



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 : Guefifa Adlane

DOMAINE : SCIENCE DE NATURE ET DE VIEE (SNV)

FILIERE : SCIENCE AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES ET BIOTECHNOLOGIE

Thème

**Etude de l'effet de la salinité sur la germination de
*Péganum harmala L.***

Jury de soutenance :

Nom et Prénom

OMRANI WARDA

HOUYOU ZOHRA

SARIDI ABDLKADER

qualité

Président

Examineur

Promoteur

Promotion : octobre - 2016



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثليجي - الأغواط

كلية/معهد:

قسم:

مذكرة ماستر

تقديم الطالب (ة): اسم و لقب المرشح

ميدان:

شعبة:

تخصص:

موضوع البحث

عنوان المذكرة

أعضاء لجنة المناقشة:

الاسم و اللقب	الدرجة العلمية	الصفة
عضو 1		رئيسا
عضو 2		ممتحن أول
عضو 3		ممتحن ثان (إن وجد)
عضو 4		مقررا
عضو 5		مقررا مساعدا

الدفعة: الشهر - السنة

Remerciements

J'exprime mes profonds remerciements à mon promoteur de mémoire, *M^r Saridi Abdelkader* pour l'aide compétente qu'il m'a apportée, pour sa patience et son encouragement.

J'exprime ma gratitude remerciements aux membres du jury de soutenance : M^{me} Omrani et M^{me} Houaou ,.

D'autres personnes m'ont encouragé à finir ce travail par des gestes d'amitié dont je suis reconnaissant.

L'aboutissement de ce travail a aussi été encouragé par de nombreuses discussions avec des collègues de disciplines variées. Je ne citerai pas de noms ici, pour ne pas en oublier certains.

Enfin merci à ma famille et plus particulièrement à ma mère Hadja houria pour m'avoir toujours soutenus.

A ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce document, trouvent ici mes profondes reconnaissances et remerciements.

A tous ceux que j'ai cité ou je n'ai pas pu citer, toutes mes excuses, que Dieu vous bénisses et vous récompense, Amen !

Dédicace

Je dédie mon travail à ma mère et mon père.

Mes frères et mes sœurs.

A toute ma famille, mes profs.

A toute ma promotion surtout .

Liste de tableau

N^o	Titre	Page
02	Activités pharmacologiques des graines de <i>Peganumharmala</i> L.	05
03	Caractéristiques des sols salin et alcalin	12
04	Classe de la salinité des sols	13
05	Classification des eaux salines	13
06	Superficie affectée par la salinité dans le monde	14
07	Le classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction du pourcentage de la S.A.U	16
08	Composition en éléments minéraux de l'eau de l'irrigation	24
09	Les paramètres physiques et chimiques de différentes solutions	25
10	Les délais et le taux journalier de germination.	28
11	Taux de germination en fonction de temps.	34
12	Le taux final de germination.	36
13	Analyse de variance de l'interaction (temps/NaCl)	49
14	Analyse de variance pour le taux final de germination	49
15	Indicateurs de la variation taux final de germination	49

Sommaire

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

Chapitre I :synthèse bibliographie

*I- Préambule de la plante *Peganum harmala* L.*

I.1-présentation de la plante.....	03
I.2-Classification botanique.....	04
I.3-Description botanique ...	04
I.4.Répartition géographique.....	04
I-5. Intérêt de la plante	05
I-5-1.Intérêt socioéconomique	05
I5-2.Intérêt pharmacologiques	05
I-5-3.Intérêt agronomique.....	05
I-5-4.Intérêt écologique	06
I-6.Donnés toxicologiques.....	06

II :La salinité

II-1.Définition de La salinité	08
II-2.L'origine de la salinité	08
II-2-1.Origine marine.....	08.
II-2-2.Origine anthropique.....	08
II-3.Facteurs intervenant dans le processus de la salinisation.....	09
II-4.Les types de la salinité.....	09
II-4-1.La salinité primaire	09

II-4-2.La salinité secondaire	09
II-5.Causes et effets de la salinisation	10
II-6.Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation.....	10
II-7.Classification des sols.....	10
II-8.Répartition de la salinité du sol	14
II-8-1.Les sols salés dans le monde.....	14
II-8-2.Les sols salés en Algérie.....	14
II-9.Mise en valeur des sols salés.....	17
II-10.Salinité et la plante.....	17
II-10-1.L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante.....	17
II-10-2.L'effet de la salinité Sur la germination.....	17
II-10-2.L'effet de la salinité Sur la germination	18
II-10-4.L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille.....	18
II-10-5.L'effet de la salinité sur l'ultra structure du chloroplaste.....	18
II-10-6.L'effet de la salinité sur la photosynthèse.....	18
II-10-7.L'effet de la salinité sur la nutrition minérale des végétaux.....	19
II-11.Comportement de la plante en milieu salin.....	19
II-12.Mécanisme d'adaptation à la salinité.....	20
II-12-1.Caractéristiques morphologiques et anatomiques.....	20
II-12-2.Caractéristiques physiologiques.....	20
II-12-3.Répartition et accumulation des ions dans la plante.....	20
II-12-4.Compartimentation vacuolaire.....	20
II-13.La tolérance des plantes à la salinité.....	20

II-14.Lutte contre la salinisation des sols.....	21
II-14-1.Lutte contre la salinisation des sols liée à l’irrigation.....	21
II-14-2.Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique.....	21
II-14-3.La phytoremédiation.....	21

Chapitre II :Matériel et méthodes

II .Matériels et Méthodes.....	22
II-1.Objectif de l’expérimentation.....	22
II-2.Matériel végétal.....	22
II-3.Condition expérimental.....	22
II-3-1. Lieu d’expérimentation.....	22
II-3-2.Substrat de culture.....	22
II-3-3-Dispositif expérimental.....	23
II-4.Description des différents traitements.....	24
II-4-1.Caractéristiques de l’eau utilisée pour la préparation des différents traitements....	24
II-4-2.Préparation des eaux d’irrigation.....	25
II-5.Le semis et la conduite d’expérimentation.....	26
II-6.Les paramètres mesurés.....	26
II-6-1.Moyenne journalière de germination.....	26
II-6-2.Cinétique de germination.....	26
II-6-3.Taux final de germination.....	27
II-7.Les analyse statistiques	27
ChapitrIII:-Résultats et discussions.....	29

III-1-résultat et discussion.....	28
III-1-1 L'effet de salinité sur le délai et le taux de germination.....	28
III-1-2 L'effet de salinité sur le taux cumulatif de germination.....	34
III-1-3 le taux final de germination.....	35
Conclusion	41
Référence bibliographie.....	43
Annexe	

Liste de figure

N°	Figure	Page
01	la plante de <i>Peganumharmala</i> L	03
02	Différentsparties de la plante de + <i>Peganumharmala</i> L	03
03	systematique des <i>Peganumharmala</i> L	04
04	représente le matériel végétal	22
05	schéma de dispositif expérimental	23
06	photo de dispositif expérimental	23
07	la cinétique germinative au 15 ^{eme} jour	29
08	la cinétique germinative au 20 ^{eme} jour	30
09	la cinétique germinative au 22 ^{eme} jour	30
10	la cinétique germinative au 24 ^{eme} jour	31
11	la cinétique germinative en 26 ^{eme} jour	31
12	la cinétique germinative au 35 ^{eme} jour	32
13	la cinétique germinative au 37 ^{eme} jour	32
14	la cinétique germinative au 39 ^{eme} jour	33
15	le taux cumulatif de germination	35
16	taux de germination en fonction de défirent dose de NaCl	37
17	représente la morphologie de germination sous l'effet de différents traitements de NaCl	38
18	l'effet des doses croissantes de NaCl sur la capacité de germination des semences de <i>Pganum harmala</i> L.	49

Liste des abréviations

CE : Conductivité Electrique

°C : Degré Celcius

NaCl: Chlorure de sodium

ds/ m : disi siemens par mètre

T : traitement

ET : écart type

SCE : somme carres et d'écarts

g/l : Gramme par litre

Meq : Milliéquivalent

meq/l : milli équivalent par litre

mg/l : milli Gramme par litre

SAR : rapport d'adsorption de sodium

W os: pression osmotique

(atm) : atmosphère

FG ; faculté germinative

CM : carres moyen

Liste des figures

Etude de l'effet de la salinité sur la germination de *Peganum harmala* L.

Résumé

Notre travail s'inscrit dans le cadre d'une étude des conditions de germination de *Peganum harmala* L. dans un milieu salin, dont ce grave problème est plus répandue dans les régions arides et semi-arides où l'augmentation de la concentration du sel conduit à la réduction continue des produits agricoles, ainsi que et la disparition de certaines plantes naturelles à intérêts écologiques et médicinales.

Le présent travail étudie le comportement de germination des graines de *Peganum harmala* L. vis à vis de stress salin « NaCl » (de 1 à 10 g/l).

Les résultats obtenus montrent que le délai et le taux de germination sont clairement influés par la salinité, en enregistrant un meilleur taux de germination (56,25%) au niveau du milieu non chargé en sel, tandis que ce taux est supérieur ou égale à 10% au niveau des concentrations à faible salinité (de 1 à 4 g/l) ; par contre, il ne dépasse pas 5% au maximum si la concentration est au delà de 5g/l, et devenue complètement nulle à partir de 9 g/l ; cependant, le délai de début de germination est de 20 jours pour un milieu non chargé en sel ou à faibles concentrations (de 0 à 4 g/l), et plus de 22 jours pour les autres concentrations.

Mots clés: salinité, NaCl, germination, *Peganum harmala* L.

دراسة تأثير الملوحة على إنبات الحرمل (*Peganum harmala* L.)

ملخص

يُدرج عملنا هذا في إطار دراسة شروط إنبات *Peganum harmala* L. في وسط محلي، حيث ينتشر هذا المشكل خطير في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث يؤدي ارتفاع تركيز الملح إلى التقليل المستمر للإنتاج الزراعي، بالإضافة لانقراض بعض النباتات الطبيعية ذات الفوائد البيئية والطبية.

يمثل هذا العمل دراسة ردة فعل إنبات بذرة *Peganum harmala* L. بالنسبة لاضطراب محلي « NaCl » (من 1 إلى 10 غ/ل).

تظهر النتائج المحصل عليها التأثير الواضح لمدة ونسبة الإنبات بالملوحة، حيث سجلت احسن نسبة إنبات (56,25%) على مستوى الوسط الخالي من الملوحة، بينما تكون هذه النسبة اكبر او تساوي 10 % على مستوى التراكيز ضعيفة الملوحة (من 1 إلى 4 غ/ل)، في المقابل لا تتجاوز 5 % كحد اقصى اذا كان التركيز فوق 5 غ/ل، و يصبح منعدم كليا بداية من 9 غ/ل، بينما تستلزم بداية الإنبات هو مدة 20 يوم لأوساط الخالية او ضعيفة الملوحة (من 0 إلى 4 غ/ل)، و اكثر من 22 يوم لباقي التراكيز.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، NaCl، إنبات، *Peganum harmala* L.

Study of the effect of salinity on the germination of *Peganum harmala* L .

ABSTRACT

Our work is rezzed a study of the conditions of germination of *Peganum harmala* L. in a salt-water environment, including serious problem is more common in arid and semi-arid regions where the increase in the concentration of salt leads to continued agricultural product, as well as reduction and the disappearance of certain plants to medicinal and ecological interzsts.

The present work studies the behavior of germination of the seeds of *Peganum harmala* L. towards salt stress "NaCl " (from 1 to 10g/l) .

The results obtained show that the delay and the germination rate are clearly affected by the salinity, by recording a better germination rate (56.25%) at the level of the middle not loaded in salt, while this rate is greater than or equal to 10 to the level of concentration at low salinity (from 1 to 4g/l) ; on the other hand, it does not exceed 5% maximum if the concentration is beyond 5 g/l, and become completely anywhere from 9g/l ; However, the beginning of germination takes 20 days for environment not loaded in salt or low concentrations (from 0 to 4g/l), and more than 22 days for other concentrations.

