

## ÉTUDE COMPARATIVE DES EFFETS DU NaCl SUR LA GERMINATION DES GRAINES DE *PEGANUM HARMALA* L. DE DEUX ORIGINES DIFFÉRENTES

SARIDI Abdelkader<sup>1,2\*</sup>, OUINTEN Mohamed<sup>2</sup> et YOUSFI Mohamed<sup>2</sup>

1. Département d'Agronomie – Université Kasdi Merbah, Ouargla-Algérie

2. Laboratoire des Sciences Fondamentales -Université Amar Telidji, Laghouat- -Algérie

Reçu le 21/01/2023, Révisé le 03/06/2023, Accepté le 05/06/2023

### Résumé

**Description du sujet :** La salinité accrue des terres agricoles nous pousse à rechercher de nouvelles ressources pour répondre à divers besoins humanitaires en matière de nourriture, de fourrage et de plantes médicinales résistant à ces contraintes.

**Objectifs :** Cette étude a pour but d'évaluer le comportement germinatif de *Peganum harmala* L. issue de deux origines géographiques «Hadjer El Melh (Djelfa) " OS " et jardin oasisien (Laghouat) " ONS" » vis à vis des effets de NaCl.

**Méthodes :** L'expérimentation a été rétablie en deux essais, la première *in vitro* sur boîte Pétri. La deuxième par le semis direct en sol, irrigué par différentes concentrations de NaCl.

**Résultats :** Les résultats montrent que l'origine des graines influe sur la faculté germinative ; 46,5% pour la région de Djelfa et 70% pour la région de Laghouat. Aussi, le délai de germination est sous l'influence négative de la salinité. Il atteint le niveau de blocage total à partir de 8 g/l. De plus, le taux de germination est en relation régressive avec la quantité de NaCl. Il atteint un niveau très faible (5%) au-delà de 5g/l et devient nul à partir de 8g/l.

**Conclusion :** Ces résultats sont importants pour élaborer un seuil de tolérance à la salinité, afin de délimiter les terrains ou les eaux d'irrigation à retenir pour la mise en valeur des zones arides.

**Mots clés :** Germination, origine géographique, *Peganum harmala* L. , salinité, NaCl

## COMPARATIVE STUDY OF THE EFFECTS OF NaCl ON THE GERMINATION OF *PEGANUM HARMALA* L. SEEDS FROM TWO DIFFERENT ORIGINS

### Abstract

**Description of the subject:** The increased salinity of agricultural land is prompting us to seek new resources to meet various humanitarian needs for food, fodder and medicinal plants resistant to these constraints.

**Objectives:** This study comes to evaluate the germinative behavior of *Peganum harmala* L. from two geographical origins "Hadjer El Melh (Djelfa) " OS " and oasis garden (Laghouat) 'ONS' " vis-à-vis the effects of NaCl.

**Methods:** The experiment was restored in two trials, the first *in vitro* on Petri box. The second by direct seedling in soil, irrigated by different concentration of NaCl

**Results:** The results show that the origin of the seeds influences the germination; 46.5% for Djelfa and 70% for Laghouat. Also, the germination time is under the negative influence of salinity. It reaches the total blocking level from 8 g/l. In addition, the germination rate is regressive with the amount of NaCl. It reaches a very low level (5%) beyond 5g/l and becomes zero from 8g/l.

**Conclusion:** These results are important for developing a salinity tolerance threshold to delineate land or irrigation water for dryland development.

**Keywords:** Germination, geographical origin, *Peganum harmala* L. , salinity, NaCl

\*Auteur correspondant : SARIDI Abdelkader, E-mail : saridi\_dz@yahoo.fr

## INTRODUCTION

La salinité du sol est l'une des principales contraintes environnementales qui limitent la production végétale dans les régions arides. Elle est souvent associée à la sécheresse. Elle entraîne une réduction des surfaces cultivables, avec près de 10% de la surface terrestre totale, soit 954 Mha recouverts de sols, sont touchés par le sel [1]. Dans le monde entier, des milliards de dollars sont perdus chaque année à cause de l'effet du sel. Environ 5 millions d'acres en perte de productivité, en raison de la salinité, chaque année [2]. Cette situation mondiale a poussé certains auteurs [2 - 5] à déclarer que le siècle actuel sera probablement le siècle de l'expansion de l'agriculture halophyte ; ce qui pourrait représenter des milliards de dollars gagnés, grâce à de nouvelles cultures qui tolèrent le sel, et qui seront une source potentielle d'oléagineux, d'aliments, de fourrage et autres. Cela peut inclure de nombreuses régions du monde, en particulier l'Australie, l'Asie centrale, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord [2]. Afin de développer de nouvelles cultures adaptées à de nombreux climats, sols et besoins différents de l'humanité, une liste de 1861 espèces halophytes et tolérantes au sel a été dressée. Ces espèces sont réparties sur 139 familles et 636 genres [2].

