,67	53,33	36,67	23,33	2,43	2,43	2,37	2,00	1,13
Ecart type	±5,7	±5,77	±5,77	±5,77	±5,77	0,31	± 0,25	± 0,42	± 0,10	± 0,25
G.H	7 A	A	B	C	D	A	A	A	A	B

IV.1.8.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance de l'effet d'extrait sur le piment, signale que la différence est très hautement significative (0,000) pour le pourcentage de germination (PG) que pour la longueur de radicule (LR) (annexe 8).

Le tableau 18 nous montre que la germination est faible (60 %) au niveau de témoin (V0), diminue à 53,33% pour V1, et en enregistrant des résultats nuls au niveau V3 et V5.

Solon les résultats obtenus, la longueur varie entre 1,10 et 1,07 chez le témoin (V0) et V1 respectivement, et nule au niveau V3 et V5.

Tableau 18 : l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de piment.

Piment	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	60,00	53,33	0,00	0,00	1,10	1,07	0,00	0,00
Ecart type	±10,00	±5,77	±0,00	±0,00	±0,10	±0,11	±0,00	±0,00
G.H	A	A	B	B	A	A	B	B

IV.1.9. Le fenouil

IV.1.9.1. Effet de la poudre

L'analyse de la variance signale que la différence est très hautement significative (0,000) pour le pourcentage de germination (PG) que pour la longueur de radicule (LR) (annexe 9).

D'après les données enregistrées (le tableau 19), la germination était de 86,67% chez le témoin (D0). Tandis qu'elle est basculée entre 53,33 à 36,67 %, pour les traitements D0.5, D1 et D1.5, en classant en même groupe homogène (A). Alors que D2 a enregistré la plus faible valeur avec de 20%.

Pour la longueur de radicule le tableau montre 3,57 cm au niveau de témoin (D0), change entre 3,67 à 1,50 cm pour les traitements D0.5 et D1, et attient la plus court la longueur 0,43 et 0,47 au niveau de D1.5 et D2 respectivement.

Tableau 19 : l'effet de poudre de feuille harmel sur la germination et la longueur de radicule de fenouil.

fenouil	Germination					Longueur cm				
Traitement	D 0	D 0.5	D 01	D 1.5	D 02	D 0	D 0.5	D 1	D 1.5	D 2
Moyen	86,67	53,33	40,00	36,67	20,00	3,67	1,17	1,50	0,43	0,47
Ecart type	±5,7	± 5,77	±10,00	± 11,55	±10,00	0,35	±0,15	±0,20	±0,06	±0,06
G.H	A	A	A	A	B	A	B	B	C	C

IV.1.9.2. Effet de l'extrait sur les graines

L'analyse de la variance indique que le pourcentage de germination (PG) varie très hautement significativement (0,000), tandis que la longueur de radicule (LR) est très hautement significative (0,000) (annexe 09).

Le tableau 20, nous montre que la germination est élevée (93,33%) au niveau de témoin (V0). Alors qu'elle varie entre 66,67 à 30 % pour les volumes V1, V3, Tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau V5, avec un nul 00% germination.

D'après les résultats obtenus, la longueur est égale à 4,40 chez le témoin (V0). Tandis qu'elle fluctue entre 1,20 et 0,50 cm pour les traitements V1 et V3, avec une nulle au niveau V5.

Tableau 20 : l'effet d l'extrait de feuille harmale sur la germination de graine el la longueur de radicule de fenouil.

fenouil	Germination				Longueur cm			
Traitement	V 0	V 1	V 3	V 5	V 0	V 1	V 3	V 5
Moyen	93,333	66,67	30,00	0,00	4,40	1,20	0,50	0.00
Ecart type	±5,77	±5,77	±10,00	±0,00	±0,36	±0,10	±0,20	±0,00
G.H	A	B	C	D	A	B	C	D

IV.1.10. Effet de l'extrait sur les plantules

L'application de l'extrait par pulvérisation sur les plantules montre des influences variables d'une espèce à une autre. Cette influence est traduite par le flétrissement et le jaunissement des plantules touchées.

Selon les résultats obtenus, nous notons que les espèces les plus sensibles sont la laitue et l'épinard, car elles sont déjà présentées des réactions pour le traitement 50%. En deuxième ordre sont le fenouil, le pois chiche et la courgette qui réagissent avec la dose 100%. Alors que les autres espèces ne présentent aucune réaction vis-à-vis de l'extrait des feuilles du Harmel (tableau 21).

Tableau 21 : Résultat d'effet de pulvérisation de l'extrait sur les plantules.

	D 0			D 50 %			D 100 %		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Laitue	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Epinard	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Fenouil	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Pois chiche	-	-	-	-	-	+	-	+	+
Courgette	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Aubergine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piment	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	-	-	-