Key words : salinity, germination, *Peganum harmala* L, NaCl

INTRODUCTION

Selon Abdelguerfi et Ramdane (2003), Algérie possède une diversité spécifique de la flore sauvage et non cultivée estimée à environ 3139 espèces de plantes sauvages. Parmi lesquelles la plante connue localement sous le nom de « harmel » *Peganum harmala* L. qui est une plante herbacée, vivace, d'une hauteur de 30 à 90 cm, à rhizome épais, son odeur forte, désagréable rappelant celle de la Rue. La plante et ses extraits ont été employés depuis l'aube de la civilisation (Stafford, 1992)

Peganum harmala L. est l'une des plantes très répandues dans les régions arides et semi-aride d'Algérie. Elle se considère comme une plante halophyte, très riche en alcaloïdes ; ce qui lui donne un large spectre d'utilisation dans le domaine de la santé humaine, raditionnelle et moderne (Razzagui ,2012).

Cette plante est, aussi, utilisée, dans l'agriculture, comme pesticide, contre des agents déprédateurs de cultures (Idrissi *et al.* ,1998 et Idrissi ,2000); ce qui lui confère une valeur économique potentielle.

Par ailleurs, la menace pesante de la salinisation sur les sols des régions arides et semi-arides de notre pays, d'une façon générale, et, en particulier, sur les périmètres agricoles irriguées peut limiter l'exploitation efficace de cette espèce végétale.

Selon Dutuit (1999, la salinité reste la plus grande contrainte, qui a franchit les sols agricoles et les parcours parce qu'elle diminue gravement le taux de la fertilité de ses sols, même arrivant à être stérile non adaptés à la culture ou pour le développement d'une végétation multi- espèces sauf les halophytes. Elle entraîne une réduction des surfaces cultivables et combinée à d'autres facteurs, elle représente une menace pour l'équilibre alimentaire des régions arides et semi-arides).

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres, en moyenne 10 à 15% des surfaces irriguées soit (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (Mermoud, 2006).

En Afrique, près de 40 Million hectares sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale (Iptrid, 2006). Les sols salins sont très répandus à la surface du globe, leur

salinité constitue l'un des principaux problèmes du développement agricole (Beldjoudi et *al.*, 2002).

Pour cela, la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole. La sélection variétale, nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité. (Arbaoui et *al.*, 2000)

Dans le même sens UNESCO (1960) a déclaré que les plantes spontanées des zones arides sont considérées comme l'une des ressources phylogénétiques qui présentent un intérêt agronomique, économique, écologique mais aussi stratégique.

Dans ce contexte, ce travail fixe comme objectif, l'étude du comportement de cette plante en conditions salines afin de déterminer son niveau de tolérance à la salinité au stade de germination, en suivant le cinétique de germination, afin d'utiliser cette plante dans les programmes de réhabilitation et de valorisation des zones touchées par la salinisation, pour cela nous proposons les hypothèses suivantes :

H₀ :peut-être que la variation de concentration de la salinité, n'a aucune influence sur la germination de l'espèce étudiée,

H₁ : les concentrations élevées de la salinité peuvent inhiber la germination de l'espèce étudiée.

Pour la réalisation de cette étude, nous savons mis en culture les graines de *Peganum harmala* L. dans un milieu stressé avec NaCl à concentration variable (de 0 à 10 g.l).

La présente étude comporte deux parties, La première partie est consacré à l'étude bibliographie, qui est composé de deux chapitres : l'une est un préambule sur la plante et l'autre sur la salinité, tandis que la deuxième partie est destiné à la présentation de la méthodologie adoptée pour cette étude, ainsi que l'exploitation des résultats qui seront suivis d'une discussion et interprétation. Et en fin une conclusion générale qui est un ensemble de réflexions achève ce travail.

Chapitre I : synthèse bibliographique**I Préambule de la plante *Peganum harmala* L.****I-1.Présentation de la plante :**

*Peganumharmala*L. est une plante pluriannuelle, herbacée glabre, peut atteindre 70cm d'hauteur. Elle est caractérisée par des tiges très rameuses et des feuilles divisées en étroites lanières (**Figure 1 et 2**). Cette espèce a plusieurs noms vernaculaires comme 'Harmel ou Harmal El sahari' en Algérie et en Afrique du Nord, 'Rue sauvage' en France, 'African rue ou Syrian rue' en Etats Unis et 'Espand' en Iran. Il s'agit d'une espèce qui pousse spontanément dans les régions steppiques et semi-arides. Elle est native à l'Afrique du Nord, la région méditerranéenne, le Moyen Orient, l'Inde et Pakistan (Yousefiet al.2009).



Figure 01 : la plante de *Peganumharmala*L.

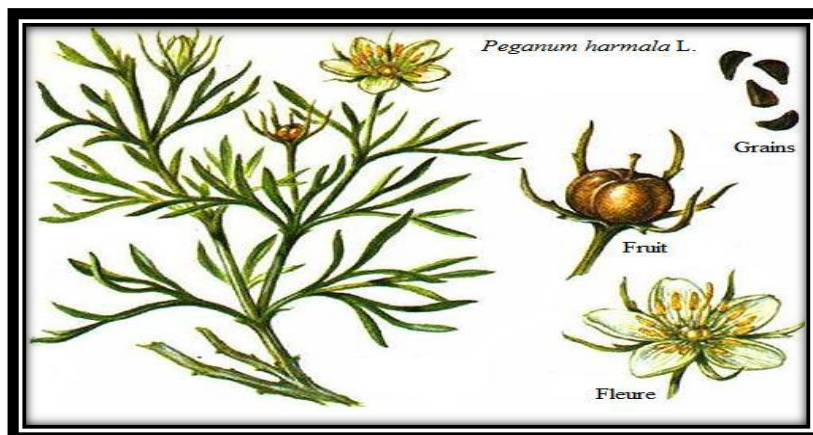


Figure02.Différentsparties de la plante de*Peganumharmala*L.

(Healthyhomegardening.com, 2012).

I-2. Classification botanique :

Figure 03: systématique des *Peganumharmala* L.

Règne	Plantes
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Malvides
Ordre	Sapindales
Famille	Nitrariacées
Genre	<i>Peganum</i>
Espèce	<i>Peganumharmala</i> L.

(The Angiosperm Phylogeny Group, 2009 ;Moghadamet al., 2010).

I-3. Description botanique :

Plante herbacée vivace, à tiges ordinairement peu rameuses, de 30 à 90 cm de haut, à entrenœuds assez courts. Les feuilles sont allongées et irrégulièrement divisées en multiples lanières très fines pouvant atteindre 5x5 cm. La plante présente des fleurs blanches, grandes avec des sépales inégaux, persistants qui dépassent la corolle, et des pétales crème lavés de rose-orangé à nervures jaunes, oblongs et subsymétriques. Les fleurs sont monoïques dotées de dix à quinze étamines, à anthères longues de 8 mm à filets très élargis et plat dans leur partie inférieure, et à gynécée de 8-9 mm de longueur; des ovaires globuleux de trois à quatre loges et des stigmates à 3 carènes insensiblement atténués en style. Les fruits sont des petites capsules sphériques déprimées au sommet renfermant des graines noires (photo 2) (Maire, 1933; Chopra et al. 1960; Ozanda, 1991).

I-4. Répartition géographique :

Espèce cosmopolite très commune sur les sols sableux et un peu nitrés, Elle pousse en Europe australe et austro-orientale, Asie mineure, Syrie, Tibet, Iran, Turkestan, Syrie, Egypte et en Afrique du Nord. En Algérie, *P. harmala* L. est commune aux hauts plateaux, au

Saharaseptentrional et méridional, et aux montagnes du Sahara central. Il est réputé pour les terrainssableux, dans les lits d'oued et à l'intérieur des agglomérations (Maire, 1933; Chopra et al.,1960; Ozenda, 1991).

I-5. Intérêt de la plante :

I-5-1.Intérêt socioéconomique :

Parmi les différentes espèces du genre *Peganumharmal* est utilisé par les populationslocales en fumigation pour dissiper les troubles et traite les convulsions des enfants; en décoctionet pommade pour le traitement des fièvres et en frictions pour soigner les rhumatismes. *Peganumharmal*présente des propriétés anthelminthique, antipaludique, antispasmodique, enivrante etsudorifique. C'est une plante non broutée par les animaux (UICN, 2001).

I-5-2.Intéret pharmacologiques :

Les graines de *Peganumharmala*ont fait l'objet de nombreux travaux mettant en évidence des activités variées (**Tableau 2**). La majorité d'entre elles sont concernées surtout des effets cytotoxiques, anti-nociceptifs et antimicrobiens.

Tableau 2. Activités pharmacologiques des graines de *Peganumharmala*L.

Activités	Références
Analgésique	(Farouk <i>et al.</i> ,2008)
Hypoglycémiante	(Singh <i>et al.</i> ,2008)
Antifongique	(Nenaah, 2010)
Antibactérienne	(Arshad <i>et al.</i> ,2008 ; Moghadamet <i>et al.</i> ,2010 ; (Darabpouret <i>et al.</i> , 2011)
Antivirale (HSV)	(Kianiet <i>et al.</i> ,2010)
Antiparasitaire	(Yousefiet <i>et al.</i> ,2009 ; Rahimi-Moghaddamet <i>et al.</i> , 2011)
Cytotoxique	(Lamchouriet <i>et al.</i> , 2000 ; Sobhaniet <i>et al.</i> , 2002 ; Nafisiet <i>et al.</i> , 2010)
Antioxydante	(Baghianiet <i>et al.</i> ,2012)
Anti-nociceptive	(Monsefet <i>et al.</i> ,2004 ; Farouk <i>et al.</i> , 2009)

(razzagui, 2012)

I-5-3.Intérêt agronomique :

Dans le cadre de notre recherche de produits naturels utilisables comme insecticides, *Peganum harmala* L. s'est avéré très efficace. Son potentiel acridicide a été évalué par des tests d'alimentation du criquet pèlerin sur la plante fraîche. Les résultats sont encourageants dans la mesure où l'alimentation en *P. harmala* provoque une mortalité aux stades

larvaires d'un taux de 45% et un blocage du développement ovarien chez les femelles (Idrissi Hassani *et al.*, 1998; Idrissi Hassani, 2000).

L'effet des extraits des feuilles de cette même plante sur des femelles de criquets pèlerins entraîne une diminution de prise de nourriture, une réduction de la motricité et des perturbations de la fonction de reproduction (Abbassi *et al.*, 2003a), des résultats similaires ont été obtenus chez des jeunes adultes de criquets pèlerins mâles et femelles après addition des extraits alcaloïdes de *Peganum*.

I-5-4. Intérêt écologique :

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).

I-6. Données toxicologiques :

potentialités de la flore saharienne et la valoriser, afin d'augmenter la production agricole et dans la quête de nouvelles techniques pour protéger les cultures contre les insectes nuisibles tout en préservant l'environnement, les organismes et les institutions de recherches s'orientent vers la lutte biologique. C'est un procédé de lutte, consistant à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels autonomes appartenant au règne animal, ou bien par l'usage des biocides inertes (toxines microbiens ou métabolites secondaires végétales) (Balachowsky et Mensil, 1936 cités par Moussa, 2003).

Malgré les nombreux rapports d'intoxication humaine et animale enregistrés suite à l'ingestion de *Peganum harmala*, cette plante a été largement utilisée en médecine traditionnelle, en tant qu'agent abortif, emménagogue, narcotique, antihelminthique, antispasmodique, et dans certains cas des rhumatismes, d'asthme et du cancer (Duke, 2002).

Les alcaloïdes de *Peganum harmala* sont doués de propriétés toxiques. Ils provoquent des problèmes d'empoisonnement chez l'homme ainsi que chez les animaux, notamment les chameaux et les brebis, qui mangent cette plante en grande quantité comme un fourrage dans les périodes de sécheresse. Les alcaloïdes peuvent provoquer une hypothermie permanente, des troubles respiratoires, des vomissements, des maux de ventre, des hallucinations et des

convulsions (Mahmoudian *et al.*, 2002 ; Frison *et al.*, 2008), en inhibant la MAO-A et l'AChe (Tuliaganov *et al.*, 1986 ; Kim *et al.*, 1997). Dans la plus part des cas, les animaux intoxiqués meurent, généralement, 36-38 heures après l'apparition des premiers signes d'intoxication du SNC et SNP.

II La salinité.

la salinité est un phénomène mondial qui affecte 1 milliard d'hectares, soit 7% de la surface terrestre (Ghassimi, *etal.*, 1995).

L'accumulation des sels dans les horizons des sols peut engendrer une dégradation des caractéristiques physiques des sols (Durand JH 1983).

La salinité est aussi un facteur de désertification qui ne cesse d'intéresser les chercheurs (Halitim et al 1988).

