



Effet du chlorure de sodium sur la germination de graines de *Ricinus communis* L.

Bassirou DIALLO¹, Samba Arona Ndiaye SAMBA^{2*}, Djibril SANE³ et Tahir DIOP³

¹Unité de Recherche en Culture In vitro, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Bel-Air,
BP : 3120, Dakar, Sénégal.

²École Nationale Supérieure d'Agriculture, Université de Thiès, BP: 967, Thiès, Sénégal.

³Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop,
Dakar, BP 5005, Sénégal.

*Auteur correspondant, E-mail : bathie_samba@yahoo.fr, Tél. (221) 77 652 80 21.

RESUME

Ricinus communis L (ricin) figure parmi les espèces du Programme biocarburant au Sénégal. Sa culture sur des terrains incultes (terres salées) constitue une alternative pour éviter une concurrence sur les terres à vocation agricole. C'est pourquoi le taux de germination (TG) de sept accessions de graines de ricin a été étudié pendant 15 jours sous des concentrations croissantes de NaCl (0; 20; 50; 80; 100; 150 et 200 mM). Les résultats ont montré une large variabilité de tolérance au sel au stade de la germination. Les accessions 3 et 8 ont été très sensibles avec des TG réduits seulement à la concentration 20 mM NaCl. Les accessions 1, 6 et 7 n'ont pas toléré la concentration 50 mM. L'accession 5 n'a toléré que les teneurs < 80 mM. L'accession 4 a germé dans les milieux ≤ 100 mM NaCl. Elle n'a manifesté une perte significative de TG qu'en présence de 150 mM NaCl. Elle a été la moins affectée par l'effet ralentisseur du sel sur la vitesse de germination. Ces résultats permettent de dire que le mode d'action de NaCl sur la germination est de nature osmotique et/ou toxique.

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Ricin, espèce, biocarburant, tolérance au sel, teneur en sel, Sénégal.

INTRODUCTION

Espèce oléagineuse originaire du nord-est de l'Afrique tropicale, *Ricinus communis* L. (ricin) longtemps cultivée pour son huile, s'est aujourd'hui répandue dans la plupart des régions tropicales et subtropicales sèches ainsi que dans de nombreuses régions tempérées à été chaud (Maroyi, 2007). Les graines de ricin renferment environ 45 à 60% d'huile (Caupin, 1997; Jena et Gupta, 2012) composée essentiellement de l'acide

ricinoléique traditionnellement employée en médecine et pour l'éclairage (Maroyi, 2007). L'huile est également utilisée comme lubrifiant de haute qualité et comme matière première pour de multiples usages dans différents secteurs industriels (chimique, alimentaire, cosmétique, etc.) (Caupin, 1997; Maroyi, 2007). La production annuelle mondiale de graines de ricin a atteint 1,4 millions de tonne entre 1985 et 2005 pour des surfaces cultivées d'environ 1,4 millions

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i4.10>

d'hectares (Maroyi, 2007). L'Inde est le principal pays producteur de graines de ricin, avec 60% de la production mondiale, suivie par la Chine et le Brésil. L'Éthiopie, l'Afrique du Sud, l'Angola, le Kenya et la Tanzanie sont les principaux pays producteurs en Afrique.

Au Sénégal, le ricin compte parmi les essences dont la culture est retenue pour être vulgarisée dans le cadre du Programme spécial biocarburant (PSB, 2007). Toutefois, la culture des espèces bioénergétiques présente à la fois des opportunités et des risques pour la biosécurité alimentaire. Bien qu'elle présente des opportunités pour revitaliser le secteur agricole et encourager le développement rural, la culture des espèces bioénergétiques, lorsqu'elle est gérée dans une optique non durable, pourrait compromettre la sécurité alimentaire et accentuer la pauvreté des populations.

Par conséquent, pour l'atteinte des objectifs d'une politique de sécurité alimentaire durable, la culture d'espèces bioénergétiques pour la production de biocarburant ne devrait pas concurrencer celle des espèces vivrières, notamment pour les ressources foncières. En effet, au Sénégal, les superficies totales disponibles sont évaluées à 19 672 000 ha dont 3 804 900 ha de terres cultivables, 9 542 500 ha impropres à la culture et 6 324 600 ha de prairies et de pâturage (GOANA, 2008).

Au vue de ces chiffres, la perspective d'une culture d'espèces bioénergétiques sur des terrains incultes, non propices à la production agroalimentaire, semble être une alternative prometteuse pour le développement des cultures bioénergétiques au Sénégal. La récupération et la revalorisation économique et écologique des terres dégradées et impropres à la culture, particulièrement celles affectées par la salinité, par la sélection d'espèces ou de variétés mieux adaptées aux conditions de salinité reste une des solutions à explorer.

En effet, la salinité provoque au sein de la plante des effets d'ordre osmotique, toxique ou nutritionnel (Larcher, 1995; Lambers et al., 1998; Debez et al., 2001; Mohsen et al., 2011) qui peuvent affecter la croissance et le développement de la plupart des espèces végétales cultivées (Munns, 1993; Munns et al., 1995) conduisant à terme à des baisses de rendement et de la qualité des productions agricoles.

Toutefois, certains végétaux disposent d'un potentiel génétique pour la tolérance vis-à-vis des stress environnementaux. De plus, la variabilité intraspécifique que certaines plantes expriment pour la résistance au sel permet d'envisager la sélection de génotypes résistants contre le stress salin à l'aide d'indicateurs de tolérance à la salinité (Ashraf et al., 2006).