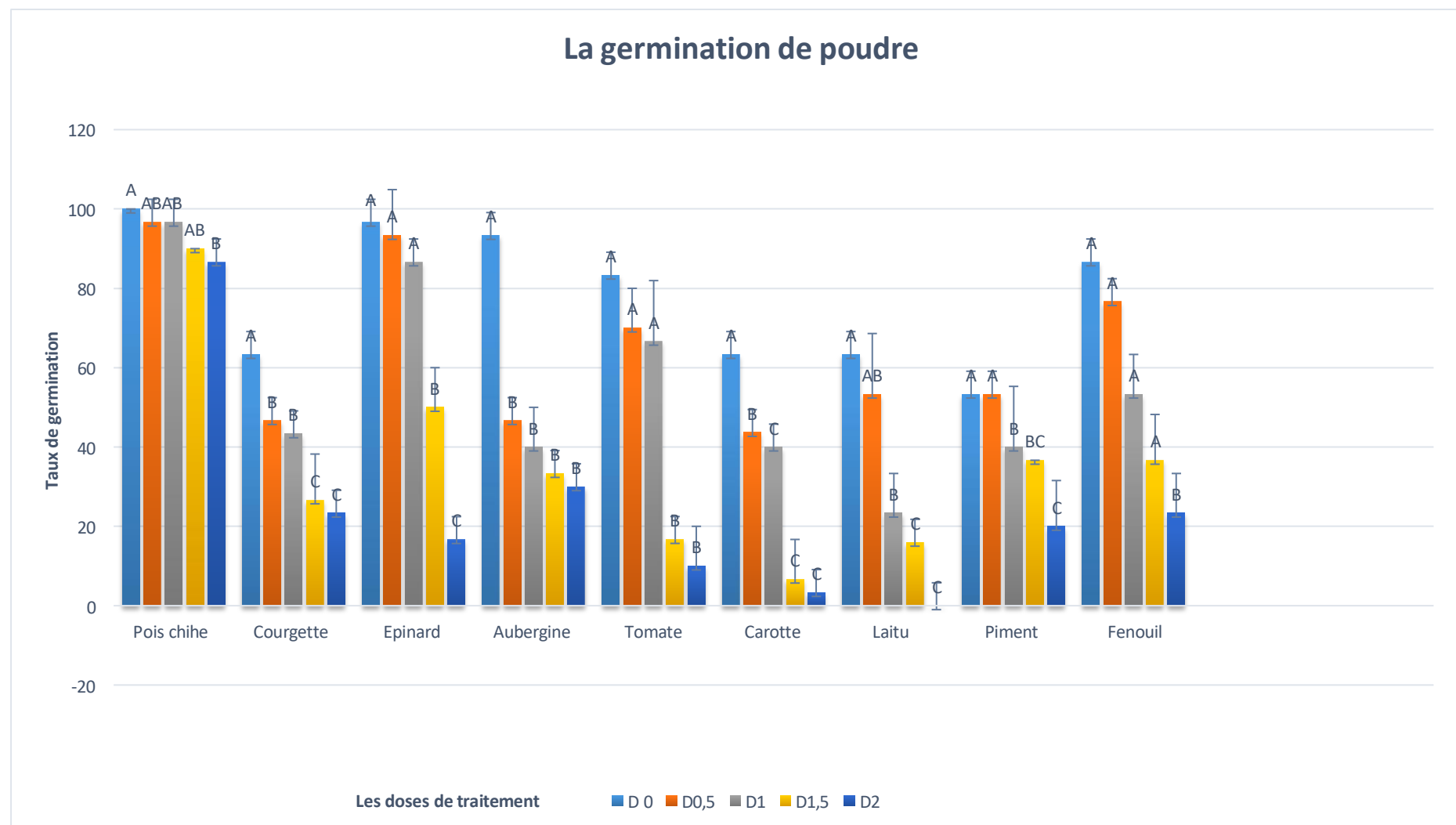


Figure 14 : Effet de la poudre des feuilles du harmel sur la germination des espèces maraichères.

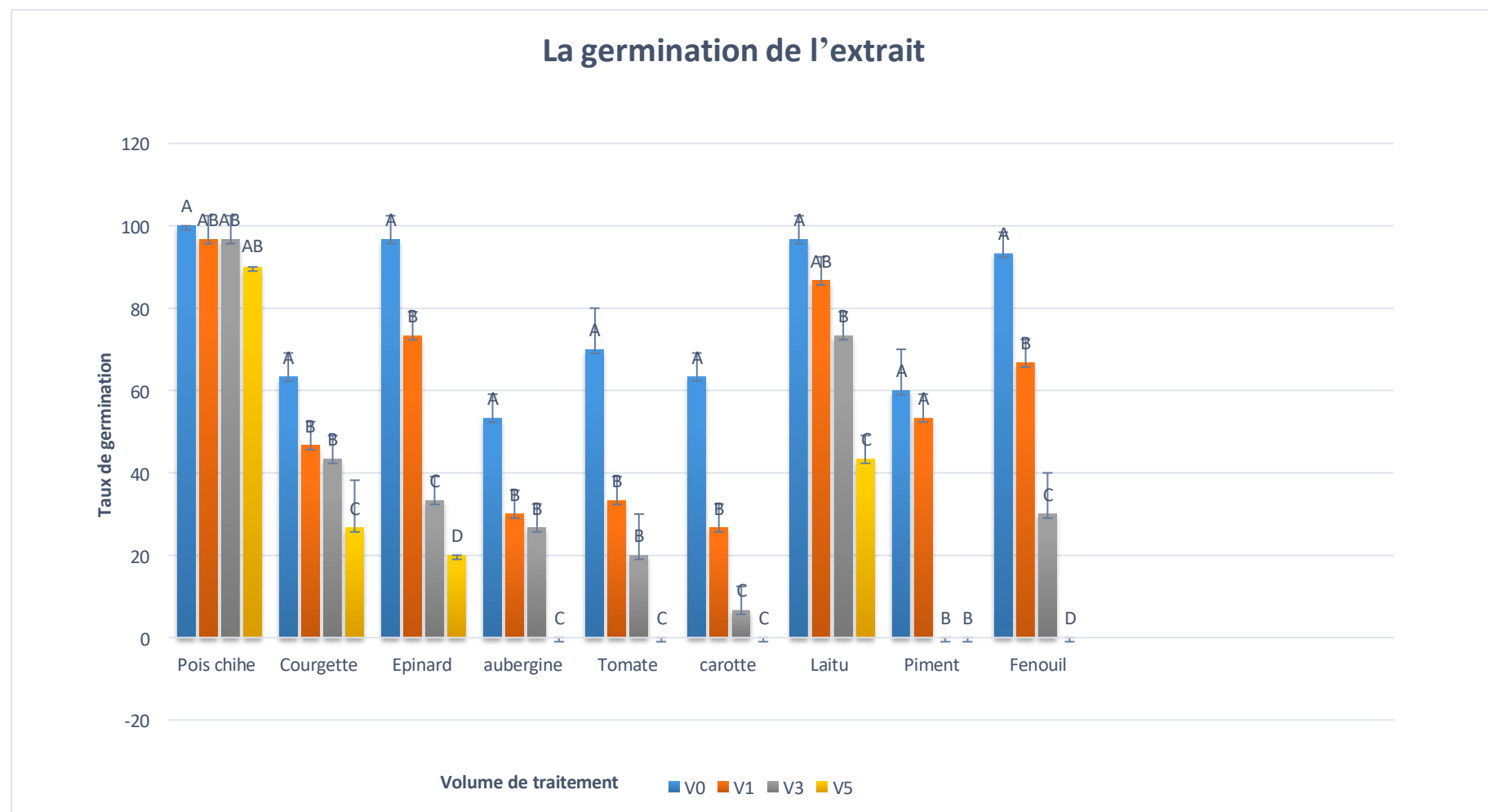


Figure 15 : Effet de l'extrait des feuilles du harmel sur la germination des espèces maraichères.