Les dommages de la salinisation sont connus dans les pays du Maghreb, à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation. (Djilietal., 2003).

II-1. Définition de La salinité :

La salinité est la quantité de sels actuelle accumulée dans le profil d'un sol ou dans les organes d'une plante. De ce fait, la salinisation représente le processus par lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol. La salinisation se présente comme étant la cause majeure de la dégradation des sols. Elle est à l'origine de la chute de production agricole dans les périmètres irrigués en zones arides et semi-arides. On estime que le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause du phénomène de salinisation des sols (Iprid, 2006).

II-2. L'origine de la salinité :

D'après Cherbuy (1991), la salinisation d'un milieu est liée à la présence d'une source de sel, cette source peut être un matériau géologique, l'eau de mer, une nappe phréatique salée, ou une eau d'irrigation.

L'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques et magnésiques donne des sels souvent solubles en particulier les carbonates et les bicarbonates et parfois les silicates (Halitim 1985).

II-2-1. Origine marine :

Selon Halitim (1985), les sels ont également une origine marine, cas d'un contact souterrain entre l'eau de mer et les nappes souterraines. Dans les sols halomorphes maritimes, le NaCl est le sel le plus abondant, dans les sols halomorphes continentaux par contre, on trouve également, le NaCl et d'autres sels (CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , etc).

II-2-2. Origine anthropique :

Selon Dutoit (1996), cette salinisation est la plus importante et la plus rapide, car la salinisation d'origine géologique ou marine est liée au fonctionnement naturel des terrains ; dont, ces phénomènes sont très lents, ils sont de l'ordre de millions d'années . Par contre, lors que l'homme intervient, sa durée et alors de l'ordre de centaines d'années, et entraîne l'apparition de caractères halomorphe sur sols.

II-3. Facteurs intervenant dans le processus de la salinisation :

la salinisation des sols peut être due à :

- La lixiviation des sels solubles et/ou à l'évaporation, qui déposent leurs sels dans les sols. (WynetGouston., 1991).
- En régime, non saturé, la remontée capillaire entraîne un transport des sels par flux de masse vers la surface du sol où ils s'accumulent après évaporation de l'eau (Rajueta., 1993).

II-4. Les types de la salinité :

D'après Cherbuy (1991), la salinisation d'un milieu, implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

II-4-1. La salinité primaire :

La salinisation primaire se produit naturellement là où la roche mère du sol est riche en sels solubles, ou bien lorsqu'on est en présence d'une nappe phréatique proche de la surface, ou encore par intrusion de l'eau de mer. Dans les régions arides et semi-arides, où les précipitations sont insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol et où le drainage est restreint, des sols salins vont se former (Lahlou et al., 2000).

II-4-2. La salinité secondaire :

C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par l'approvisionnement en eau pour l'irrigation et qui aboutit à la formation d'un sol salin. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire ; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut

sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable. Les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation sont le début de la salinisation du sol.

L'accumulation de sels solubles à la surface ou en dessous de la surface du sol à des concentrations qui ont des effets négatifs sur la croissance des plantes et/ou sur les sols. Ceci se produit du fait de l'évaporation qui abandonne sur le sol les sels dissous dans l'eau. La salinisation peut aussi être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline. (IPTRID, 2006).

II-5. Causes et effets de la salinisation :

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturelles sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation. (Ashraf et Foolad, 2007).

La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures. (Denden et al., 2005).

En Algérie, ce problème s'est peu posé dans le passé mais durant les dernières années, on a décelé des intrusions des eaux marines dans les nappes côtières d'Annaba et d'Oran (phénomène analogue au niveau de la sebkha). L'exploitation intensive et anarchique des nappes par l'agriculture a créé localement des problèmes de pollution et de dégradation du sol. (Morsli, 2007).

II-6. Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation :

L'étude pédologique nous a montré que la plupart des sols irrigués sont affectés par la salinité. Cette dernière est liée à la salinité de l'eau d'irrigation. La salinité développée au niveau du sol va de paire avec celle de l'eau d'irrigation. Plus la conductivité électrolytique de l'eau d'irrigation est forte plus la teneur en Na augmente, provoquant ainsi un enrichissement net en sodium soluble. Lorsque la conductivité croît, le faciès chimique passe du type (Ca, Cl) au type (NaCl).

Les résultats ont montré que la salinisation était la conséquence d'une irrigation avec des eaux assez concentrées en sel. Bien que dans certains endroits, les eaux ne soient pas très salées, ce sont pourtant elles qui ont donné naissance aux différentes manifestations de salinisation à cause des caractéristiques spécifiques des sols (sols argileux). (Morsli, 2007).

II-7. Classification des sols :

Selon Cramer (2002) en basant sur la concentration en sel et le rapport Na : (Ca⁺ Mg), les sols ont été classifiés comme salin, sodique ou salin-sodique. La concentration totale en sels est habituellement mesurée par la conductivité électrique, CE dans les unités de dS m⁻¹, où 1 dS m⁻¹ est approximativement égal à une concentration de 10 mM du sel qui dissocie en deux ions monovalents quand ils sont en solution (par exemple NaCl). Les sols salins sont généralement définis en tant que ces sols ayant une CE de 4 dS m⁻¹ ou plus. Des sols sodiques sont définis en tant que ces sols qui ont un rapport d'adsorption de sodium (SAR) supérieur à 15. Le SAR est calculé comme suit : $SAR = [Na^+]/[Ca^{2+} + Mg^{2+}]^{1/2}$.

Tableau 03: Caractéristiques des sols salin et alcalin

Caractéristiques	Sols salins	Sols alcalins
Chimique	Dominé par des sels solubles neutres : chlorure et sulfates de sodium, calcium et magnésium.	Peu de sels solubles neutres mais généralement des quantités appréciables de sels capables d'hydrolyse alcaline telle que les carbonates de sodium (Na_2CO_3).
	pH de l'extrait de sol saturé généralement de moins de 8.2 (8.7 dans d'autres ouvrages).	Le pH de l'extrait de sol saturé de plus de 8.2 (ou 8.7) et atteignant souvent 9 ou 10
	Une électro-conductivité (EC) de l'extrait de sol saturé de plus de 4 dS/m à 25°C est en général la limite acceptée. Cependant le "Soil Science Society of America" établit une limite à 2 dS/m	Le pourcentage de Sodium échangeable (Exchangeable Sodium Pourcentage ou ESP) de 15 est la limite admise au-delà de laquelle le sol est qualifié d'alcalin. La EC est généralement de moins de 4 dS/m mais peut être plus important au cas où des quantités de Na_2CO_3 seraient présentes.
	Généralement pas de relation bien définie entre le pH de l'extrait de sol saturé et l'ESP ou le coefficient d'absorption du Sodium (Sodium Absorption Ratio ou SAR) de l'extrait de sol saturé.	Bonne relation entre le pH du sol et l'ESP ou CAS de tel sorte que le pH peut être utilisé comme index approximatif du degré d'alcalinité
	Des quantités appréciables de composés calciques solubles peuvent se trouver (tel que le gypse).	Le gypse est pratiquement toujours absent
Physique	En présence excessive de sels solubles neutres. La fraction argileuse est floculée et le sol est stable.	Un excès en Sodium échangeable couplé à des valeurs de pH élevées rend l'argile dispersée et une instabilité structurale du sol.
	La perméabilité à l'eau et à l'air de ces sols est généralement comparable à ceux des sols «normaux».	La perméabilité à l'eau et à l'air est restreinte. Les propriétés physiques de ces sols s'aggravent avec l'augmentation du pH et du sodium échangeable.
Effet sur la croissance des plantes	La croissance des plantes est affectée par l'action des sels solubles sur la pression osmotique de la solution du sol résultant en une diminution de disponibilité en eau	La croissance des plantes est affectée par l'action de dispersion du sodium échangeable dégradant les propriétés physiques du sol.
	Toxicité des ions tels que les ions Na, Cl, B, etc.	A travers la toxicité d'ions tels que les ions Na, CO_3 , Mo, etc. A travers le pH élevé du sol causant des déséquilibres nutritionnels incluant notamment une déficience en Calcium

(Maillard, 2001)

Tableau 04: Classe de la salinité des sols

Classe	Conductivité de l'extrait de sol saturé (dS/m)
Non salins	0 – 2
Légèrement salins	2 – 4
Modérément salins	4 – 8
Fortement salins	8 – 16
Très fortement salins	> 16

(Maillard, 2001)

Tableau 05: Classification des eaux salines

Classe	EC en dS/m	Concentration en sels totale en mg/l	Type d'eau
Non saline	< 0.7	< 500	Eau potable et irrigable
Légèrement saline	0.7 – 2	500 – 1500	Eau d'irrigation
Modérément saline	2 – 10	1500 – 7000	Première eau de drainage et eau souterraine
Très saline	10 – 25	7000 – 15 000	Seconde eau de drainage et eau souterraine
Très fortement Saline	25 – 45	15 000 – 35 000	Eau souterraine très salée
Saumure	>45	>45 000	Eau de mer

(Maillard,2001)

II-8.Répartition de la salinité du sol :

II-8-1.Les sols salés dans le monde :

Selon lasram (1995), la salinité du sol touche environ un milliard d'hectares dans le monde Situés principalement dans les régions arides est semi-aride, vingt millions d'hectares sont atteints par la salinité chaque année. Les terres irriguées affectées par la salinité correspondent

à 27de la surface irriguée dans le monde soit un tiers des terres agricoles dans les régions arides et semi-arides qui sont affectées par un excès de sels.

Tableau 06 : superficie affectée par la salinité dans le monde

Région	Superficie (millions d'hectares)
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du nord	15,7
Amérique du sud	129,2
Australie	357,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du sud est	20
Asie du centre et du nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,9

(FAO,2008)

II-8-2.Les sols salés en Algérie :

Les sols salés sont très répandus en Algérie essentiellement dans les zones arides et semi-arides ; des travaux effectués par différents auteurs montrent que la majorité des sols agricoles en Algérie sont affectés par les sels (Durand,1958 ;Haltim,1985).

De façon générale, les sols sodiques en Afrique du Nord proviennent principalement d'une action de la mer (pas actuelle) ou de la présence de dépôts lagunaires salés et gypseux répartis dans l'échelle stratigraphique depuis le Trias tertiaire jusqu'au Quaternaire.

En Algérie d'après Szablocs (1989), 3,2 million d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques ou le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficiente. Ce phénomène est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Maghnia) dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El bouagui), aux abords des Chotts et de sbkhas (Chott Ech Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sbkha d'Oran, de benziane, Zemmoul, Zazhrez Gharbiet Chergui, etc...) et dans les grand Sud (dans les oasis, le long des oueds, etc...), (figure 01 et tableau 05).

Tableau07: le classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction du pourcentage de la S.A.U

Wilayas	S.A.U (ha)	Superficie affectée par la salinité	De la S.A.U affecté par la salinité
Tamanrasset	2510	1445	75.75
Ouargla	17390	9850	65 .64
Ghardaia	7930	3284	41.41
Bechar	13250	2249	16.97
Illizi	570	60	10.53
Djelfa	67760	6250	9.22
Relizane	241670	20000	8.28
Ain temouchent	18350	15000	8.14
Tébessa	231750	13000	5.61
Adrar	14990	780	5.20
Biskra	151530	7272	4.80
Khanchla	177900	4480	2.52
Mascara	328740	6475	1.97
Alger	7940	150	1.89
Mostaganem	131730	1977	1.50
Naama	4150	62	1.49
Laghouat	487740	800	1.48
Batna	85860	5100	1.05
Oran	188620	850	0.99
Cheliff	183860	1490	0.79
Guelma	22150	1283	0.70
Mila	72090	100	0.45
Boumersés	306480	192	0.27
Saida	615340	700	0.23

. (Benzellat, 2012)

II-9.Mise en valeur des sols salés :

Selon Girard et *al.*,(2005),une bonne utilisation agricole des sols salés nécessite :

- ✓ L'élimination des excès en sels (lixiviation) et la suppression de la source de sodium (drainage de la nappe salée).
- ✓ Ces pratiques seront d'autant plus aisées que le sol est perméable et que l'eau pluie,irrigation est abondante et de bonne qualité.
- ✓ L'utilisation des plantes résistante à la salinité.
- ✓ La reconstitution de la fertilité par des amendements qui enrichissent les argiles en calcium échangeable.
- ✓ Des pratiques culturales particulières, laboure de défoncement, ratissage des sels en surface.
- ✓

II-10.Salinité et la plante :

Les dommages causés par le stress salin à long terme est surtout le déséquilibre ionique et la toxicité provoqués par le Na^+ plutôt que l'effet du sel sur le potentiel hydrique réduisant la disponibilité en eau (Munns, 2002 in Belkheiri, 2007).