La tolérance à la présence des sels, tel que le chlorure de sodium (NaCl), est alors une qualité largement recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique afin d'élargir leur culture dans ces régions [6]. Cependant, il existe peu d'informations sur la tolérance au sel pendant la germination des graines [3]. Le stade de semis est un stade vulnérable du développement des plantes. En particulier dans les déserts, la germination des graines, nouvellement produites, est généralement empêchée en raison de conditions climatiques défavorables (sécheresse et températures extrêmes) qui prévalent après la dispersion des graines [7, 8]. En outre, *Peganum harmala* est une plante vivace atteignant 50 cm de haut [9]. Elle pousse dans les sols salins des régions semi-désertiques [10].

Elle se caractérise par une large diffusion géographique où elle pousse spontanément dans les régions aux caractéristiques climatiques difficiles [11]. En Algérie, cette plante est très commune dans les Hauts-plateaux et dans le Sahara septentrional [9] ainsi que dans le secteur oranais et le secteur de l'atlas saharien [12]. Il ressort des différentes références bibliographiques que la plante *Peganum harmala* est connue depuis l'Antiquité. Elle a été utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de nombreux troubles de santé [13]. Elle est utilisée en fumigation, en décoction ou en pommade [14], pour ses effets sur le système nerveux central et le système cardiovasculaire [15]. Elle est, aussi, utilisée comme narcotiques, antihelminthiques, antispasmodiques et dans certains cas contre les rhumatismes et l'asthme [16, 17] ; également été utilisé pour la magie et l'avortement [13]. En plus, les études actuelles montrent des activités très importantes que ce soit antifongique [18 ; 19 et 20], antibactérienne, antivirale [19] ou antioxydant [21, 22]. Aussi, elle peut être utilisée comme insecticide [23, 24]. Compte tenu de l'importance de la phase germinative, des semences dans le déroulement des stades ultérieurs du développement de toute espèce végétale, notamment en zone aride, il s'avère indispensable d'étudier le comportement germinatif et d'évaluer la tolérance aux sels. Le but de ce travail est d'effectuer une étude comparative de comportement germinatif de *Peganum harmala* sous les effets de différentes concentrations de la salinité (NaCl) et les effets d'origine des graines : "Hadjer El Melh" (Djelfa) et "jardin oasisien" (Laghouat).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérimentation a été réalisée à l'Université Amar Telidji (Laghouat). Elle a été établie en deux parties. La première en laboratoire, dans des boîtes Pétri, et la deuxième par le semis direct en sol (dans des pots), mis en plein air. Dans la réalisation de ces essais, nous avons utilisé l'eau du robinet, de composition minérale décrite dans le tableau 1.

Tableau 1 : Composition en éléments minéraux de l'eau de l'irrigation

Elément minéral	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	So <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Total
Teneurs en meq/l	0,35	11,45	6,68	11,55	0,01	20,87	5,60	2,93	0	59,39

Les concentrations en NaCl retenus 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 et 10 g/l. Ces concentrations correspondent

relativement aux traitements suivants : T<sub>0</sub> (témoin), T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub> et T<sub>10</sub>. Ces solutions sont préparées par l'eau de robinet en ajoutant une quantité précise de NaCl (tableau 2).

Tableau 2 : les paramètres physiques et chimiques de différentes solutions

Traitements	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>
NaCl (g/l)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CE (ms/cm)	1,2	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	7,9	7,92	7,94	7,95	7,97	7,98	7,99	7,99

### 1. Premier essai

Le matériel végétal utilisé dans cet essai sont des graines de Harmel (*Peganum harmala* L.), prélevées de deux sites différents : le jardin oasisien de Laghouat, site non salin (CE = 868 $\mu$ s/cm), et Hadjer El Melh wilaya de Djelfa, site de sol salin (CE = 7,30 ms/cm). Cette expérimentation a été menée dans un dispositif de type randomisation totale avec deux facteurs étudiés. Le premier facteur correspond à l'origine géographique des graines, et qui se compose de deux niveaux (les graines d'origine non saline provenant du site de Laghouat « ONS » et les graines d'origine salée provenant du site de Djelfa « OS »). Le second facteur concerne les doses de salinité (NaCl), constituées de six niveaux, de 0 g/l à 5 g/l, avec un taux de graduation de 1 g ; soit 12 traitements. Chaque traitement est réalisé en quatre répétitions ; soit 48 unités expérimentales. L'expérimentation a été conduite en laboratoire, par le semis dans des boîtes de Petri, en raison de 25 gaines chacune, incubées à l'étuve (25°C). Les graines germées sont dénombrées quotidiennement. Pour le premier essai, les graines sont considérées germées dès l'apparition des feuilles cotylédonaire au-dessus du sol. Pour le deuxième essai les gaines germées sont comptées en fonction de la sortie de la radicule. Pour l'analyse statistique des résultats obtenus, nous avons utilisé le logiciel STATBOX version 7.2. Nous avons calculé la variance à un seul facteur et à deux facteurs par le test de Fisher-Snedecor, au seuil de risque 5%. Nous avons effectué la comparaison multiple des moyennes, par