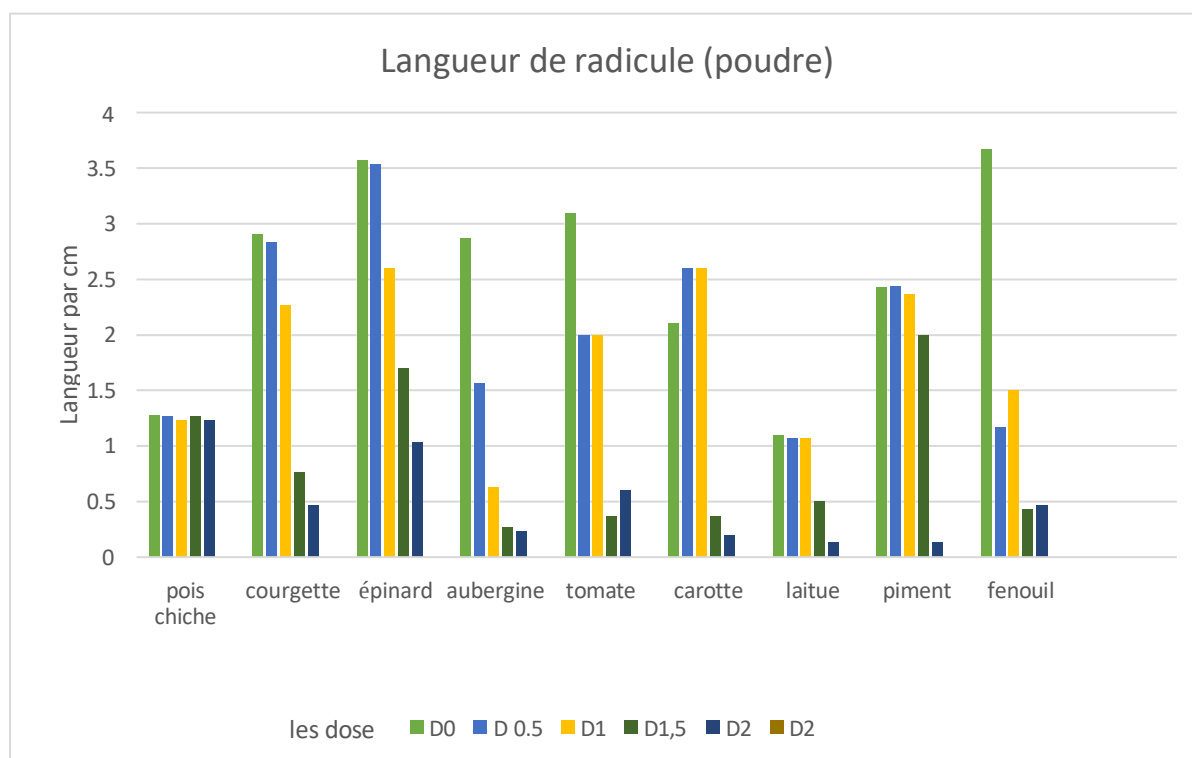


Figure 16 : Effet de la poudre des feuilles du harmel sur la langueur de radicule primaire des espèces maraichères

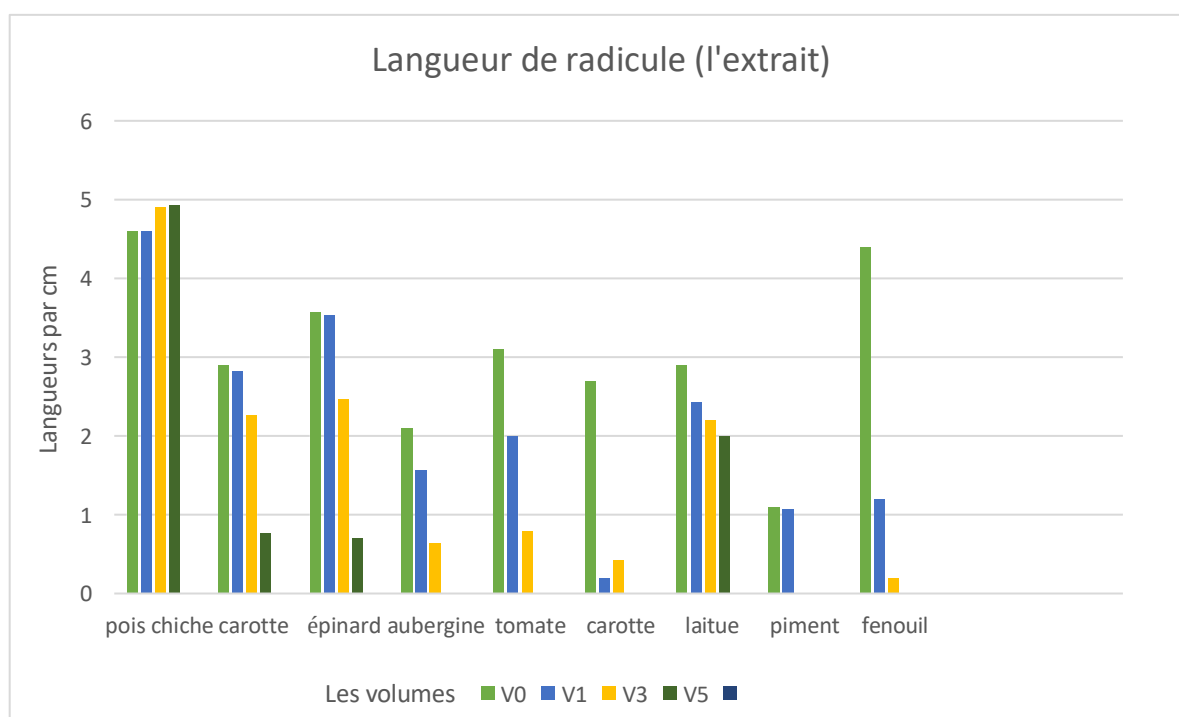


Figure 17 : Effet de l'extract des feuilles du harmel sur la langueur de radicule primaire des espèces maraichères.



Figure 18 : Effet le traitement de la poudre des feuilles du harmel sur la germination (a ; b).



Figure 19 : paramètre de mesure la radicule.