II-10-1.L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante :

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (Romeroaranda et *al.*,2001 in Parida et Das, 2005).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (Lu et *al.*,2002 in Parida et Das, 2005).

II-10-2.L'effet de la salinité Sur la germination :

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001), Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in BOUCHOUKH, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Belkhodja et Bidai, 2004).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Bouda et Haddioui, 2011).

II-10-2.L'effet de la salinité Sur la germination :

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire, ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang et Nil, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (Mohammad et al., 1998). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et al., 2001).

II-10-4.L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille :

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de l'haricot, du coton et de l'atriplex (Longstreth et Nobel, 1979 in Parida et Das, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (Delphine et al., 1998 in Parida et Das, 2005).

Le stress salin cause (1) le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, (2) le gonflement de la mitochondrie, (3) la vésiculation et la fragmentation du tonoplaste et (4) la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoeabatatas*) (Mitsuya et al., 2000 in Parida et Das, 2005).

II-10-5.L'effet de la salinité sur l'ultrastructure du chloroplaste :

Chez les plantes traitées avec le NaCl, la microscopie électronique a montré que la structure du thylacoïde du chloroplaste devient désorganisée, le nombre et la taille des plastoglobules augmentent et le taux d'amidon diminue (Hernandez et al., 1999 in Parida et Das, 2005). Dans le mésophylle de la patate douce (*Ipomoeabatatas*), les membranes des thylacoïdes sont gonflées et la plupart sont perdues sous un stress salin sévère (Mitsuya et al., 2000 in Parida et Das, 2005).

II-10-6.L'effet de la salinité sur la photosynthèse :

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétal autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse.

Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse : Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement arrêt de l'assimilation du carbone.

L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (Munn et Termatt, 1986 in Parida et Das, 2005).

II-10-7.L'effet de la salinité sur la nutrition minérale des végétaux :

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et *al*, 1995 in Haouala et *al*, 2004). L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. L'interaction entre les ions Na^+ et Ca^{2+} (Jendoubi, 1997).

II-11.Comportement de la plante en milieu salin :

Selon la tolérance au sel, on peut définir deux groupes des végétaux : les halophytes et les glycophytes.

- Les halophytes supportent les concentrations en sels et la croissance est stimulée par la concentration entre 200 et 500 mM (Flowers et *al*, 1997).
- Les glycophytes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mM et devient létale à partir de 300 mM (Greenway et Munns, 1980).

Les halophytes et les glycophytes, peuvent développer plusieurs mécanismes pour assurer leur cycle de croissance et de développement. Certaines espèces utilisent le mécanisme d'exclusion des sels en excès (Alem et *al*, 2005) ou les compartimentent dans la vacuole (NIU

et *al.*, 2005 in Kaci et *al.* 2012). On peut distinguer deux comportements des plantes vis-à-vis du sel : les incluser et les excluser.

a- Excluser : Les plantes excluser sont généralement sensibles à la salinité et sont incapable de contrôler le niveau de Na^+ cytoplasmique. Cet ion est transporté dans le xylème, véhiculé vers les feuilles par le courant de transpiration puis en partie ré-circule par le phloème pour être ramené vers les racines ces espèces sensible contiennent donc Na^+ dans les feuilles et un excès dans les racines (Jabnoue, 2008).

b- Incluser: les plantes résistantes au NaCl , accumulant le Na^+ dans les feuilles ou est séquestré soit dans la vacuole de l'épiderme foliaire ou les limbes âges... (Jabnoue, 2008). Le sel est stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermées au sein de la cellule, le sel est aussi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (Berthmieu et *al.* 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (Alem et Amri, 2005).

II-12.Mécanisme d'adaptation à la salinité :

II-12-1.Caractéristiques morphologiques et anatomiques :

- Une cuticule épaisse ;
- Des stomates rares (Heller et *al.*, 1998) ;
- Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl (Luttgeal, 2002).

Une succulence des feuilles, qui deviennent épaisses ou cylindriques (Suaedea) ou de leurs tiges dans le cas de l'espèce aphyllé (Salicornia) (Lemee, 1978).

II-12-2.Caractéristiques physiologiques :

Pour qu'elles puissent absorber l'eau et continuer leurs fonctionnements vitaux, les halophytes adoptent trois mécanismes essentiels.

II-12-3.Répartition et accumulation des ions dans la plante :

Une forte capacité d'absorption et une accumulation préférentielle de Cl^- et Na^+ dans les parties aériens surtout les feuilles chez les halophytes. Ainsi, plus de 90% de Na^+ sont accumulés au niveau de la partie aérienne (80% dans les feuilles) (Asloum, 1990), qui a pour but d'élever le potentiel osmotique qui peut dépasser 50 atm. Celui-ci contribue à maintenir le potentiel hydrique de la plante inférieur à celui de la solution du sol (LEMEE, 1978).

II-12-4. Compartimentation vacuolaire :

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (Jebnoune, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule; le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (Sentenac et Berthomieu, 2003 in Bouchoukh, 2010).

II-13. La tolérance des plantes à la salinité :

Deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes :

Limiter l'entrée de sodium au niveau des racines ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles. Un nouveau mécanisme de tolérance au sel : la plante protège ses feuilles, donc sa capacité de photosynthèse, en réexportant le sodium des feuilles vers les racines par le flux de sève descendant, de façon à rendre possible une ré-excrétion dans le sol. Les chercheurs ont identifié le gène qui permet ce transport de sodium des feuilles vers les racines chez l'espèce modèle *Arabidopsis thaliana*.

La modification de ce gène affecte fortement la résistance de la plante au sel. Il est donc raisonnable de penser que l'on pourra renforcer cette résistance en augmentant l'expression de ce gène. (Berthomieu et al., 2003).

II-14. Lutte contre la salinisation des sols :**II-14-1. Lutte contre la salinisation des sols liée à l'irrigation :**

Selon Bouchoukh (2010), la prévention par le drainage des terres irriguées permet d'éviter la concentration des sels qui diminueraient les potentialités productives de terres irriguées mais génère des effluents qu'il faut gérer. Les externalités associées à la salinisation ne sont pas immédiates ; en général, il faut au moins une décennie pour qu'elles se manifestent (baisse des rendements...)

La réhabilitation des terres salinisées, cette opération est coûteuse, elle peut représenter de 56 à 100 des coûts d'investissements. Elle est parfois impossible techniquement.

Lorsque l'eau d'irrigation utilisée est saumâtre, les solutions curatives possibles sont :

- a) L'augmentation de la fréquence des irrigations et l'accroissement de l'apport d'eau aux plantes en considérant les besoins de lessivage et/ou l'association de différentes sources d'eau
- b) La réhabilitation par modification des pratiques culturales ;
- c) Le drainage de surface ;
- d) Le drainage artificiel souterrain ;
- e) Le drainage artificiel souterrain horizontal.

II-14-2. Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique :

Selon Anonyme, (2006), l'abaissement du niveau de la nappe grâce à :

- a) La surélévation des terres ;
- b) Un système de drainage artificiel souterrain horizontal ;
- c) La réhabilitation par modification des pratiques culturales : jachère et travail du sol, utilisation de plantes résistantes à la salure.
- d) Le bio-drainage.

II-14-3. La phytoremédiation :

L'idée d'utiliser des plantes pour extraire les métaux lourds et leurs composantes fut introduite en 1983, bien que le principe soit connu depuis 300 ans. C'est dans les années 1990, que le concept de la remédiation (bio et phytoremédiation) émerge comme une nouvelle technologie qui utilise les plantes vertes et des microorganismes associés (bactéries, champignons) pour le nettoyage d'un environnement pollué. La phytoremédiation comprend plusieurs techniques : la phytoextraction, la phytovolatilisation, la phytostabilisation, la phytodégradation et la rhizofiltration (Aoun, 2009).

Plusieurs études ont identifié des espèces végétales hyper accumulatrices, principalement des halophytes très prometteuses pour le dessalement des sols salins. Cette capacité de dessalement a été principalement estimée par des mesures effectuées en sols salins et des expérimentations consistant à cultiver des halophytes sur sol salin et à établir le bilan de l'expérimentation a également montré l'aptitude des halophytes à extraire une quantité appréciable de sel (Abdely, 2006).

II .Matériels et Méthodes

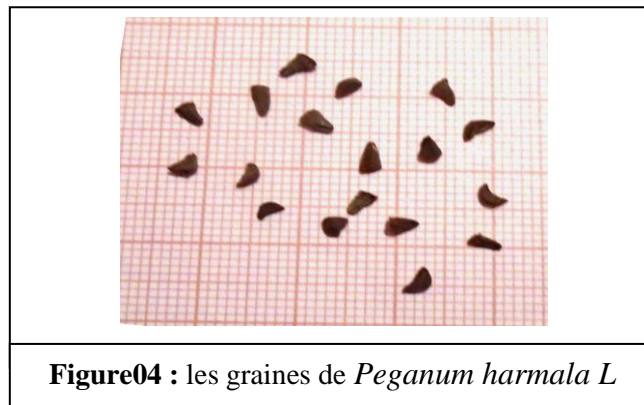
II-1.Objectif de l'expérimentation :

Le travail expérimental réalisé dans le cadre de ce mastère vise à étudier l'effet de la salinité sur la germination (*Peganum harmala* L), induit par différentes doses de NaCl, ajoutées à l'eau de robinet et ce, En analysant des paramètres physiologiques, L'essai a été réalisé durant l'année universitaire 2015/2016

II-2.Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est des graines de *Peganum harmala* L, récolté à l'été 2015 dans la wilaya de Laghouat,

Tout d'abord, dans ce travail nous avons commencé par la préparation et le triage des semences choisies afin de sélectionner les semences viables pour le test germinatif.



II-3.Condition expérimental :

II-3-1. Lieu d'expérimentation :

L'expérimentation a été réalisée en plein air dans l'université Amar Thelidji de Laghouat, l'étude subsistée a été duré 30 jours, depuis 07/04/2016 jusqu'au 06/05/2016.

II-3-2.Substrat de culture :

Le substrat utilisé est un mélange du sol et de terreau (2V/V), mise dans des pots en plastiques, de couleur marron et présentant des orifices de drainage à leur base, permettent l'évacuation eaux excès de 30 cm de hauteur et de 20 cm de diamètre.

II-3-3-Dispositif expérimental :

L'expérimentation a été conduite dans la nature au niveau de l'exploitation de l'Université de Laghouat. Les pots sont disposés aléatoirement (figure 05 et 06), le dispositif expérimental comprend 11 traitements avec 4 répétitions, soit 44 unités expérimentales, dont chaque pots contient 100 graines de *P.harmala*

T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
T ₉	T ₁₀	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
T ₁₀	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
T ₁₀	T ₉	T ₈	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇

Figure 05 : schéma de dispositif expérimental



Figure 06 : photo de dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est en randomisation totale a une seul facteur. Il comprend dix concentrations de NaCl (1;3;..... et 10 g/l) (ces concentrations se rapprochent de salinité de l'eau d'irrigation), les pots reparties d'une façon aléatoire et menées en quatre répétitions et chaque répétition a été présentée irriguée par gradient de NaCl. Pour chaque concentration de milieu, 100 graines ont été semées. Les graines germées et celles qui ont développé et levée au niveau de sol, été dénombrées, une graine est considérée germée lorsqu'elle émet une ou deux feuilles.

II-4.Description des différents traitements :

II-4-1.Caractéristiques de l'eau utilisée pour la préparation des différents traitements

Pour réalisation de notre essai, nous avons utilisé l'eau du robinet de la serre du département d'agronomie de Laghouat, additionné à chaque fois par une pesée différente de sel NaCl. La teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Laghouat (utilisée comme traitement témoin) sont présente dans le tableau 09.