le test de Newman et Keuls, pour l'identification des groupements homogènes.

### 2. Deuxième essai

L'expérimentation a été conduite en plein air, par le semis direct dans des pots de 5 litres, rempli d'un mélange de sol et de terreau (2V/V). Le dispositif expérimental est en randomisation totale, à un seul facteur. Il comprend 11 traitements (T<sub>0</sub>, le témoin, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub> et T<sub>10</sub>), avec 4 répétitions ; soit 44 unités expérimentales contenant chacune 100 graines (Figure 2). Les graines utilisées dans cet essai ont été prélevées de zones non salines, "jardin oasisien" à Laghouat (CE=868 $\mu$ s/cm). Nous notons que l'expérimentation a duré 40 jours, sous des températures variant entre 16 et 23°C.

## RÉSULTATS

### 1. Effet de l'origine des graines sur la germination en milieu salin

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet très hautement significatif ( $p=0,0001$ ) de l'origine des graines sur la faculté germinative. Les résultats ci-dessous (tableau 3) dévoilent que les graines de l'origine non saline « ONS » présentent une faculté germinative plus élevée (70,00%) que celles de l'origine saline « OS » (46,50%). Cela aboutit à les classées en deux groupement homogène différents (a et b). Il en résulte qu'ils sont classés en deux groupes homogènes différents (a et b).

Tableau 3 : L'effet de l'origine des graines sur la capacité germinative

	ONS	OS
Pourcentage de germination	70,00% ± 13,41 <sup>a</sup>	46,50% ± 12,76 <sup>b</sup>

## 2. Effet de la salinité sur le délai de germination

Les données de l'analyse de la variance enregistrées durant la période expérimentale (40 jours) ont révélé une différence très hautement significative pour les traitements, pour le temps de germination ainsi que pour l'interaction entre ces facteurs ( $p=0,0001$ ). L'étude des résultats présentée dans le tableau 4 permet de noter que le délai de germination

le plus court est de 15 jours, dans le traitement de T0 (témoin). Les traitements T1, T2, T3 et T4 ont germé à partir du 20ème jour, le traitement T5 au 22ème jour, T6 au 24ème jour puis T7 et T8 au 35ème jour. Cependant, il n'y a eu aucune germination dans les traitements T9 et T10. Ainsi, ces résultats mettent en évidence la relation entre la concentration de chlorure de sodium et le temps nécessaire à la germination.

Tableau 4 : les délais et les taux de germination en semis direct

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
15j	3,00±0,82										
20j	5,75±1,7	4,25±2,22	2,5±1,29	1,75±0,96	1,00±0,82						
22j	8,5±1,29	7,00±1,83	3,75±0,96	2,50±1,29	1,50±1,00	0,25±0,50					
24j	10,00±1,83	11,25±1,26	7,25±1,26	4,50±1,29	2,75±1,70	0,75±0,96	0,25±0,50				
35j	47,25±3,40	27,5±4,43	19,5±3,70	15,75±2,63	8,50±1,92	2,25±2,87	1,50±1,29	0,75±0,50	0,50±1,0		

## 3. Taux de germination

L'analyse de la variance indique une différence très hautement significative ( $p=0,0001$ ) entre les doses de salinité testées. Le contrôle (T0) présente la capacité de germination la plus élevée (56% ±8,04).

Les valeurs pour les traitements T1, T2, T3 et T4 sont, relativement, plus faible et diminuent, progressivement, et de T5 à T10, la germination ne dépasse plus les 5% ( $p \leq 5\%$ ) (Figure 1).