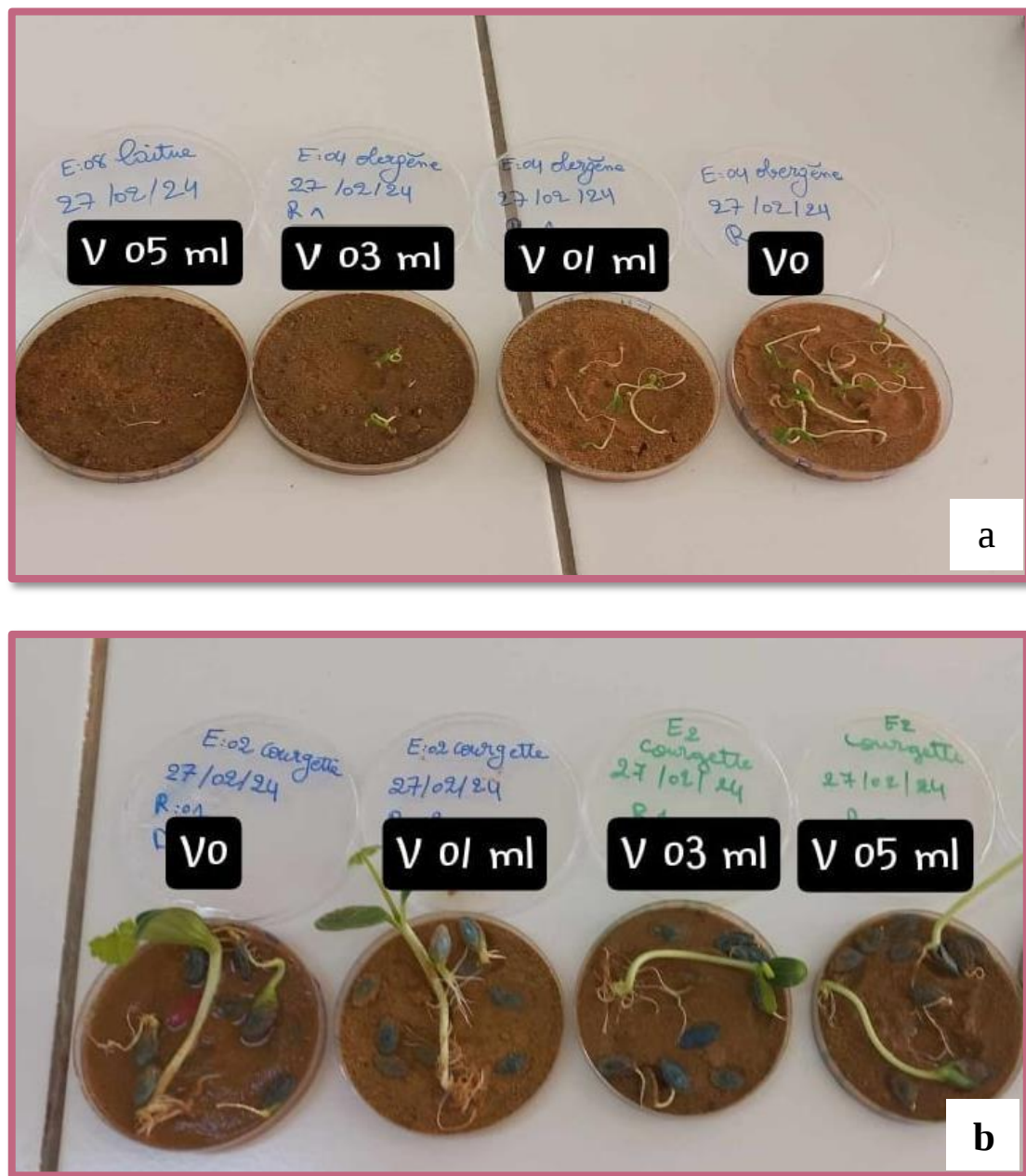


Figure 20 : Effet le traitement de l'extrait des feuilles du harmel sur la germination (a ; b).



Figure 21 : Réaction vis-à-vis de l'extrait positif.



Figure 22 : Réaction vis-à-vis de l'extrait négatif.

IV.2. DESSCITION

À cette étape, nous allons discuter les résultats obtenus pour les effets de la poudre ou l'extrait de *P. harmala*, sur la germination des graines ainsi que sur la croissance des plantules de neuf espèces étudiées, qui sont présentés dans le troisième et le quatrième chapitre.

Quel que soit la forme du harmel utilisé, poudre ou extrait, les résultats que nous avons emportés montrent que *P. harmala* possède un pouvoir allélopathique remarquable sur espèces maraîchères testées. Cet effet allélopathique est très variable, en fonction de la méthode d'utilisation, la concentration, l'espèce ciblée et le stade phéologique.

Nos résultats coïncident étroitement avec la déclaration de **(FRIEDMAN 1995)**, qui indique que dans les essais biologiques, les interactions plantes-plantes, les substances allélochimiques ou chimio- allélopathiques sont généralement inhibiteurs de la croissance des racines, des tiges, des feuilles, et de croissance globale de la plante. Plusieurs composés sont des inhibiteurs de la germination. Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste que lorsque la quantité critique des composés allélochimiques atteint la plante ou la graine cible. Ainsi, l'effet allélopathique des différents organes des plantes agressives peut être différent selon les espèces végétales.

Ces effets allélopathiques du harmel sont confirmé aussi par utilisation de Harmel comme engrais vert par les agriculteurs locaux du nord-ouest de la chine **(ZENG et al, 2008)**, et par les travaux de **(SHARMA et al., 1982)**, qui annoncent que le harmel est responsable de l'inhibition de la croissance de quelques plantes (maïs, soja et betterave à sucre). De plus, une substance allélochimiques active, l'harmaline, était isolée du harmel par **(YANG 1987)**.

Pareillement, **ARSLAN et COLL. (2005)**, **NANDAL et DILLON (2005)**, **OREMIS et al. (2005)**, **TÜRK et TUAHA (2003)** et **PATISH et al. (2002)** ont montré que l'inhibition augmentait avec l'augmentation de la concentration. De plus, **(I. KOCACË ALISKAN & I. TERZI 2001)**, ont indiqué que les extraits éthanoliques (en particulier des feuilles) ont imposé des effets plus forts sur la germination des graines et la croissance des semis, les extraits avec des concentrations plus élevées inhibent définitivement la germination des graines et la croissance des plantules de toutes les plantes cibles. C'est ce qui a été observé aux volumes de 3 ml et 5 ml, bien que des effets allélopathiques aient été observés dans les deux méthodes expérimentales en termes de nombre de germination et de longueur de radicule.

En outre, les effets allélopathique de *P. harmala* peut être expliquer selon **(KRUSE et al., 2000)**, que lorsque des plantes sensibles sont exposées aux allélochimiques, la germination des graines est retardée. En ce qui concerne certaines graines, la germination s'arrête dans le stade

gonflement de la graine. Pour d'autres, la germination s'arrête au début de l'apparition de la radicule.

En plus précise, **(FEENY 1976)** explique que la capacité d'inhiber la germination des graines, est un processus complexe, plusieurs hypothèses peuvent être posées dont la capacité de certaines molécules qui se trouve dans les extraits à inhiber l'action de l'enzyme amylase ou bien d'occuper leurs sites membranaires, ou bien à l'action mimétique ou antagoniste de ces molécules vis-à-vis des hormones de croissances ou à l'inhibition de leurs actions tissulaire.

L'application de l'extrait par pulvérisation sur les plantules montre une influence variable d'une espèce à une autre. Cela correspond au proclamation de **(RICE 1984)**, qui annonce que les effets stimulants sont aussi des effets allélopathiques. Le pourcentage de germination augmente et la longueur de la racine accroît. La germination est accélérée et le développement de la partie aérienne est important. Certains métabolites secondaires végétales influent la germination ou la croissance des plantes par des mécanismes multiples **(EINHELLIG et al, 1985)**.

CONCLUSION

CONCLUSION

Dans le but d'encourager l'évaluation de patrimoine national des espèces végétales. Cette étude conçoit un pas sur le chemin d'exploitation des biopesticides potentiels trouvés sur le territoire national.

L'objectif spécifique de cette étude est de découvrir la possibilité d'utiliser *P.harmala* comme biopesticide naturel sur neuf espèces maraîchère cultivés en Algérie, à savoir : le pois chiche, la courgette, l'épinard, L'aubergine, La tomate, La carotte, La laitue, Le piment, Le fenouil.