Tableau 08 : Composition en éléments minéraux de l'eau de l'irrigation

Elément ou ion	Teneurs en mg/l	Teneurs en meq/l
K⁺	13,7	0.35
Ca⁺²	229	11,45
Na⁺	153,5	6,68
Mg⁺²	138	11,55
NO₃⁻	0,62	0,01
So₄⁻²	1002	20,87
Cl⁻	199	5,60
HCO₃⁻	175,98	2.93
CO₃⁻	0	0
Total	1912	59.39

Il est à signaler que, l'analyse de cette eau a été faite par le service des eaux (A.D.E) de la ville de Laghouat, sa conductivité électrique est de 1,20mS/cm, ce qui correspond à une eau de salinité modéré , et le pH est de 7,57.

I-4-2.Préparation des eaux d'irrigation :

Les concentrations en sel retenues suivent une croissance arithmétique dont l'incrément est de 1g/l. les concentrations utilisées sont les suivantes :0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,et10g/l.ces concentrations correspondent relativement aux traitements suivants : T₀ (témoin), T₁,T₂, T₃,T₄,T₅,T₆,T₇,T₈,T₉,T₁₀ . Ces solutions sont préparées par l'eau de robinet en ajoutant une quantité précise de NaCl comme suite :

- ✓ T₀ eau de robinet témoin 0 g/l de NaCl
- ✓ T₁ eau de robinet contenant 1 g/l de NaCl
- ✓ T₂ eau de robinet contenant 2 g/l de NaCl
- ✓ T₃ eau de robinet contenant 3 g/l de NaCl
- ✓ T₄ eau de robinet contenant 4 g/l de NaCl
- ✓ T₅ eau de robinet contenant 5 g/l de NaCl
- ✓ T₆ eau de robinet contenant 6 g/l de NaCl
- ✓ T₇ eau de robinet contenant 7 g/l de NaCl
- ✓ T₈ eau de robinet contenant 8 g/l de NaCl
- ✓ T₉ eau de robinet contenant 9 g/l de NaCl
- ✓ T₁₀ eau de robinet contenant 10 g/l de NaCl

La pression osmotique est calculée suivant la relation citée par job (1998),(voir le tableau).

- $W_{os} \text{ (atm)} = CE * 0,36 ;$
- $W_{os} \text{ (MPa)} = W_{os} \text{ (atm)}$

Tableau 09: les paramètres physiques et chimiques de différentes solutions :

Traitements	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
CE (ms/cm)	1,20	2,18	3,44	4,69	5,94	7,19	8,44	9,69	10,94	12,18	13,43
pH	7,57	7,87	7,88	7,90	7,92	7,94	7,95	7,97	7,98	7,99	7,99
W _{os} (atm)	0,42	0,78	1,24	1,89	2,14	2,59	3,04	3,49	3,94	4,38	4,83
W _{os} (MPa)	4,20	7,80	12,40	18,90	21,40	25,90	30,40	34,90	39,40	43,80	48,30

II-5. Le semis et la conduite d'expérimentation :

Chaque essai de germination est conduit en quatre répétitions de 100 graines chacune, Les semences mises à germer sont disposées dans des pots de 20 cm de diamètre; sont traitées par différentes concentrations d'NaCl, les essais de germination sont effectués à des températures variant entre 16 et 23°C.(site web,2016)

Des tests de germination à des concentrations variables de chlorure de sodium (NaCl) : T₀ (témoin), T₁,T₂, T₃,T₄,T₅,T₆,T₇,T₈,T₉, et T₁₀. Les semences germées sont comptées et enregistrées journalièrement.

II-6. Les paramètres mesurés :

Ce travail est basé sur la mesure d'un paramètre physiologique, qui est la capacité germinative.

Les graines germées sont dénombrées toute 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 plantule de sa graine germée au-dessus de sol contenu.

La faculté (Capacité) 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)

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

Ce paramètre a été mesuré par comme suite :

II-6-1. Moyenne journalière de germination :

La moyenne journalière de germination (MDG= Mean Daily Germination) est égale selon Osborne et Nercer (1993) à :

$$MDG = \text{Pourcentage de germination final} / \text{nombre de jours à la germination finale.}$$

II-6-2. Cinétique de germination :

La précocité de la germination est exprimée par le pourcentage des premières graines germées, et correspondant à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées (Belkhodja, 1996).

II-6-3. Taux final de germination :

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines de *péganum harmala* , . Il est exprimé par le rapport entre nombre de graines germées (Ni) et le nombre total de graines (Nt).

$$Tg = \frac{Ni \times 100}{Nt}$$

(Tg: Taux de germination en %)

II-7. Les analyse statistiques :

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse statistique grâce au logiciel STATBOX 7,2, dont on a calculé la variance un seul facteur et deux facteurs par le test de fisher-snedecor au seuil de risque 5%, ainsi que la comparaison multiple des moyennes par le test de Newman et Keuls, pour identifier les groupements homogènes.

III-1-Résultats et discussions :**III-1-1 L'effet de salinité sur le délai et le taux de germination :**

Les données enregistrées durant la période expérimentale (39 jours) sont sujet à une analyse statistique (Tableau 13 d'annexe), dont le biais de l'analyse de la variance a révélé une différence significative entre les moyennes de différents traitements (Prob = 0,00 ≤ 0,05), donc il ya un effet entre les facteurs étudié sur le taux de germination (tableau 10).

Ta bleau10 : les délais et le taux journalier de germination.

Délai (jour) / traitement	15j	20j	22j	24j	26j	35j	37j	39j
T ₀	3 ±1,07 JKLMN	5,75 ±1,7 HIJKL	8,5 ±1,29 HIJ	14 ±1,82 EFG	18,75 ±0,95 DE	47,25 ±3,4 B	51,25 ±4,64 AB	56 ±8,04 A
T ₁	00 ±00 N	4,25 ±2,21 IJKLMN	7 ±1,82 HIJKL	11,25 ±1,25 FGH	14,25 ±2,21 EFG	27,5 ±4,43 C	29,75 ±4,3 C	29,25 ±5,56 C
T ₂	00 ±00 N	2,5 ±1,29 KLMN	3,75 ±0,95 JKLMN	7,25 ±1,25 HIJKL	10,75 ±1,5 HIJ	19,5 ±3,69 D	20,25 ±3,1 D	20,5 ±2,64 D
T ₃	00 ±00 N	1,75 ±0,95 LMN	2,5 ±1,29 KLMN	4,5 ±1,3 IJKLM	7,5 ±1,29 HIJK	15,75 ±2,64 DEFG	16,5 ±2,64 DE	16,25 ±2,63 DEF
T ₄	00 ±00 N	1 ±0,81 KLM	1,5 ±0,1 LMN	2,75 ±1,7 JKLMN	4,25 ±0,95 GHIJ	8,5 ±1,9 FGHIJ	8,75 ±1,7 HIJ	7,25 ±1,7 HIJK
T ₅	00 ±00 N	00 ±0,0 N	0,25 ±0,5 N	0,75 ±0,95 KLM	1 ±1 MN	2,25 ±2,87 KLM	2,25 ±2,87 KLMN	2,55 ±2,87 KLMN
T ₆	00 ±00 N	00 ±00 N	0,25 ±0,0 N	0,25 ±0,5 N	0,75 ±0,5 KLM	1,5 ±1,3 KLM	1,5 ±1,3 LMN	1,5 ±1,3 LMN
T ₇	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±0,0 N	00 ±0,0 N	0,75 ±0,5 MN	0,5 ±0,6 MN	1 ±0,81 MN
T ₈	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±1 N	00 ±1 N	0,5 ±1 N	0,5 ±1 N	00 ±0,5 N
T ₉	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N
T ₁₀	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N	00 ±00 N

Le teste de PPDS (plus petit déférence significatif) a classées les traitements en 13 groupes homogènes.

- Le plus bref délai de germination est de 15 jours, il correspond au traitement T0 (témoin),
- Le plus long délai est de 35 jours chez les traitements T7 et T8,
- Des valeurs nulles au niveau des traitements T9 et T10 (groupe homogène « N »), ce qui signifie qu'aucune graines n'est germer.
- la première phase (15j) : elle concerne le témoin et les traitements à fables concentrations T0 (0 g/l) ;
- la deuxième phase (20j) : elle touche les traitements T1, T2, T » et T'4;
- la troisième phase (22 j) : elle touche le traitement T5 et T6 ;
- la quatrième phase (35j) : elle concerne les traitements T7 et T8 ;

Les résultats obtenus sont illustrés par les histogrammes suivants :

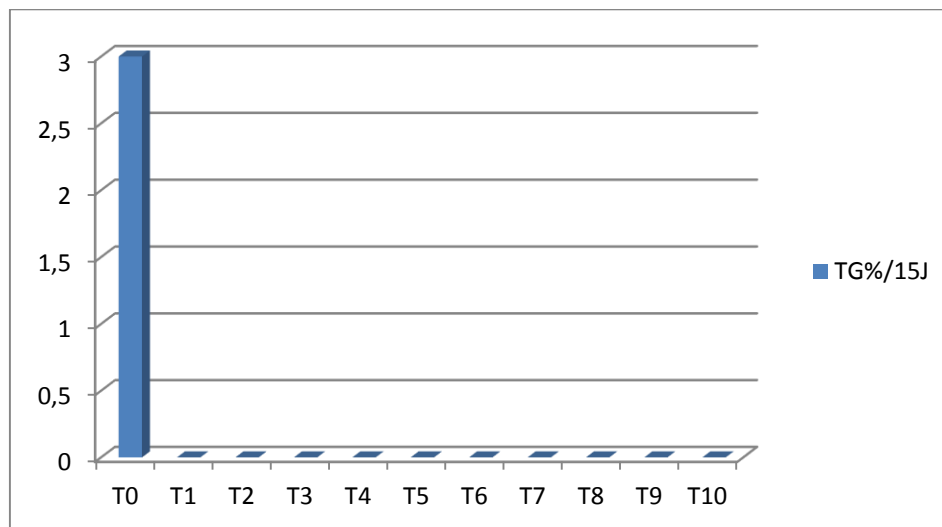


Figure07 : la cinétique germinative au 15^{eme} jour

L'analyse de La cinétique de la germination des graines montre une germination précoce (15 jours après le semis) avec une moyenne de (3%) au niveau (T0) uniquement, tandis que les autres traitements sont retardés sous l'effet de la salinité (figure 06).

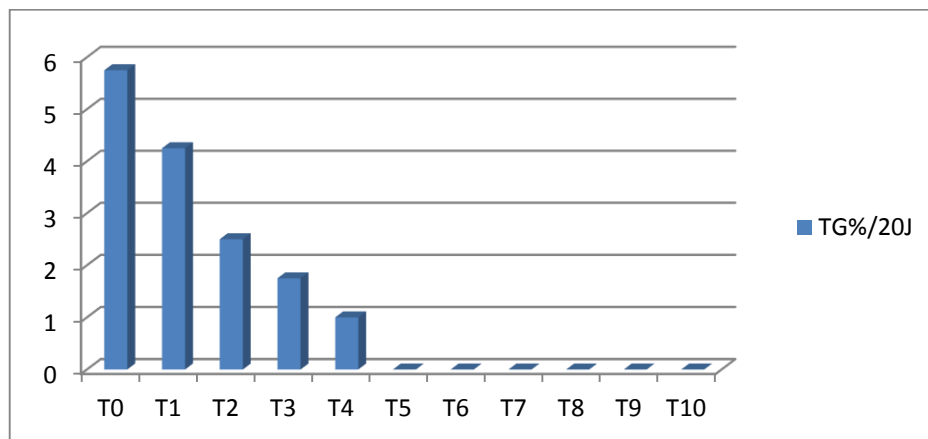


Figure 08 : la cinétique germinative au 20^{ème} jour

Au 20^{ème} jour après le semis, la germination apparait au niveau des traitements à faible dose de NaCl (de 1 à 4g/l) uniquement, avec des valeurs décroissant de l'ordre de 4,25 à 1 %, et en relation inverse avec les concentrations de NaCl, en plus elle atteint un taux plus élevé chez le témoin (5,75 %) comparativement au 15^{ème} jour.