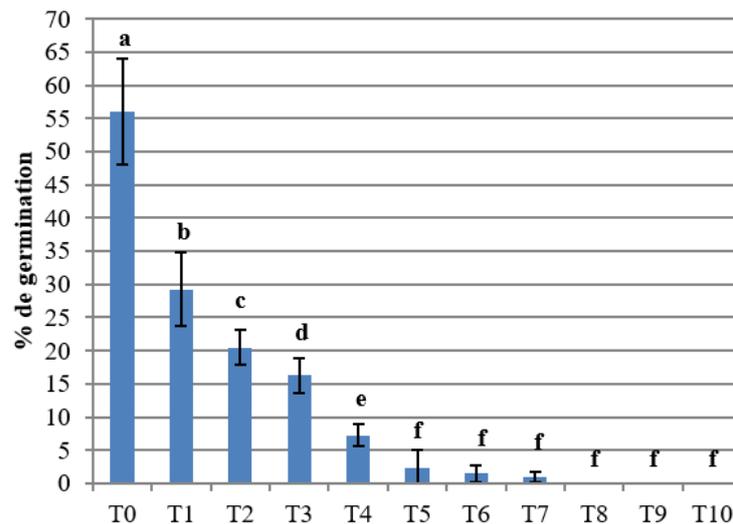


Figure 1 : taux de germination en fonction de la dose en NaCl en semis direct

Dans le test de germination en laboratoire nous avons enregistré des valeurs plus élevées au niveau du témoin et T1 (78,50 et 75,50%, respectivement), suivies par celles des traitements T2, T3 et T4, comme illustré dans la figure 2. La valeur la plus faible est obtenue pour T5 (32,00%).

Ces données suggèrent qu'il y a un effet très prononcé de l'augmentation de la concentration de salinité sur la germination des graines. La régression du pourcentage de germination est, probablement, en relation inversée avec l'augmentation de la salinité.

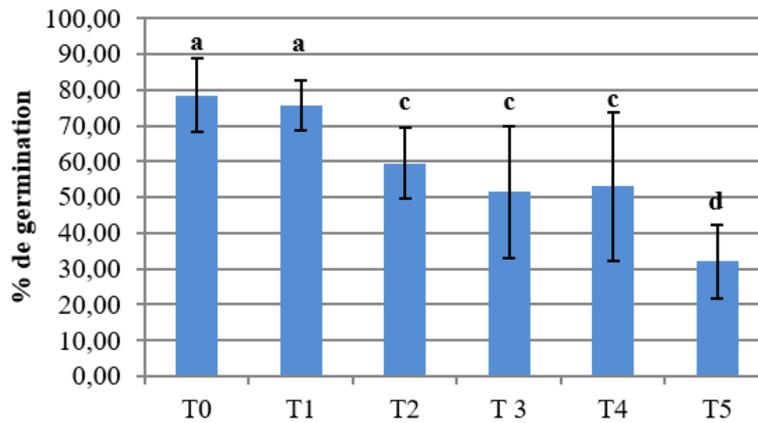


Figure 2 : L'effet de la concentration de NaCl sur la germinative *in vitro*

## DISCUSSION

Concernant l'effet de l'origine de la graine (*Peganum harmala* L.) sur le taux de germination, et à la lumière de nos résultats, nous pouvons dire, d'un côté, que les graines d'origine non saline « ONS » possèdent la capacité germinative la plus élevée (70 %) par rapport à celle de la région saline « OS » (46,50 %). Ce résultat concorde avec les travaux de NISA-MEHRUN *et al.*, [7], qui affirment que la libération de la dormance des graines dépend de l'origine géographique de l'espèce végétale, du moment de la production des graines et des conditions particulières auxquelles la plante est exposée au cours de son cycle de vie. Dans une étude, ZIA et KHAN [25] déclarent que la germination est très ponctuelle, en raison du type de saisonnalité subtropical de la région. En plus, ceci peut s'expliquer par le polymorphisme qu'est un phénomène courant dans un certain nombre de taxons halophytes [3]. Ce polymorphisme des graines peut permettre aux halophytes de s'adapter à divers environnements difficiles et imprévisibles. Il améliore également les chances d'établissement et de survie des semis dans un environnement salin [26].

En ce qui concerne l'étude de la cinétique de germination, nous avons constaté un retard de germination dû à la forte salinité. Ces résultats sont identiques à des études ayant indiqué que les graines des halophytes et même des glycophytes répondent de la même manière au stress salin, en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination [27, 28]. Dans ce sens, ZIA et KHAN [25] ont montré que la variance temporelle de la salinité du sol, des régimes de température et de l'humidité du sol explique une partie

importante du moment de la germination. Ces résultats sont identiques à ceux d'ANNOU *et al.* [29] et BABA SIDI-KACI [30], qui expliquent que ce retard correspondrait au temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. Aussi, Ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine [31]. Egalement, GILL *et al.*, [32] déclarent que le stress salin pénalise clairement la vitesse de germination dans les différentes concentrations salines. Il pourrait s'agir d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé, entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et, par conséquent, un retard de la germination de la graine. Les résultats du taux de germination sont corroborés par ceux obtenus par plusieurs auteurs [28, 30, 33]. Ils ont indiqué que les graines de la plupart des halophytes atteignent leur germinative maximale dans l'eau distillée. En revanche, la diminution du taux de germination à des niveaux inacceptables, proportionnellement avec l'augmentation de la concentration en sel (au-delà de 4 g/l de NaCl, pour *Peganum harmala* L.), est confirmé par plusieurs auteurs ayant étudié la germination des semences [4 ; 8 ; 25 ; 28 ; 33 ; 34 et 35]. Ils rapportent que les graines germent mieux en absence de NaCl ou en milieu à faible concentration.