En guise de conclusion de notre expérimentation, dont nous sommes intéressés à étude de l'effet *P. harmala* L. sur la germination et la croissance des plantules des maraîchères.

Dans les conditions de notre étude, ce travail nous a permet de conclure que :

- La plante *P.harmala* possède des propriétés allélopathique quel que le mode d'utilisation, soit en poudre ou en extrait.
- Les effets allélopathiques du harmel accroissent progressivement avec les doses appliquées.
- Ces effets sont plus accentués en forme d'extrait qu'en forme de poudre.
- Les maraichères les plus sensibles aux effets allélopathiques de harmel sont : fenouil, le piment, la carotte, la tomate et l'aubergine, sont les plus sensibles, dont leur germination est complètement nulle à 5ml. tandis qu'est égale 43.33% chez la laitue, avec un taux de 26,66% et 20% pour la courgette et l'épinard respectivement.
- Le pois chiche est la seule espèce dont la longueur de radicule n'a pas effectué par le harmel.
- La croissance des plantules de la laitue et de l'épinard sont perturbé sous la pulvérisation d'un extrait diluée (50%), alors que le fenouil, le pois chiche et la courgette obit à l'effet de l'extrait concentré (100%).

Pour cela, nous pouvons dire, que l'utilisation de l'extrait ou la poudre du harmel, sur les cultures maraîchères est possible mais avec prudence, en tenant compte de l'espèce cultivée et la dose appliquée.

Au vu de ces résultats, nous suggérons de rechercher d'avantage, à fin d'envisager la potentialité d'utiliser *P.harmala* comme biopesticide, en le testant sur autres cultures.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

1. ABBASSI K, Mergaoui L, Atay Z, Stambouli A, Ghaout S, 2003. Effets des extraits de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zool. baetica*, 13/14 : 203-217.
2. AKSOY, E.O.2003.Canavaro tu Turlerinine (Orobanchaeespèces) Çukurova Bölgesi'n dekiönemie tmücadele olan aklarıüzerine araştırmalar . ÇukurovunUniversité, FfrBilimleriEnstitüsü, Doktora tezi (en turc avec résumé en anglais), Adana. 158 art
3. AMIARD, J. C. (2011). Les risques chimiques environnementaux : Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes. Lavoisier Tec & Doc. Paris – 201.
4. ARSLAN, M., I. Uremis and A. Uludag. 2005. Determining bio-herbicidal potential of rapeseed, radish and turnip extracts on germination inhibition of cutleaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. *Journal of Agronomy* 4:134-137. Augmentée, Paris : 662.
5. ASAD, S. AND R. BAJWA. 2005. Allelopathic effects of *Senna occidentalis* L. on *Parthenium* weed. Sixth National Weed Science Conference, 28-30 March 2005, NWFP Agricultural Universtiy, Peshawar. p. 16
6. AGRICULTURE biologique | Fertilisant – Scribd en format (docx) sur le site :
<https://fr.scribd.com/document/471257758/agriculture-biologique-docx>

B

7. BABA-AISSA MOUSSAOUI K., MOUSSAOUI K., ZEBIB B., MERAH O. et Cheng Z. & Bradford K.J., 1999. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination response to priming treatments. *J. Exp. Bot.*, 33, 89-99.
8. BAIS, HP, Vepachedu, R. et Gilroy, S. (2003) Allélopathie et invasion étotique des plantes : des molécules et des gènes à l'interaction entre espèces. *Science*, 301, 1377-1380. doi:10.1126/science.1083245
9. BAKIRI N., BEZZI M., KHELIFI L. and KHELIFI-SLAOUI M. (2016). Enquête Enquêteethnobotanique d'une plante médicinale *Peganum harmala* l. dans la région

de M'sila.

10. BALLARE' CL. 1995. On the importance of information- acquiring systems in plant-plant interactions. *Functional Ecology* 9, 5-14.
11. BEN SALAH N., Amamou M., Jerbi Z., Salah FB., Yacoub M., 1986. Un cas de surdosage en *Peganum harmala* L. *J Toxicol Clin Exp* ; 6, pp.319-322.
12. BENBOTT A. (2013). Effet de certains composés du métabolisme secondaire de *Peganum harmala* sur certaines souches bactériennes et certains aspects physiologique, histologiques et comportementaux des souris de laboratoire. Thèse de doctorat en science, université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.
13. BENMEDDOUR, Etude du pouvoir allélopathique de l'harmel (*Peganum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander* L.) et l'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.) sur la germination de quelques mauvaises herbes des céréales - Mémoire de Master. Université Ferhat Abbas-Setif ..., 2010.
14. BATISH D.R., Singh H.P., Setia N., Kaur S., Kohli R.K. (2006) Chemical composition and phytotoxicity of volatile essential oils from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*, *Z. Naturforsch.* c 61, 465-471
15. BOULLARD B, 1997 : Plantes and champignons : dictionnaire De Boeck Secundair, 875p.
16. BOUZIANE N, 2012 : Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) récoltés au Sahara Septentrional Est algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Thèse Magister en Sciences Agronomiques, Ouargla, 72p.
17. BRUNETON J, 2001 : Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. Ed., Technique et documentation et EM1, Paris.
18. BOUNIAS (1999), Traité de toxicologie générale : du niveau moléculaire à l'échelle planétaire M. Bounias ; Editeur Paris : Springer-Verlag , 1999 - 789 p.; ill.; tabl. 978-2-287-59663-6.

C

19. CALLAWAY, RM ET ASCHEHOUG, ET (2000) : Plantes envahissantes versus leurs nouvelles et anciennes voisines : un mécanisme d'invasion exotique. *Science*, 290, 521-523. <http://dx.doi.org/10.1126/science.290.5491.521>.
20. CHRISTENSEN S (1993). Weed suppression in cereal varieties. *Phylosophe Doctor*

Thesis, Statens Planealsforsog, Denmark. PP: 104.

21. CHOPRA IC., Abral BK & Handa KL, 1960 : Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue botanique. UNESCO, 97p.
22. CILAS, C., GOEBEL, F. R., BABIN, R., & AVELINO, J. 2015. Bioagresseurs des cultures tropicales face au changement climatique : quelques exemples. Changement climatique et agricultures du monde. Versailles (France) : Éd. Quae, 75-83.

D

23. DJAZOULI Z., 2012- Toxicité de deux bio-insecticides formulés sur les larves de *Tuta absoluta* comparée à un insecticide de synthèse. Recueil des résumés, 3ème Congrès de Zoologie et d'Ichtyologie Marrakech, 2012 152 p.
24. DSA « Direction des services agricoles ». (2019). Rapport annuel de la direction des services agricoles de la wilaya de Biskra, Algérie.