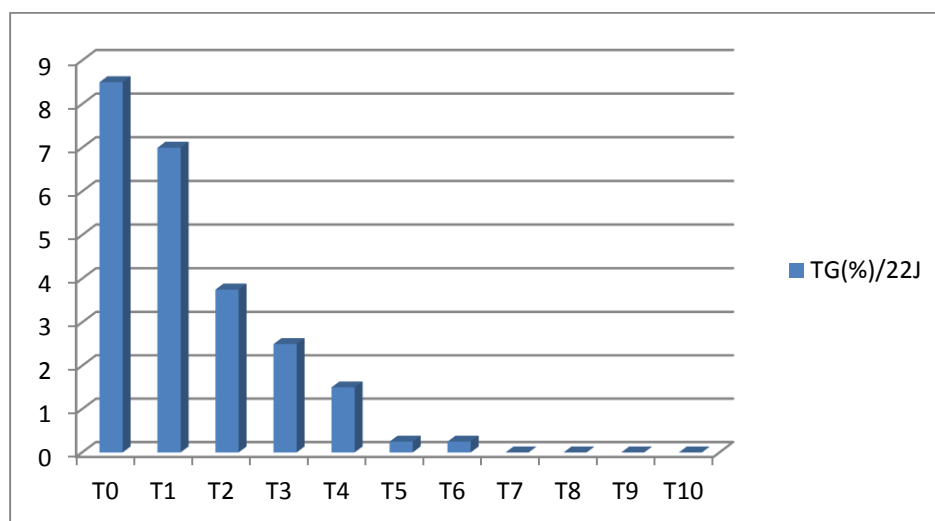


Figure 09 : la cinétique germinative au 22^{ème} jour

Au 22^{ème} jour après le semis, la germination apparait au niveau des traitements T5 et T6, avec une valeur de l'ordre de 0,25 %, en plus elle atteint un taux plus élevé chez le témoin (8,5%).

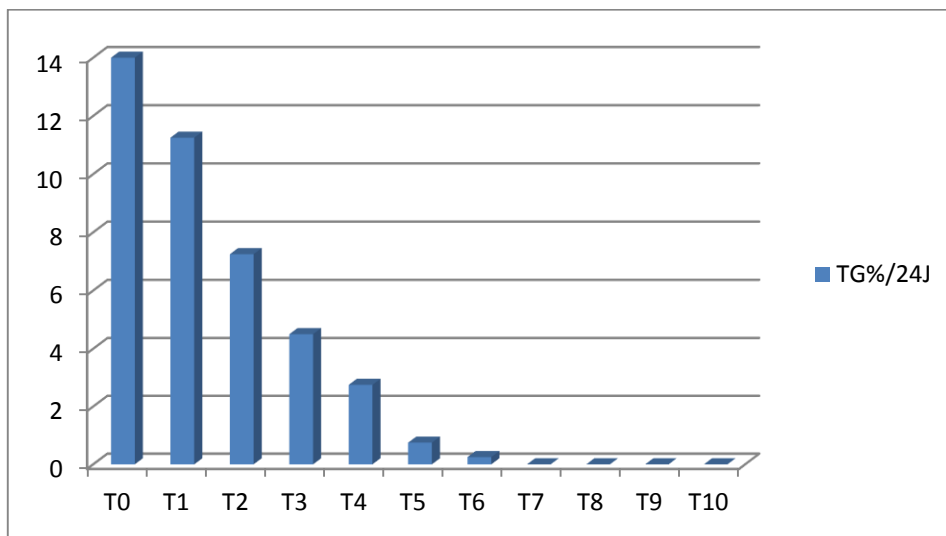


Figure 10 : la cinétique germinative au 24^{ème} jour

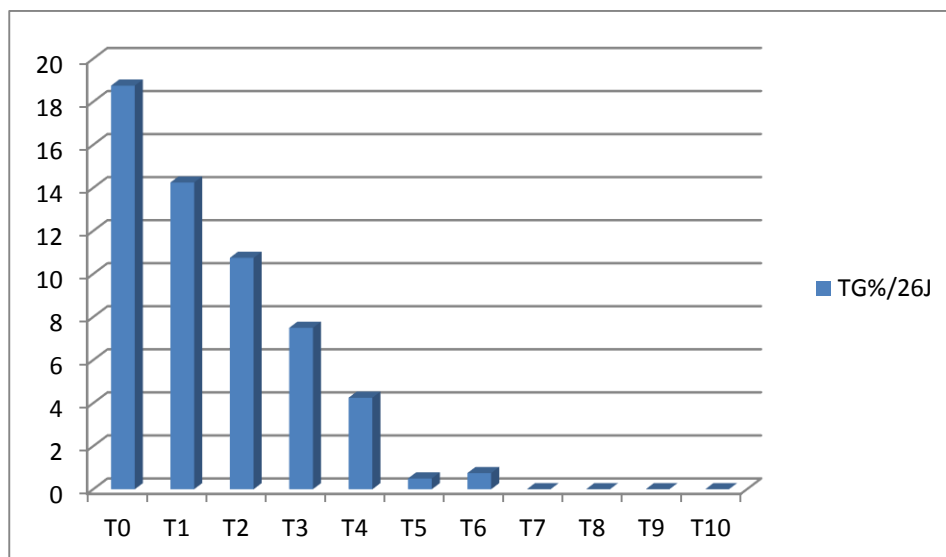


Figure 11 : la cinétique germinative en 26^{ème} jour

Durant le 24^{ème} et le 26^{ème} jour après le semis (Figure 10 et Figure 11), la germination content à augmenté successivement en relation inverse avec les concentrations de NaCl chez les traitements ayant une dose inferieur ou égale à 6 g/l, avec une supériorité de témoin, et nulle pour les autres traitements.

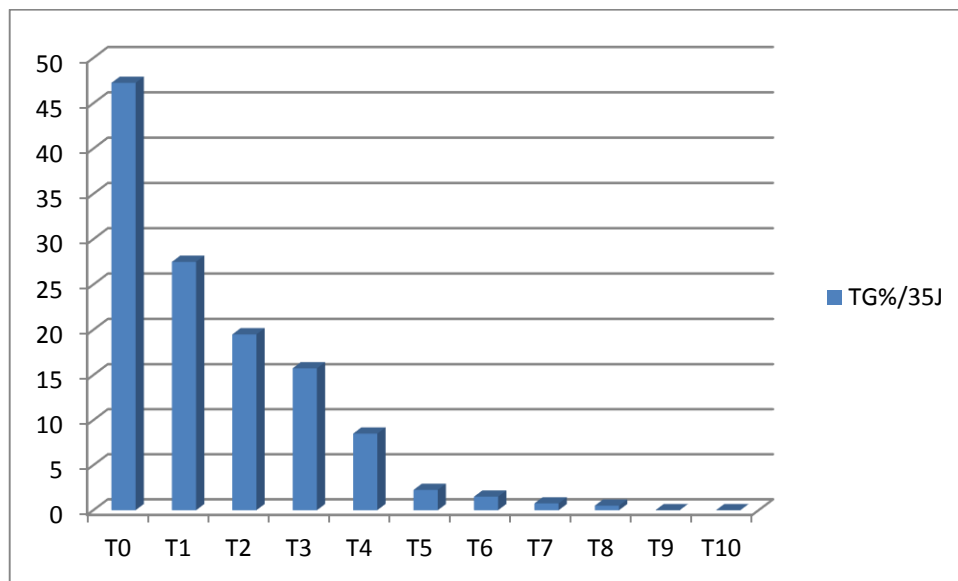


Figure 12 : la cinétique germinative au 35^{ème} jour

Au 35^{ème} jour après le semis, la germination apparait au niveau des traitements T7 et T8 avec un pourcentage de 0,75 et 0,5% respectivement.

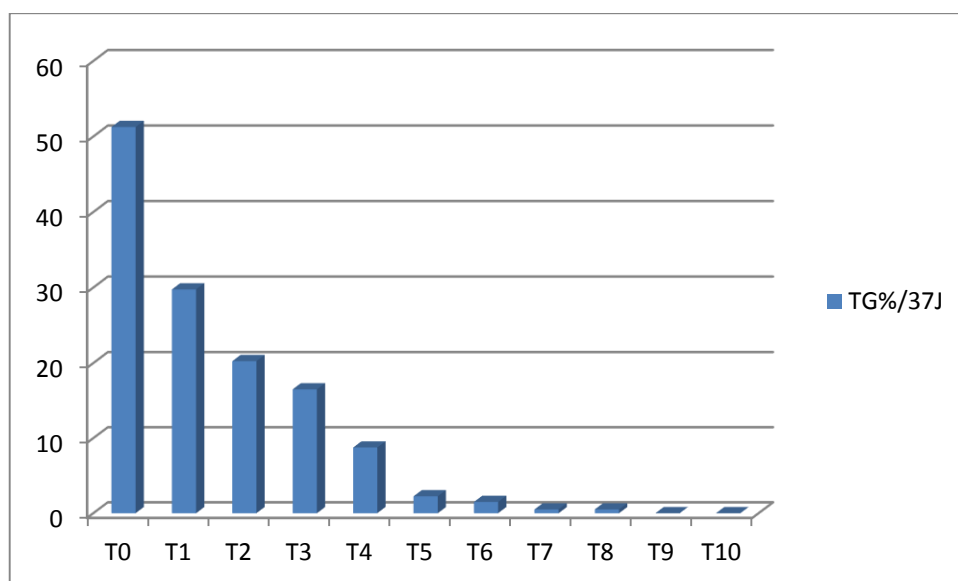


Figure 13 : la cinétique germinative au 37^{ème} jour

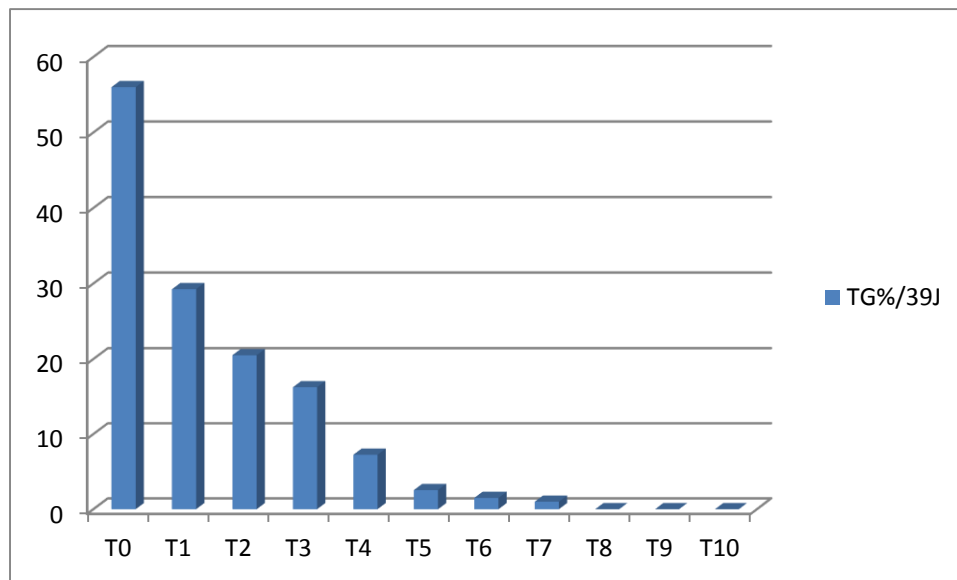


Figure 14 : la cinétique germinative au 39^{ème} jour

Au cours de 37^{ème} à 39^{ème} jour après le semis (Figure 13 et Figure 14), les résultats enregistrés montrent la continuation de la germination chez tous les traitements à l'exception de T9 et T10 qui ne présentent aucune germination.

La germination atteint le maximum au niveau de témoin avec un taux de 56% , tandis que les autres traitements restent en niveau inférieur mais variable et régressive en fonction de la concentration de salinité.

D'une manière générale, le retard de germination sous l'effet du stress salin peut être montrée par plusieurs causes, parmi les quelles nous citons :

- ✓ Une diminution du contrôle statut hydrique
- ✓ Un ralentissement de la synthèse protéique et une inhibition de l'activité enzymatique
- ✓ Une altération du métabolisme hormonal

En plus, un effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans le cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions (bliss et al.,1986)

Ce retard de germination peut être expliqués par une limitation de la diffusion d'une quantité d'eau nécessaire, au déclenchement du processus de germination a l'intérieure des grains en présence des concentrations élevée de chlorure de sodium

En plus, plusieurs ont indiqué que les semence des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines

germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (Clarke et Hannon, 1970 ; Ungar, 1972, 1982 ; Philipulai et Ungar, 1984 in Ismail, 1990).

III-1-2 L'effet de salinité sur le taux cumulé de germination :

Les résultats relatifs de taux cumulé de germination sont représentés dans le tableau 11 et illustrés par l'histogramme dans la (figure 15).

Tableau 11 : taux de germination en fonction de temps.