En effet, selon le degré de la salinité dans le milieu, les glycophytes, en particulier, sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique [36], biochimique [37] et minéral [38].

Pour cela, on peut constater que le sel affecte la germination et perturbe, également, les systèmes enzymatiques impliqués dans diverses fonctions physiologiques de la graine en germination telle que la diminution de l'activité de polyphénol oxydase et amylase [39]. On peut constater, ainsi, que l'effet du NaCl peut s'exercer sur l'activité enzymatique, elle-même, comme sur le transport des produits de l'hydrolyse des réserves vers l'embryon [40]. Pour les traitements T8, T9 et T10, nous pouvons expliquer cette inaptitude à germer, par l'action toxique inhibitrice du NaCl. Dans des conditions expérimentales similaires aux nôtres, BLISS *et al.* [41] déclarent que cet 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. Selon KHAN et GUL [8], la germination des halophytes pourrait être inhibée dans des conditions salines, en raison : i) d'une inhibition complète du processus de germination à des salinités au-delà de la limite de tolérance de l'espèce, ii) d'un retard de la germination des graines à des salinités qui causent un certain stress aux graines mais n'empêchent pas la germination, iii) de la perte de viabilité des graines, en raison de la salinité et de la température élevée, iv) de la perturbation de l'équilibre du régulateur de croissance dans l'embryon pour empêcher l'initiation réussie du processus de germination. Il existe une grande variabilité dans la réponse des halophytes à l'augmentation des contraintes de la salinité, de l'humidité, de la lumière et de la température et à leurs interactions. Ces effets peuvent être expliqués par une limitation de la diffusion d'une quantité d'eau, nécessaire au déclenchement du processus de germination à l'intérieur des graines, en présence des concentrations élevées en chlorure de sodium [42 ; 43]. 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 [44]. Indépendamment, la diminution du taux de germination correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe,

ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines, et/ou bien à une accumulation des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  dans l'embryon [29]. Cette accumulation cellulaire de sels provoque des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination [45]. D'une manière plus détaillée, la forte concentration du sol en  $\text{Na}^+$  et le faible potentiel membranaire des cellules racinaires des plantes favorise le passage passif des ions  $\text{Na}^+$  du sol vers la racine, par le biais de Canaux Cationiques Non Sélectifs (CCNS). L'efflux des ions  $\text{Na}^+$  est actif et nécessite des antiports spécifiques  $\text{Na}/\text{H}^+$ , notamment de type SOS1 [46]. Au niveau cellulaire, la salinité affecte le développement, en induisant deux types de stress. Le premier est un stress osmotique causé par la dissolution des ions  $\text{Na}^+$  dans le sol entraînant une diminution de l'eau disponible pour la plante, Ceci cause un déficit hydrique (le deuxième stress) au niveau de la racine. Ce déficit est transmis rapidement à la partie aérienne, conduisant à une diminution de la turgescence des cellules [47]. Chez les plantes sensibles au NaCl, le sel s'accumule dans les racines puis exclu des feuilles. ces plantes sont dites « exclure », A l'inverse, les plantes tolérantes le NaCl, sont dites « inclure » car elles ont en général des feuilles plus chargées en  $\text{Na}^+$  que les racines, lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel [48]. De plus, une plante cultivée dans un sol riche en sel doit faire face à la pénétration du NaCl dans ses tissus. Il est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires. Les ions chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) et sodium ( $\text{Na}^+$ ) pénètrent via les racines, transportés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là ils se trouvent soit i) stockés, dans la plante de type inclure, où les feuilles, les tiges et les racines sont riches en  $\text{Na}^+$ . Leur mécanisme de tolérance au sel est dû à la compartimentation des ions toxiques, en particulier l'ion sodium dans la vacuole ; ii) soit, au contraire, ils sont très peu retenus dans leurs feuilles (plantes de type exclure), et cette accumulation décroît selon la séquence racines-tiges-feuilles, et ces ions sont alors revéhiculés par la sève phloémique jusqu'aux racines [49].