E

25. EINHELLIG F.A. et SCHON M.K., 1982. Non competitive effects of *kochia scoparia* on grains orghum and soybeans. Can.J. Bot, 60:2923-2930.
26. EINHELLIG, FA (1993) Mécanisme d'action des substances allélochimiques dans l'allélopathie. Dans Inderjit, Dakshini KMM,
27. Einhellig FA (éd.). Allélopathie. Organismes, processus et applications, pp. 97-116.

F

28. FAO, 2023 FAO (food and agriculture organisation), 2023
29. FAOSTAT (2018) : <http://faostat3.fao.org>. Consulté le (06/05/2020).
30. FAOSTAT (2020) : <http://faostat3.fao.org>. Consulté le (12/05/2020).
31. FEENY P (1976) Plant apparency and chemical defense. In : J Wallace, R Mansell (eds.), Biochemical interaction between plants and insects, Springer, pp 1–40.
32. FRIEDMAN, J. 1995. Allelopathy, Autotoxicity, and germination. In Seed development and germination. CRC Press, Florida. pp. 629-643.

G

33. GALLET (C.). — Allelopathic potential in bilberry-spruce forest : influence of phenolic compounds on spruce seedlings. — Journal of Chemical Ecology, vol. 20, pp. 1009-1024.

34. GHELAMALLAH, A. (2016). Etude des pucerons des cultures maraîchères et leurs complexes parasites dans la région de Mostaganem (Nord-Ouest Algérien). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
35. GOMEZ 2012 Allélopathie Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/All%C3%A9lopathie?oldid=112363297> Contributeurs

H

36. HAMMICHE V, MERAD R, 1997. *Peganum harmala* L.. (PIM 402F, French) – ipcs inchem, disponible en format (URL) sur le site :<http://www.inchem.org/documents/pims/plant/pim402fr.htm>.
37. HELLER.R ; ESNAULT.R ET CLAUDE.L. ,2000.-Physiologie végétale.Dunod,Paris.
38. HIERRO, JL, CALLAWAY, RM Allélopathie et invasion de plantes exotiques. *Plant and Soil* 256 , 29–39 (2003). <https://doi.org/10.1023/A:1026208327014>
39. HUSSAIN S., S. U. SIDDIQUI S., KHALID A., JAMAL A., QAYYUM., et Z. AHMAD., 2007. Allelopathic Potential of *Senna* (*Cassia Angustifolia* vahl.) on Germination and Seedling Characters of Some Major Cereal Crops and Their Associated Grassy Weeds. *Pakistan Journal of Botany* 39(4):1145-1153.

I

40. I. KOCACĖ ALISKAN & I. TERZI (2001) Allelopathic effects of walnut leaf extracts and juglone on seed germination and seedling growth, *The Journal of Horticultural Science and biotechnology*, 76:4, 436-440, DOI : [10.1080/14620316.2001.11511390](https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511390) .
41. IDRISSE HASSANI LM., HERMAS J, 2008 : Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L (*Zygophyllaceae*) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk(*Orthoptera*, *Acrididae*). *Zool. Baetica*19, 71-84.
42. IDRISSE LMH & MILOUD EH, 2013 : Analyse de la composition de l'huile de *Peganum harmala* L. (*Zygophyllaceae*). *Acta But. Gallica*, 146 (4). 353-359.

J

43. JAHANDIEZ E., MAIRE R, 1932 : Catalogues des plantes du Maroc : Vol. II Minerva, Alger. 557p.
44. JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H., GOERGEN G., SIKIROU R., & TOKO M.,2010. Gestion intégrée des nuisibles en production

maraîchère : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria. 120 p.

K

45. KARAALTIN, S., L. IDIKUT, O.S. USLU, A. EROL: Zakkum bitkisinin kok, govde, yaprak ve tomurcuk ekstraktların fasulye ve bugday tohumlarının cimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. KSU Fen ve Mühendislik Dergisi 7, 111-115, 2004
46. KHANH, T.D., M.I. Chung, T.D. Xuan, and S. Twata. 2005. The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. Journal of Agronomy and Crop Science 191:172-184.
47. KIMBATSA, F. G., MAHOUNGOU, E., & OFOUEME, Y. B. (2018). L'importance de l'horticulture dans Lutte contre l'insécurité alimentaire, la pauvreté et la protection de l'environnement à Brazzaville (République du Congo). Études caribéennes, (39-40).
48. KRUSE M., STRANDBERG M., STRANDBERG B. (2000) Écologie les effets de allélopathie plants. Sontvue, Departie de TEco extraterrestrela logique,
49. KULIMUSHIB WANAMPONGO E., 2015- Evaluation des effets d'insecticides botaniques sur les pucerons noirs du haricot (Aphis fabae) à Goma en République Démocratique du Congo. Cahiers Africains des droits de l'homme et de la démocratie.

L

50. LAMARA HADJOU, Ouassila LAMANI, Foued CHERIET New Medit, Vol 12, n. 2, (June 2013), pp. 35-46.
51. LAPOINTE, G. (2004). Notions de toxicologie. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec. Deuxième édition, ISBN 2-551-22538-8. Disponible sur : www.reptox.csst.qc.ca.
52. LAVERGNE, 2013. Zygophyllacées. Disponible en format (URL) sur le site : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/zygophyllacees>.
53. LOVETT, J. V. 1991. Changing perceptions of allelopathy and biological-control. Biological Agriculture and Horticulture 8:89-100.

M

54. M.A. TURK and A.M. Tawaha. 2003. Allelopathic effect of black mustard (Brassica nigra L.) on germination and growth of wild oat (Avena fatua L.). Crop Protection. 22 (4), 673- 677.[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00241-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00241-7)Get rights and

content.

55. MACHEIX, A. FLEURIET & C. Jay-Allemand, 2005 - *Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. Presses polytechniques et universitaires romandes, collection biologie, Lausanne. In: *Le Journal de botanique*, n°33, 2006. Le journal de botanique. p. 94.
56. MAHMOUDIAN M., JALILPOUR H & SALEHIAN P, 2002: Toxicity of Peganum harmala: Review and a Case Report. *Iranian Journal Of Pharmacology & Therapeutics*1(1), 1-4.
57. MAIRE R, 1933 : Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central, Vol 1 et 2 Impr. La Typo-litho, 272p.
58. MALLIK, A.U. AND PELLISSIER, F. (2000) Effects of Vaccinium myrtillus on spruce regeneration, testing the notion of coevolutionary significance of allelopathy. *J. Chem. Ecol.* 26, 2197–2209. <https://doi.org/10.1023/A:1005528701927>
59. MAROUF A, Reynaud jLa Botanique de A à Z 1662 Définitions(2007) p9,p 114, p271,p295,
60. MARS BRIGITTE (2009). The Desktop Guide to Herbal Medicine. Publisher Read How You Want. France, 492.
61. MARS BRIGITTE, 2009. The Desktop Guide to Herbal Medicine. Publisher Read HowYouWant, 492 p.
62. MACIAS, F.A. (1995). Allelopathy in the search for natural herbicide models. In *Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications*, eds. Inderjit, K.M.M. Dak-Shin, and F.A. Einhelig. ACS Symposium Series 582. Washington, DC: American Chemical Society, pp. 310–329.
63. MILLER, G. (1990). L'évaluation des compétences/aptitudes/performances cliniques. *Academic Medicine*, 65, S63-S67.