	Moyenne Ecart types	Groupe homogènes	prob	CV%
15J	0,27 ±0,21	E	00	30
20J	1,38 ±0,87	E		
22J	2,13 ±0,78	D		
24J	3,70 ±0,92	C		
26J	5,15 ±2,15	B		
35J	11,22 ±2,21	B		
37J	11,93 ±2,21	A		
39J	12,18 ±2,92	A		

L'analyse de la variance de ces résultats a révélée une différence significatifs entre les moyennes journalière « La probabilité, Prob = 0,00 ≤ 0,05 », cela indique en relation proportionnelle entre la durée expérimentale (le temps) et le taux de germination, dont on enregistre les observations suivantes :

- La meilleur taux de germination correspond au groupe homogène « A », et qui a été enregistré en 37^{eme} et 39^{eme} jour avec une moyenne de 11,93 et 12,18% respectivement.
- Le mauvais taux de germination correspond au groupe homogène « E », enregistré en 15^{eme} et 20^{eme} jour avec une moyenne de 0,27 et 1,38% respectivement.

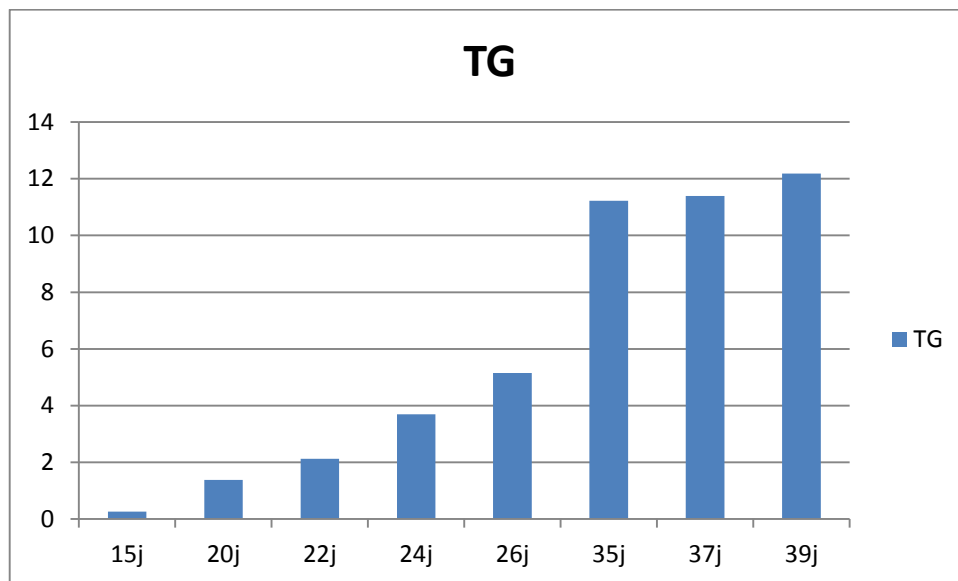


Figure 15 : le taux cumulatif de germination

Le taux cumulatif de germination, montre une cinétique de germination variable, dont on constate un démarrage de la germination au 15^{ème} jour au niveau de témoin avec une moyenne de 0,27%, ensuite, il a content d'augmenter progressivement avec les jours jusqu' il attient le maximum au 39^{ème} jour avec 12,18%.

III-1-3 le taux final de germination :

L'analyse de la variance de taux final de germination à révélée une déférence significatifs entre les différents traitements « La probabilité, Prob = 0,00 \leq 0,05 ».

Tableau 12 : taux final de germination

	Moyenne Ecart types	Groupe homogènes	prob	CV%
T0	56 $\pm 9,46$	(A)	0,00	30,00
T1	29,5 $\pm 6,02$	(B)		
T2	20,5 $\pm 2,64$	(C)		
T3	16,75 $\pm 2,21$	(C)		
T4	9,00 $\pm 2,16$	(D)		
T5	2,25 $\pm 2,87$	(E)		
T6	1,50 $\pm 1,29$	(E)		
T7	0,75 $\pm 0,50$	(E)		
T8	0,50 $\pm 1,00$	(E)		
T9	00 $\pm 0,00$	(E)		
T10	00 $\pm 0,00$	(E)		

Le teste de PPDS (plus petit différence significatif) a classées les traitements en cinq groupes homogènes.

Les résultats obtenus (tableau 12 et figure 16) Montrent une proportion inverse entre la dose de salinité et le taux de germination, autrement dit la germination diminue au fur et à mesure avec l'augmentation de la salinité.

Les données de tableau 12 indiquent une forte capacité germinative au niveau de témoin (**T₀**) classé dans le groupe (A), en enregistrant la moyenne maximale de germination avec une valeur de 56%.

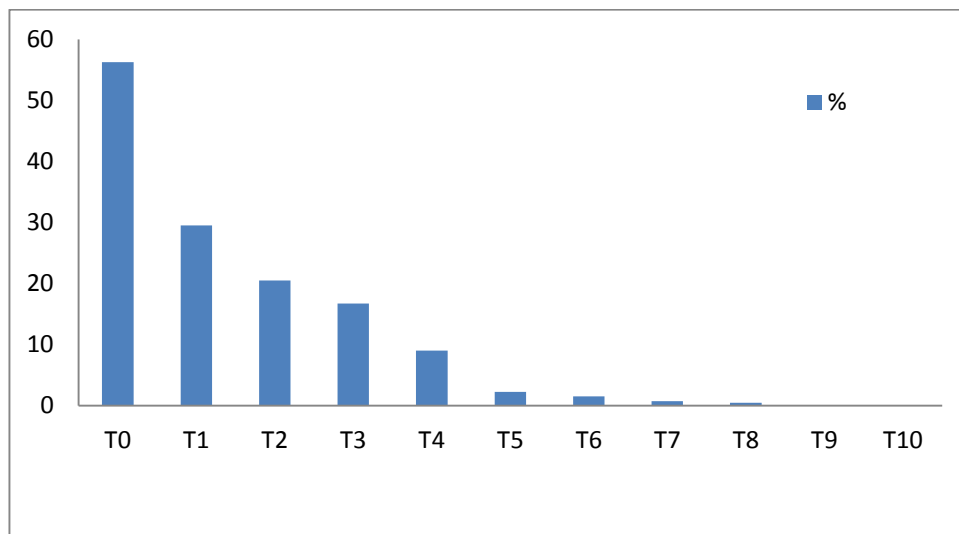


Figure 16 : tau de germination en fonction de différent dose de NaCl

L'examen de ces résultats montre que la concentration (1g/l) est tolérée par l'espèce étudié puisqu'elle n'engendre qu'une légère diminution des capacités germinatives exprimées par rapport aux témoins qui restent relativement élevées (29,5%).

En outre les traitements T2 et T3 classés en groupe (C), enregistrent des valeurs de 20,50 et 16,75% respectivement,

Par contre, le traitement T4 (groupe « D ») enregistre une diminution remarquable de taux de germination avec une moyenne de 09,00%.

Cependant, les autres traitements de T5 jusqu'à T10 sont les plus faible taux de germination (même groupement homogène « E »), avec une germination nulle au niveau T9 et T10



Figure 17 : représente la morphologie de germination sous l'effet de différents traitements de NaCl

Ces résultats sont corroborés par ceux obtenus par plusieurs autres auteurs (Baba Sidi Kaci 2006 ; Hadadj *et al.*, 2010 ; Djerroudi-Zidane, 2010 ; Bouda et Haddioui, 2011) et qui ont indiqué que les grains de la plupart des halophytes atteignent leur germination maximale dans l'eau distillée. Ainsi, plusieurs études ont indiqué que les grains des halophytes et même des glycophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des grains germés et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (Reda Tazi *et al.*, 2001 ; Bouda et Haddioui, 2011)

Egalement, le chlorure de sodium présent dans le sol ou dans l'eau d'irrigation affecte la germination de deux manières, il diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif (Djerroudi –Zidane, 2010). Cet effet dépend de la nature de l'espèce, de l'intensité du stress salin et de sa durée d'application (Baba Sidi-Kaci, 2006 ; Bouda et Haddioui, 2011).

Généralement la capacité germinative dépend de l'espèce elle-même, et varie largement d'une espèce à l'autre notamment en milieu salin et cela soutenu par Chamard (1993)

D'une manière générale, ces résultats peuvent s'expliquer selon plusieurs opinions, nous citons parmi les quelles :

a)- La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (Hajlaoui et al, 2007 ; et Annou et El-Hadj khelil, 2012).

Cette limitation de l'absorption de l'eau résulterait de l'augmentation de la pression osmotique du milieu par la présence de sel qui réduit la disponibilité d'eau pour la semence. Sachant que, l'eau va du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré (debez et al., 2001).

b)- la diminution du taux de germination final correspond à une accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon. Cet effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans un cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions (Annou et El-Hadj khelil, 2012).

c)- les plantes produisent des molécules d'oxygène actif nommées ROS (radicaux superoxyde O_2^- , peroxyde d'hydrogène H_2O_2 et d'importance et radicaux hydroxyle OH^\cdot) en réponse à un stress salin, les ROS causent d'importants dommages dans des lipides membranaire, des protéines et acides nucléiques. La détoxification des ROS constitue un élément clé de défense des plantes contre les stress abiotique dont le stress salin (Bouba et Haddioui ,2011) ;

d)- l'inhibition de la croissance des espèces sensibles au sel comme *Colocynthis vulgaris* L. est due principalement à la toxicité des ions même à faible concertation en sel ; la toxicité des ions pourrait être une conséquence de leur mauvaise compartimentation cellulaire dans les vacuoles, elle pourrait être également due à une incapacité à rejeter le sel en excès afin de maintenir l'équilibre osmotique (Baba Sidi-Kaci, 2010).

e)- en phase de germination la conversion de carbohydrates en sucres solubles jouant le rôle de régulation osmotique au niveau des cellules embryonnaires (PRADO *et al.*,2000).

f)- la salinité perturbe les systèmes enzymatiques impliqués dans la différente fonction physiologique de la graine en germination tels que la diminution de l'activité de polyphénol oxydase et amylase et des peroxydases (Annou et El-Hadj Khelil, 2012).

g)- En plus de la réduction du taux de germination, le sel retarde également la germination et ralentit sa vitesse, ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine, (Botia ..1998)

h) La diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales (parado.,2000).

i) La capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles (Zhu., 2001).

Conclusion :

En guise de conclusion de notre expérimentation, dont nous sommes intéressés à étudier le comportement germinatif d'espèce choisie soumise à un stress salin.

Dans les conditions de notre étude, les résultats de ce travail nous ont permis de conclure que :

- La germination des graines de *Peganum harmala* est clairement sous influence de la salinité sur les délais et le taux de germination;
- Les graines de *Peganum harmala* L germent mieux dans des milieux non touchés par la salinité (56,25%) ;
- Dans les conditions à faible salinité (de 1 à 4 g/l) la germination peut atteindre un niveau minimale égale ou supérieur à (10%) ;
- Au delà de 5g/l la germination ne dépasse pas 5% au maximum, autrement dit : La germination est possible jusqu' à niveau de (8g/l);
- la germination s'annule complètement à partir de 9 g/l ;
- Le délai de germination est de 20 jours pour le témoin et les faibles concentrations (inférieur ou égale à 4g/l), et plus de 22 jours pour les autres concentrations.

Ces résultats sont des marqueurs intéressants pour élucider davantage la relation stress salin sur le comportement des semences de nos espèces, cela permettra d'élaborer une classification de seuil de tolérance à la salinité, critère important dans le choix de l'espèce à retenir dans un programme de mise en valeur des zones arides.

Notre étude expérimentale montre que l'adaptation d'espèce spontanée (harmale) en phase de germination aux excès du sel soluble est un problème vaste et complexe, les données recueillies montrent que la salinité ralentit l'activité de la germination des semences de nos espèces.

Enfin, bien que ce travail ait tenté de caractériser la réaction de quelques espèces spontanées vis-à-vis du stress salin, au stade de la germination, rendant compte de l'aptitude des espèces spontanées à supporter le sel et d'autres espèces sensibles et stressées par le sel.

Sous la lumière de ces résultats nous suggérons d'approfondir ces études sur les autres stades phénologiques de cette espèce, afin de mieux connaître l'influence de la salinité sur les autres activités physiologiques et biochimiques.