En outre, PARADO [50] a déclaré que la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin, comme celui de nos conditions expérimentation, 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. Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance. Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique qui joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à la contrainte [51]. D'une manière générale, ces résultats peuvent s'expliquer par le faible contrôle du statut hydrique [52]. Ainsi, les graines de nombreux halophytes restent dormantes en raison de faibles potentiels hydriques [53]. Par ailleurs, une forte pression osmotique de la solution du sol ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination [54] Tel que la synthèse enzymatique [55] et le métabolisme hormonal [56]. Cet effet toxique qui 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 [41].

## CONCLUSION

Ce travail montre que le stress salin exerce, chez les graines de *Peganum harmala* L., de deux origines testées, un effet dépressif sur le pourcentage de germination. Le degré d'affection dépend de la concentration de NaCl et de l'origine géographique des graines. En effet, nous avons montré que dans nos conditions expérimentales, le pourcentage de germination est plus faible chez les gaines issues d'un milieu salin (46,5% à Djelfa) par rapport à celle qui sont prélevée d'un milieu non salin (78,5% à Laghouat). De plus, cette faculté germinative varie régressivement avec la concentration de NaCl ; *in vitro* comme *in vivo* le taux de germination est plus élevé chez les faibles concentration (0 à 1 g/l), acceptable pour des concentrations allant de 2 à 4g/l, et très faible au-delà de 5g/l ; elles deviennent nulles au-delà de 8g/l. Nous avons constaté que le délai de germination augmente progressivement avec la concentration de NaCl. Il varie de quelques jours pour les faibles concentrations jusqu'au plus d'un mois

pour des concentrations supérieures à 7g/l. Ces résultats préliminaires sont des marqueurs importants permettant de déchiffrer, davantage, l'influence du stress salin sur le comportement germinatif des graines de *Peganum harmala* L. Cela permettrait d'élaborer un seuil de tolérance à la salinité, qui ne doit pas dépasser 4 g/l de NaCl ; critère important dans le choix des terrains ou des eaux d'irrigation à retenir dans un programme de mise en valeur des zones arides.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] MARCUM K.B. (2006). Use of saline and non-potable water in the turfgrass industry: constraints and developments. *Agri. Water Manag.*, 80, 132-146.
- [2] YENSEN N. P. (2008). Halophyte uses for the twenty-first century, in. *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*. Ed. Springer. the Netherlands. M. AJMAL KHAN and DARRELL J. WEBER( edits),pp367-396.
- [3] LI, W., AN, P., LIU, X., KHAN, M.A., TSUJI, W. and TANAKA, K. (2008). The effect of light, temperature and bracteoles on germination of polymorphic seeds of *Atriplex centralasiatica* Iljin under saline conditions. *Seed Sci. & Technol.*, 36, 325-338
- [4] ABDUL, H., MUHAMMAD Z. A. and KHAN A. M. (2006). Comparative effects of NaCl and seasalt on seed germination of coastal halophytes. *Pak. J. Bot.*, 38(5): 1605-1612.
- [5] LACHIHEB K., NEFATI M. et ZID E. (2004). Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale, in : *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. CIHEAM. Zaragoza. (Cahiers Options Méditerranéennes; n° 62 : 89 -93
- [6] MARANIM., DA LIO C. and D'ALPAOS, A. (2013). Végétation engineers marsh morphology through multiple competing stable states. *PNAS*. 110 (9) 3259-3263
- [7] NISA-MEHRUN, KHAN, M.A. and WEBER, D.J. (2007). Dormancy, germination and viability of *Salsola imbricata* seeds in relation to light, temperature and salinity. *Seed Sci. & Technol.*, 35, 595-606
- [8] KHAN, A. M. and GUL, B. (2008). Halophyte seed germination, in. *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*. Ed. Springer. the Netherlands. M. AJMAL KHAN and DARRELL J. WEBER( edits),pp 11-30.
- [9] OZENDA, P. (1991). Flore et végétation du Sahara. 3<sup>ème</sup> ed, Ed CNRS, Paris, 662 p.
- [10] LAROUSSE. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. 2<sup>ème</sup> ed. Ed. Larousse-Bordas.335p
- [11] KUBITZKI K. (2011). The families and genera of vascular plants. DIO. Germany. Vol. X(5): 417-431.
- [12] QUEZEL, P., SANTA, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome1. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris. 565p.