N

64. NANDAL, D. P. S. and A. DHILLON. 2005. Allelopathic effects of poplar (*Populus deltoides* Bartr Ex Marsh): an assessment on the response of wheat varieties under laboratory and field conditions. 4th World Congress on Allelopathy, 21-26 August 2005, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia. Available at http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2449_nandal.htm [10/08/2009].

65. NENAAH G, 2010: Antibacterial and antifungal activities of (beta)-carboline alkaloids of *Peganum harmala* (L) seeds and their combination effects. *Fitoterapia* 81,779–82.
66. NIEMEYER HM (1988). Acides hydroxamiques (4-hydroxy-1,4-benzoxazine-3-ones), substances chimiques de défense chez les graminées. *Phytochemistry* 27 (11), 3349–3358. doi: 10.1016/0031-9422(88)80731-3.

O

67. OZANDA P., 1991 : Flore et végétation du Sahara. In : mémoire de master Université des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers AboubakrBelkaïd-Tlemcen.3ème édition. Ed., CNRS, Paris, pp.662.
68. OZENDA P., 1991.- *Flore et végétation du Sahara*. Ed. CNRS, 3ème édition.

P

69. PARSONS WT., Cuthbertson EG, 1992: Noxious Weeds of Australia. Inkata Press,Melbourne,692p.
70. PREEDY VR., WATSON RR & PATEL VB, 2011: Nuts and Seeds in Health and Disease Editors,Victor R Preedy, Ronald Ross Watson. Publisher, Academic Press, 2011. ISBN, 0123756898, 9780123756893.
71. PELLISSIER (F.). — Allelopathic inhibition of spruce germination. — *Acta Oecologica*, vol. 14, pp. 211-218.

Q

72. QUEZEL P., SANTA S, 1963 : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales du CNRS, 600p.

R

73. RAVEN P. H., Evert R., Eichhorn S., (2003). *Biologie végétale*, De boek.
74. REGNAULT-ROGER, C., Philogene, BJR et Vincent, C. (2008) *Biopesticides d'origine végétale*. 2e édition, Lavoisier, Paris, 550.
75. ROGER DEL MORAL ; Diversity Patterns in Forest Vegetation of the Wenatchee Mountains, Washington, *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, Vol. 99, No. 2 (Mar. - Apr., 1972), pp. 57-64.
76. RICE E. L. 1974. *Allelopathy*. Academic Press, Inc., New York.
77. RICE E. L., 1984. *Allelopathy*. Academic press. Orlando.

78. RICE E.L., 1992. Allelopathy: Basic and applied aspects. Chapman & Hall, London, pp.31-58.
79. RICE, ELROY LEON, DATE ALLELOPATHY. (Physiological ecology) Bibliography: p. 1. Allelopathy. I. Title. [DNLM : 1. PlantsPhysiology. QK91 1 R495a 1974] QK911.R5 581.5'2 4 73-1899 1 ISBN 0-12-587050- 7.
80. ROCHE C, 1991 : African rue (*Peganum harmala* L.). In : Weeds, A Pacific Northwest Extension Publication, Washington State University Cooperative Extension, Oregon State University Extension Service, University of Idaho Cooperative Extension System, USDA,PNW369.

S

81. SOUDANI Nafissa thèse de Doctorat Etude de l'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement par l'utilisation de modèles d'évaluation de risques dans la région de Biskra. Université Mohamed Khider-Biskra 2022.
82. SOUDANI N. and TOUMI K. Pesticide use in vegetable production and risk for human health and the environment. 72nd International Symposium on Crop Protection (ISCP), Ghent University, Ghent, Belgium the online edition on Tuesday 18 May 2021.
83. SOUDANI N. and TOUMI K. Risque d'exposition des maraichers algériens aux produits phytopharmaceutiques. Congrès du Groupe Français de recherches sur les Pesticides (GFP 2021). En ligne les 20 et 27 mai 2021.
84. STATISTICA (2020) :<https://www.statista.com/statistics/264662/top-producers-of-fresh-vegetables-worldwide/>. Consulter le 01/05/2020.

T

85. TAHRI N, RHALEM N, SOULAYMANI R, 2004. L'intoxication au Harmel, *Peganum harmala*. *Esperance Med*, 10(5) :1-6.
86. Thompson, BE (1985). Évaluation morphologique des semis : ce que l'on peut dire en les observant. Dans : ML Durvea (éd.), Actes de l'atelier sur l'évaluation de la qualité des semis : principes, procédures et capacités prédictives des principaux tests (pp. 59-71). Corvallis, OR : Université d'État de l'Oregon, Laboratoire de recherche forestière.
87. TIMBAL J, Le chêne rouge d'Amérique , Editions Quae, 1994 , ISBN2738004792, 9782738004796 ; 564 pages.

V

88. VIVANCO, JM (2004) Mécanismes biochimiques et physiologiques médiés par des composés allélochimiques. *Current Opinion in Plant Biology*, 7, 472-479.
89. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.05.007>
90. VONDOHE et al., 2007, Pratique culturelle et teneur en éléments anti-nutritionnels (nitral et pesticide) du *Solanum macrocarpon* au sud du Bénin, INÉRA B.
91. Vu T D. 2008. Effets de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez *Datura innoxia* Mill. Cultivé en conditions hors sol ; impact des facteurs biotique et abiotiques. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires, 237p.

Y

92. YANG, S. X., R. Y. Chen, Z. L. Wu, Q. L. Zheng, Y. N. Shi, Z. Liu and C. X. Zhang. 1987. Study on active substance in common *Peganum*. *Plant Physiology Communications* 37(1):18-21.
93. YOLOU I., Yabi I., Kombieni F., Tovihoudji P.G., Yabi J.A., Paraïso A.A. & Afouda F., 2015. Maraîchage en milieu urbain à Parakou au Nord-Bénin et sa rentabilité économique. *Int. J. Innov. Sci. Res.* 19(2), 290-302.