Bien que ce travail ait tenté de caractériser la réaction de *Peganum harmala* L vis-à-vis du stress salin, plusieurs autres questions restent encore posées et nécessitent d'être approfondies

À savoir :

L'étude de l'effet du stress salin en fonction du stade de développement pour déterminer celui qui serait le plus sensible à la salinité ; et celui à partir duquel le sel n'a plus d'effet, pour programmer l'intervention des irrigations avec l'eau saline en plain champ.

Compte tenu de l'importance de cette espèce dans la réhabilitation des sols dégradés surtout dans les régions arides et semi-arides, il est important de multiplier les essais sur d'autres provenances

Identifier des osmorégulateurs autres que la proline pour mieux élucider l'ajustement osmotique qui est un mécanisme très développé par les plantes pour faire face au stress osmotique

Procéder à la discrimination génétique entre les différents génotypes étudiés en utilisant les techniques de biologie moléculaire afin d'identifier les gènes responsables de la tolérance à la salinité et sélectionner les génotypes les plus résistantes

.

.

References bibliographies:

- **Abbassi, k., Atay-kadiri, z. et Ghaout, s. 2003b.** Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. *Physiological Entomology*, 28: 232-236
- **Abdelly C., 2006 :** Caractérisation des halophytes pour la dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de bordj-Cedria, Tunisie, pp.1109..
- **Anonyme, 2006 :** Conférence électronique sur la salinisation : Extension de la salinisation et stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par : IPTRID du 6 février au 6 mars 2006, 20p.
- **Aoun M., 2009 :** Action de cadmium sur les plants de moutarde indienne (*Brassicajuncea L. Czern*) néoformés à partir de couche cellulaires minces et issus de semis. Université de Bretagne occidentale.135p.
- **Arbaoui M., Benkhelifa M., Belkhodja M. (2000):** Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. Option méditerranéenne.
- **Baba sidi-kaci,S.2006,** effet de stress salin sur quelques paramètres phoenologiquesç (biométrie anatomie) et nutritionnels de latriplex en vue d une valorisation agronomique. Mémoire d'ingénieurat : université kasdi marbah-ouargla.133p.
- **Behaghe, T et Blouard, R. 1962.** Amélioration des semences et sélection des plantes prairiales Congo, au Rwanda et au Brundi. Bulletin d'information : **I'INEAC**. Vol.46. p.307-338.
- **Beldjoudiz., Et Daoud Y., 2002-** Conséquence de la salinité sur l'antagonisme
- **Belkhodja, M et Soltani N.1992.**Réponses de la fève (**Vicia faba L.**) à la salinité : étude de la germination de quelques lignées à croissance déterminée *Bulletin de la société botanique de France*, Vol. 139,p 65-68.
- **Benzellat B.,2012 :** Contribution à l'amélioration des rendements des plantes cultivées en sols salés. Thèse Magister, Aboubakar Belaid.1-2p.
- **Berthomieu P., Conéjéro G., Nublat A., Brackenbury W.J., Lambert C., SavioC., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., EssahP.A., Tester M., Very A-A, Sentenac H., Casse F. (2003):** Functional analysis ofAtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial forsalt tolerance. *Embo Journal* 22, 2004-2014 *Biotechnology* 16, 123–132.

Références bibliographiques

- **Bouchoukh I., 2010** : Comportement écophysiological de deux Chénopodéacées des genre *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Thèse Magister. Université Mentouri-constantine. 24p.
- **Bouda,s.,haddioui,a.2011**.effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *atriplex* .nature et technologie. n°05 .marok.72-79pp.
- **Chamard, P 1993**. Environnement et développement. Références particulière aux états sahéliens membres du CILSS. Sécheresse, Vol. 3, p. 172-173.
- **Cherbuy. B,1991** : les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. 170. clones. Univ. Paris –Sud. P138.
- **Debez, A ; Chaibi, W et Bouzid, S. 2001**.Effet de NaCl et de régulateur de croissance sur la germination /d’*Atriplex halimus* L :Cahier d’étude et de recherches francophones, Mai 2001, vol. 10,n 2 : Campus Universitaire (Tunisie). P.78-85
- **Debez,A ; Ben Hamed, K ; Grignon, C et Abdelly,C. 2004**. Effets de la salinité sur la germination, la croissance et la production de l’halophyte *martima Cakile* .*Plant Soil*, Vol.262,p179-189.
- **Djerroudi,z-o., balkhodja, m., bissati , s. 2010**. Effet de strass salin sur l’accumulation de proline chez deux espèces d’*atriplexhalimus* l. et *atriplexcanescens* (purch) nutt .*european journal of scientificresearch*. Vol.14, n.2.248-259pp.
- **Djili k, Daoud Y, Gaouar A, Beljoudi Z**. La salinisation secondaire des sols au Sahara. Conséquences sur la durabilité de l’agriculture dans les nouveaux périmètres de mise en valeur. *Sécheresse*2003; **4** : 241-6.
- **Duke AJ (2002)**. Handbook of Medicinal Plants. **2nd ed**. *CRC Press* (Boca Raton, Florida), 717.
- **Durand JH**.*Les sols irrigables*. Presses universitaires deFrance Paris, 1983 ; 322 p.
- **Durande J.H.,1958** : Les sols irrigables. Etude pédologique. Alger .190p.
- **Dutoit T.,1996** : Dynamique et gestion des pelouses calcaires de Haute-Normandie. France : publication Universitaire de Rouen. 220p
- **Dutuit P., 1999-** étude de la diversité biologique de l’*Atriplexhalimus* pour le repérage in G.B.B.V.-D.S.N.V.- I.T.G.C., Univ. Mentouri, Constantine: 98-99.
- **Garcia-Fayos,P et Gasque, M. 2003**. La dormance des graines et la longévité *tenacissima* L. *Ecologie de la plante*. vol. 168, Espagne, p.279-290.

Références bibliographiques

- **Ghassimi F, Jakeman AJ, Nix HA.** *Salinisation of land and water resources : human causes, extent, management and case studies.* CAB International, Canberra Australia. 1995; 544 p.
- **Girard, p., prost, j., Bassereau, P.2005.** passive or active fluctuation in membranes containing proteins phys.60-64pp.
- **Haddoui, A et Bouda, S. 2011.** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces de genre *Atriplex*. *Nature & Technologie* juin, n 5 p.72-79.
- **Halitim A.** *Sols des régions arides.* OPU Alger, 1988 ; 384 p.
- **Halitim. A, 1985 :** Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes plaines steppiques d'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse de doctorat d'état, Université de Renne, 383p
- **Idrissi Hassani, I.m. 2000.** *Contribution à l'étude phytochimique du harmel Peganum harmala L. (Zygophyllaceae) et étude de ses effets sur la reproduction et le développement du criquet pèlerin Schistocerca gregaria Forsk.* Thèse Doctorat d'Etat. Université Ibn Zohr, Agadir, 214 pp.
- **Iptrid. (2006):** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation. P2, 11.
- **Jabnoute M., 2008-** adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.
- **Jendoubi S. (1997).** Contribution à la caractérisation physiologique et biochimique de parois racinaires.
- **Lasram M., 1995 :** Comportement des plantes en milieu salé et placé en pourtour méditerranéen A.C.R. AcadAgric 81(02) 47-60pp
- **Lemee G., 1978-** Précis d'écologie végétale. Masson, Paris : 131- 132
- **Luttgeu., klugem., Bauer g., 2002-** Botanique. 3ème édition, Tec et Doc- Lavoisier, Paris: 439- 450
- **Mahmoudian M, Jalilpour H, & Salehian P (2002).** Toxicity of *Peganum harmala*: Review and a Case Report *.Iranian Journal of Pharmacology, 1:* 1-4.
- **Maillard J. (2001):** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International. Novembre 2001. 35p
- **Maire, 1933; Chopra et al., 1960; Ozenda, 1991, in, Bouziane Nawel 2012 :** Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

Références bibliographiques

(Euphorbiaceae) et de *Peganumharmala* L.(Zygophyllaceae) récoltés au Sahara Septentrional Est algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria*,18p.

- **Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A. (2001):** Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J.Plant Nutr.*24, 599–612.
- **Mermoud A., 2006** -Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole Na⁺/K⁺ chez six cultivars de blé dur. IIIème Journées scientifiques sur le blé. 11-12-1 Février
- **Mrichali Mzé, A. 2008** *Etude de la physiologie de germination des semences de Brssim*. Mémoire d'ingénieur : Ecole supérieure d'Agriculture de Mograne (Tunisie). 31p.
- **Parida A.K., Das A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review.*Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp. 324-349. polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p Pp.267-270.
- **Raju, K. P., Desai, J. N., Chandrasekhar, T., Ashok, N. M. 1993:** Precursors, arginine, ornithine, or methionine in ameliorating the inhibitory effect of NaCl on wheat plant. *Egyptian J. Biotechnol.* 9: 328-340.
- **Redatazi, m., berrichi, a., haloui, b.2001.**germination et croissance in vitro de l'arganier (*arganiaspinosa* l. skeels) des beni-snasses (maroc oriental) à différentes concentrations en nacl. Vol.21.maroc.163-168pp.
- **Seman, J.2004.** Mécanisme de la tolérance au sel chez les halophytes : les plantes résistantes à la salinité peut être améliorées ? la suisse. 11p.
- **Site web ,2016** [http// www.Laghouat-dz.org](http://www.Laghouat-dz.org) **Szablocs I., 1989 :**Salt-affected Soils CRC press Inc., Florida, 274p.**The Angiosperm Phylogeny Group (2009).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **161:** 105-121.
- **Wang Y., Nil N. (2000):.** Changes in chlorophyll, ribulosebiphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betain content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 75, 623–627.
- **WYN JONES G., GOUSTON H., 1991:** Complettement a ryor conflicting approaches to Salinity DDU.Bulletin N° 23: 7-9.

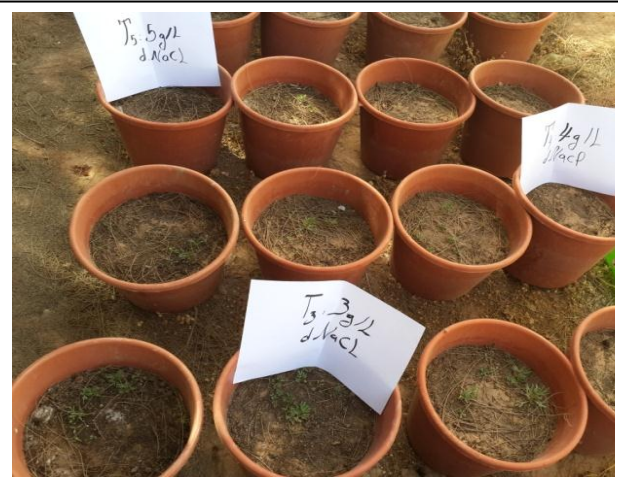
Références bibliographiques

- **Yousefi R, Ghaffarifar F, & Dalimi AA (2009).** The Effect of *Alkannatincturia* and *Peganumharmala* Extracts on *Leishmania major* (MRHO/IR/75/ER) *in vitro*. *Iranian Journal of Parasitology*, **4**: 40-47.*

Annexe



(A) l'effet de NaCl (T₀ a T₂)



(B) l'effet de NaCl (T₃ a T₄)



(C) l'effet de NaCl (T₅ a T₇)



(D) l'effet de NaCl (T₈ a T₁₀)



(E) l'effet de NaCl (T₀ a T₃)



(F) l'effet de NaCl (T₃ a T₅)

(G) l'effet de NaCl (T₈ a T₁₀)(H) l'effet de NaCl (T₆ a T₈)

Figure18 : l'effet des dose croissantes de NaCl sur la capacité de germination des semences de *Pganum harmala L.*

Tableau 13 : Analyse de variance de l'interaction (temps/NaCl) :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var Totale	44546,000	351	126,912		
Var. Facteur 1	7731,545	7	1104,506	318,677	0,000
Var. Facteur 2	22130,000	10	2213,000	638,505	0,000
Var. Inter F1*2	13769,455	70	196,706	56,755	0,000
VAR. Résiduelle 1	915,000	264	3,466		

Tableau 14 : Analyse de variance pour le taux final de germination :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var Totale	12932,909	43	300,765		
Var .Facteur 1	12471,909	10	1247,191	89,278	0,000
Var. Résiduelle 1	461,000	33	13,970		

Tableau 15 : Indicateurs de la variation taux final de germination

	Valeur
Moyenne générale	12,455
Ecart type résiduel	3,738
Coef. variation %	30,010