- [13] BRUNETON J. (1999). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> ed. Ed. Tec & Doc. Lavoisier. France. 1120p.
- [14] CHEHMA, A. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Ed. eco-sys. Université Kasdi Merbah, Ouargla. 141p.
- [15] ARMIN M. S., SULTAN-AHMAD E., MASSOUD M. (2002). An in vitro evaluation of human DNA topoisomerase I inhibition by *Peganum harmala* L. seeds extract and Its  $\beta$ -carboline alkaloids. J Pharm Pharmaceut Sci. 5(1):19-23
- [16] SIDDIQUI, S., KHAN O.Y., FAIZI, S. and SIDDIQUI, B. S. (1988). Studies in the chemical constituents of the seeds of *Peganum harmala*: Isolation and structure elucidation of two  $\beta$ -carbolinelactams, harmalanine and harmalacidine. Heterocycles, 27, 1401-1410.
- [17] BELLAKHDAR, J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Saint Etienne, 764
- [18] AMEZIANE, N., BOUBAKER, H., BOUDYACH, H., MSANDA, F., JILAL, A., AIT, and BENAOUMAR. A. (2007). Antifungal activity of Moroccan plants against citrus fruit pathogens. Agron. Sustain. Dev. 27:273–277.
- [19] EDZIRI, H., MASTOURI, M., MATIEU, M., ZINE M., GUTMAN, L. and AOUNI M. (2010). Biological activities of *Peganum harmala* leaves. African Journal of Biotechnology Vol. 9(48), 8199-8205.
- [20] HASHEM, M. (2011). Antifungal properties of crude extracts of five egyptian medicinal plants against dermatophytes and emerging fungi. Mycopathologia. 172:37–46
- [21] ASTULLA, A., ZAIMA, K., MATSUNO, Y., HIRASAWA, Y., EKASARI, W., WIDYAWARUYANTI, A., ZAINI N, C. and MORITA, H. (2008). Alkaloids from the seeds of *Peganum harmala* showing antiplasmodial and vasorelaxant activities. J Nat Med. 62:470–472
- [22] MAHMOUDIAN, M., JALILPOUR, H. and SALEHIAN, P. (2002). Toxicity of Peganum harmala: Review and a Case Report. Iranian Journal of Pharmacology & Therapeutics. 1(1): 1-4
- [23] IDRISSE HASSANI L. M et 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, vol. 19, 71-84,
- [24] ABBASSI, K., MERGAOUL, L., ATAY, Z, KADIRI, STAMBOULI. A et GHAOUT. S ; (2003) : Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). Zool. baetica, vol.13/14: 203-217,
- [25] ZIA S. and KHAN, AJMAL. M (2002). Comparative effect of NaCl and seawater on seed germination of *Limonium stocksii*. Pak. J. Bot., 34(4): 345-350.
- [26] NISAR, F., GUL, B., KHAN, AJMAL M. and HAMEED. A (2019). Germination and recovery responses of heteromorphic seeds of two co-occurring *Arthrocnemum* species to salinity, temperature and light. South African Journal of Botany. 121: 143–151
- [27] REDA TAZI, M., BERRICHI, A., et HALOUI, B. (2001). Germination et croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. Maroc. Vol.21 :163-168.
- [28] BOUDA, S. et HADDIOUI A.M. (2011). Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Nature & Technologie. 05 : 72-79
- [29] ANNOU, G., et OULD EL-HADJ KHELIL, A. (2012). Mécanismes adaptatifs de l'halophyte *Spontanea sueada mollis* sous deux régimes hydriques différents de la région de Ouargla. Annales des sciences et technologie. Algérie. Vol. 4, N° 1.9-17
- [30] BABA SIDI-KACI S. (2020). Facteurs impliqués dans la germination et la levée des mauvaises herbes dans quelques agrosystèmes de la région de Ouargla. These de Doctorat, Université Kasdi Merbah – Ouargla. 117p
- [31] BOTIA P., CARVAJAL M., CERDA A., et MARTINEZ V. (1998). Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. Agronomie 18: 503-513.
- [32] Gill P. K., Sharma A. D., Singh P. and Bhullar S. S. (2003). Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. Plant Growth Regulation. 40:157–162.
- [33] ZIDANE-DJERROUDI, O. (2017). Caractérisation morpho-physiologique d'une halophyte, atriplex, aux conditions arides. These Doc. Université d'Oran. 80p
- [34] HAMMOUDA A. M. and BAKR Z. Y. (1969). Some aspects of germination of desert seeds. Phytion (Austria). Vol.13, Fasc. 3-4. 183-201.
- [35] ZAHEER, A. M. and KHAN, A. M. (2010). Tolerance and recovery responses of playa halophytes to light, salinity and temperature stresses during seed germination. Flora 205: 764–771
- [36] BEN NACEUR, M., RAHMOUNE C., SDRI, H., MEDDAHI, M. et SELMI, M. (2001). Effet de stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sècheresse. 12 :167-174
- [37] GRENNAN, A.K (2006). High impact abiotic stress in rice. An "Omic" Approach; Plant Physiology. Vol. 140, pp. 1139–1141.
- [38] BAJJI M., KINET J-M and LUTTS S. (2002). Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). Canadian Journal of Botany. 80 :297–304
- [39] KHEMIRI, H., BELGOUTH, H., JRIDI, T., BEN EL ARBI, M. et BEN HAMIDA, J. (2004). Caractérisation biochimique d'une amylase active au cours du processus germinatif des graines de Colza (*Brassica napus* L.). Congrès International de Biochimie, Marrakech. 146-149pp
- [40] GROOME, M-C., AXLER, S et GFFORD, D-J. (1991). L'hydrolyse des réserves de lipides et de protéines dans les graines de pin à encens en ce qui concerne la configuration des protéines par électrophorèse après imbibition. *Plant Physiol*, Vol. 83, p. 99-106.