Z

94. ZEGHADA Fatima Zohra Activité allélopathique et analyse phytochimique 2009 Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella .
95. ZENG, J., Yan, J., Wang, T., Mosbrook-Davis, D., Dolan, KT, Christensen, R., Stormo, GD, Haussler, D., Lathrop, RH, Brachmann, RK et Burgess , SM (2008) Criblages pangénomiques chez la levure pour identifier les sites de liaison potentiels et les gènes cibles des protéines de liaison à l'ADN. Recherche sur les acides nucléiques.
96. ZENKHRI, S. (2017). L'agriculture saharienne : Du système oasien traditionnel à l'établissement d'une conception d'économie de marché et de développement durable. Thèse de doctorat en Sciences agronomiques. Université Abdelhamid Ibenbadis – Mostaganem. p244.298p.
97. ZUCKER, M., 1965. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. *Plant Physiol.* 40, 779–784.

98. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-s-statistical-yearbook-2023-goes-live--highlights-the-impact-of-disasters-on-agriculture-and-cost-of-healthy-diets/fr>.
99. <https://www.energyserviceexperts.com/fr/2019/02/22/algerie-la-valeur-de-la-production-agricole-a-atteint-3-000-milliards-da-en-2018/>. Consulté le : 16/04/2020

ANNEXES

Annexe 01

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de pois chiche (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	8773,333	14	626,667		
Var.FACTEUR 1	8440,000	4	2110,000	63,300	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	333,333	10	33,333		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de pois chiche (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	0,277	14	0,020		
Var.FACTEUR 1	0,004	4	0,001	0,037	0,990
VAR.RESIDUELLE 1	0,273	10	0,027		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de pois chiche (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	291,667	11	26,515		
Var.FACTEUR 1	158,333	3	52,778	3,167	0,085
VAR.RESIDUELLE 1	133,333	8	16,667		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de pois chiche (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	2,769	11	0,252		
Var.FACTEUR 1	0,302	3	0,101	0,327	0,807
VAR.RESIDUELLE 1	2,467	8	0,308		

Annexe 02

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de courgette (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	3693,333	14	263,810		
Var.FACTEUR 1	3160,000	4	790,000	14,813	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	533,333	10	53,333		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de courgette (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	16,497	14	1,178		
Var.FACTEUR 1	15,991	4	3,998	78,901	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,507	10	0,051		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de courgette (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	2500,000	11	227,273		
Var.FACTEUR 1	2033,333	3	677,778	11,619	0,003
VAR.RESIDUELLE 1	466,667	8	58,333		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de courgette (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	9,269	11	0,843		
Var.FACTEUR 1	8,849	3	2,950	56,185	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,420	8	0,053		

Annexe 03

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines d'épinard (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	14973,333	14	1069,524		
Var.FACTEUR 1	14306,667	4	3576,667	53,650	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	666,667	10	66,667		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule d'épinard (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	15,597	14	1,114		
Var.FACTEUR 1	15,017	4	3,754	64,730	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,580	10	0,058		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines d'épinard (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	11491,667	11	1044,697		
Var.FACTEUR 1	11291,667	3	3763,889	150,556	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	200,000	8	25,000		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule d'épinard (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	16,687	11	1,517		
Var.FACTEUR 1	16,287	3	5,429	108,578	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,400	8	0,050		

Annexe 04

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines d'aubergine (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	8573,333	14	612,381		
Var.FACTEUR 1	7973,333	4	1993,333	33,222	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	600,000	10	60,000		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule d'aubergine (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	15,157	14	1,083		
Var.FACTEUR 1	15,004	4	3,751	244,630	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,153	10	0,015		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines d'aubergine (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	4625,000	11	420,455		
Var.FACTEUR 1	4291,667	3	1430,556	34,333	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	333,333	8	41,667		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule d'aubergine (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	8,043	11	0,731		
Var.FACTEUR 1	7,929	3	2,643	186,569	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,113	8	0,014		

Annexe 05

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de tomate (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	14493,333	14	1035,238		
Var.FACTEUR 1	13493,333	4	3373,333	33,733	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	1000,000	10	100,000		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule d'aubergine (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	16,049	14	1,146		
Var.FACTEUR 1	15,943	4	3,986	373,656	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,107	10	0,011		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de tomate (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	8291,667	11	753,788		
Var.FACTEUR 1	7825,000	3	2608,333	44,714	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	466,667	8	58,333		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule d'aubergine (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	16,703	11	1,518		
Var.FACTEUR 1	16,643	3	5,548	739,667	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,060	8	0,007		

Annexe 06

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de carotte (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	9040,000	14	645,714		
Var.FACTEUR 1	8173,333	4	2043,333	23,577	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	866,667	10	86,667		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de carotte (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	15,077	14	1,077		
Var.FACTEUR 1	14,191	4	3,548	40,011	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,887	10	0,089		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de carotte (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	7491,667	11	681,061		
Var.FACTEUR 1	7291,667	3	2430,556	97,222	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	200,000	8	25,000		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de carotte (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	7,609	11	0,692		
Var.FACTEUR 1	7,096	3	2,365	36,861	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,513	8	0,064		

Annexe 07

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de piment (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	3373,333	14	240,952		
Var.FACTEUR 1	2573,333	4	643,333	8,042	0,004
VAR.RESIDUELLE 1	800,000	10	80,000		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de piment (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	4,509	14	0,322		
Var.FACTEUR 1	3,703	4	0,926	11,475	0,001
VAR.RESIDUELLE 1	0,807	10	0,081		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de piment (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	9966,667	11	906,061		
Var.FACTEUR 1	9700,000	3	3233,333	97,000	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	266,667	8	33,333		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de piment (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	16,703	11	1,518		
Var.FACTEUR 1	16,643	3	5,548	739,667	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,060	8	0,007		

Annexe 08

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de piment (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	9173,333	14	655,238		
Var.FACTEUR 1	8306,667	4	2076,667	23,962	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	866,667	10	86,667		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de piment (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	2,156	14	0,154		
Var.FACTEUR 1	2,063	4	0,516	55,250	0,000
VAR.RESIDUELLE1	0,093	10	0,009		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de piment (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	5300,000	11	481,818		
Var.FACTEUR 1	4833,333	3	1611,111	27,619	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	466,667	8	58,333		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de piment (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	2,437	11	0,222		
Var.FACTEUR 1	1,350	3	0,450	3,313	0,078
VAR.RESIDUELLE 1	1,087	8	0,136		

Annexe 09

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de fenouil (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	8773,333	14	626,667		
Var.FACTEUR 1	8440,000	4	2110,000	63,300	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	333,333	10	33,333		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de fenouil (poudre).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	21,377	14	1,527		
Var.FACTEUR 1	20,991	4	5,248	135,716	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,387	10	0,039		

Tableau d'Analyse de variance de la germination des graines de fenouil (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	15425,000	11	1402,273		
Var.FACTEUR 1	15091,667	3	5030,556	120,733	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	333,333	8	41,667		

Tableau d'Analyse de variance de la longueur de radicule de fenouil (l'extrait).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	35,603	11	3,237		
Var.FACTEUR 1	35,243	3	11,748	261,056	0,000
VAR.RESIDUELLE 1	0,360	8	0,045		