- [41] **BLISS, R-D., PLATT-ALORIA, K-A. et THOMSON, W-W. (1986).** Sensibilité osmotique par rapport à la sensibilité à la germination des graines d'orge. *Plant Cell and Environment*, vol. 9, 721-725.
- [42] **PUJOL, J-A., CALVO, J. et RAMIREZ-DIAZ L. (2000).** Récupération de la germination par quatre halophytes sous différentes conditions osmotiques du sud Est de l'Espagne. *Annale Botanique*, Vol.85, 279-286.
- [43] **GOMES, F-E., PRISCO, J-T., CAMPOS, F-A-P et FILHO, E-J. (1983).** Effets de la salinité NaCl in vivo et in vitro l'activité ribonucléase des cotylédons *Vigna unguiculata* cours de la germination. *Physiologie de la Plante*. Vol.59, p.183-188.
- [44] **DEBEZ, A., CHAIBI, W. et BOUZID, S. (2001).** Effet du NaCl et de régulateurs de croissances sur la germination d'*Atriplex halimus* L. : *Cahier d'étude et de recherches francophones*, vol.10, n°.2 : Campus Universitaire (Tunisie). 78-85.
- [45] **REJILI, M., VADEL, M. A. et NEFFAT, P. M. (2006).** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, 17.1 : 65- 78.
- [46] **SHI, H., ISHITANI, M., KIM, C. and ZHU G-K. (2000).** The Arabidopsis thaliana salt tolerance gene SOS1 encodes a putative Na<sup>+</sup> /H<sup>+</sup> antiporter. *PNAS*. Vol 97.no12. 6896-6901
- [47] **MUNNS, R. and TESTER, M. (2008).** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*. 59: 651-681.
- [48] **HAOUALA, F., FERJANI, H. and EL HADJ, S.B. (2007).** Effet de la salinité sur la répartition des cations ( Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et Ca<sup>+2</sup> ) et du chlore (Cl<sup>-</sup>) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, Agronomie, Société et en Environnement*, 11 :235-244.
- [49] **LEVIGNERON, A., LOPEZ, F., VANSUYT, G., BERTHOMIEU, P., FOUECROY, P. et CASSE-DELBART, F. (1995).** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*.4: 263-273
- [50] **PRADO F. E., BOERO C., GALLARDO M., and GONZALEZ J. A. (2000).** Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41: 27-34.
- [51] **MUNNS, R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant cell and environment*. 25: 239-250.
- [52] **DEBEZ, A., BEN HAMED, K., GRIGNON, C. et ABDELLY, C. (2004).** Effets de la salinité sur germination, la croissance, et la production des semences de l'halophyte *maritima* *Cakile* .*Plant Soil*, Vol.262, p179-189.
- [53] **DAVID, N, S., PAWAN, K, K., and SHER, M. (2001).** Biology and Physiology of Saline Plants, in: handbook of plant and crop physiology. 2<sup>nd</sup> ed. Marcel Dekker, Inc. New York. PESSARAKLI, M. (Edit). pp563-581
- [54] **HAJLAOUI M, DENDEN. BOUSLAM A, 2007** : Etude de la variabilité intra spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*ciceraietinum* L.) au stade de germination. *TROPICULTURA*, 35, 3. pp168-173.
- [55] **CALVIN C., BERNARD, B. B. and HAK-YOON JU. (2001).** Germination and emergence, in: handbook of plant and crop physiology. 2<sup>nd</sup> ed. Marcel Dekker, Inc. New York. PESSARAKLI, M. (Edit). pp57-115
- [56] **WILKINSON, S. and DAVIES, W.J.(2002).** ABA-Based chemical signaling: the coordination of responses to stress in plant. *Ed. Plant, Cell and Environment*. 25:195-210.