Le présent travail a pour objectif d'évaluer et de comparer la tolérance à la salinité de sept accessions de graines de ricin mises à germer en condition normal et sous stress salin. Le but est d'identifier des accessions qui auront exprimé des aptitudes de tolérance à la salinité et, par conséquent, susceptibles d'être cultivées sur des sols à teneur élevée en NaCl.

MATERIEL ET METHODES

Récolte et conservation des graines

Les graines des différentes accessions de ricin ont été récoltées en avril 2007 dans les marécages de Hann-Maristes, dans les petites Niayes de Dakar (14° 44' 12'' N et 17° 25' 57' O). Les capsules des différentes accessions ont été ouvertes et les graines libérées puis conservées à 4 °C dans la banque de gènes de l'Unité de Recherche en Culture *in vitro* (URCI) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Les graines collectées, morphologiquement très différentes d'une récolte à l'autre, ont été conservées suivant leur ordre d'acquisition, en accessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Dans cette présente étude, l'accession 2 a été supprimée

du groupe étudié (Tableau 1) à cause d'un nombre très limité de graines disponibles.

Tests de germination

Pour effectuer les tests de germination à différentes concentrations de NaCl, les graines de chaque accession ont d'abord été abondamment rincées à l'eau de robinet puis désinfectées par trempage durant 10 minutes dans une solution d'eau de Javel (NaClO) à 1%. Les graines de chaque accession ainsi traitées ont été trempées durant 2 heures dans leur solution saline de traitement respective aux teneurs suivantes : 0 ; 20 ; 50 ; 80 ; 100 ; 150 et 200 mM. Les graines ont ensuite été mises à germer dans des boîtes de pétri (5 cm x 12 cm x 12 cm) entre deux couches de papier filtre imbibé d'eau distillée (pour les témoins) ou des solutions salines avec les différentes concentrations de sels. Chaque boîte de pétri recevait, tous les deux jours, 10 ml d'eau d'arrosage correspondant à la concentration testée.

Tests de réversibilité

Pour les tests sur la réversibilité de l'inhibition de la germination, seules les fortes concentrations en NaCl (150 et 200 mM) ont été retenues. Le test n'a concerné que les graines n'ayant pas germé après 16 jours d'incubation. Celles-ci, après rinçage à l'eau de robinet ont été trempées durant 2 heures dans de l'eau distillée puis placées en germination en absence de NaCl. Ce genre de test a déjà été expérimenté par Hajlaoui et al. (2007) sur le pois chiche (*Cicer arietinum* L.). Chaque traitement a été répété quatre fois, à raison de 25 graines par boîte de pétri. Les tests de germination ont été menés à l'obscurité dans un incubateur réglé à 28 °C pour une période de 16 jours. Les graines germées ont quotidiennement été comptées, enregistrées puis enlevées des boîtes de germination. Le critère de germination retenu correspondait à la percée des téguments par la racicule de l'embryon (Benmahioul et al., 2010).

Tableau 1 : Caractéristiques (poids, longueur et largeur) des graines des différentes accessions de Ricin étudiées au Sénégal.

Accessions	Poids (g) de 100 graines	Longueur (cm)	Largeur (cm)
1	48,86	1,3	1,1
3	60,67	1,5	1,2
4	22,11	1,2	0,8
5	26,40	1,3	0,9
6	32,68	1,2	1
7	24,43	1,1	0,9
8	21,63	1,1	0,8

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de probabilité de 0,05 (Test de Student Newman Keuls).

Les variables mesurées ont porté sur le taux de germination final, la vitesse de germination et la réversibilité de l'inhibition de la germination par NaCl. Les données collectées ont fait l'objet d'une analyse de variance avec le logiciel StatView et les moyennes significativement différentes ont été séparées par le test de Newman-Keuls au seuil de 5%.

RESULTATS

Taux de germination final

Les différences de réponses sur la capacité germinative entre les graines ayant été irriguées avec des solutions salines et celles irriguées avec de l'eau distillée (témoin) se sont traduites par des diminutions significatives des taux de germination des graines irriguées avec des solutions salines (Figure 1). Ces baisses ont été d'autant plus importantes que les concentrations en NaCl dans le milieu de germination étaient élevées. Cet effet était d'autant plus marqué que la plupart des concentrations testées se sont révélées être des limites discriminantes quant à la tolérance vis-à-vis de NaCl pour les différentes accessions étudiées. En effet, toutes les accessions de ricin testées semblaient tolérer une concentration de NaCl de 20 mM, à l'exception des accessions 3 et 8 dont les taux de germination des graines ont baissé de 74 à 56% pour l'accession 3 et de 89 à 66% pour l'accession 8. Avec une concentration de 50 mM NaCl, les taux de germination des accessions 1, 6 et 7 ont fortement été réduits par rapport à ceux des graines non traitées. Leurs capacités germinatives ont respectivement diminué de 95, 91 et 86% pour les témoins à 64, 69 et 48% pour les graines irriguées avec de l'eau contenant 50 mM de NaCl. Avec 80 mM de NaCl dans l'eau d'irrigation, l'accession 5 a été affectée par l'effet dépressif du NaCl sur la capacité germinative des graines qui est

passée de 80% pour le témoin à 50% pour les graines arrosées avec cette teneur en sel.

L'accession 4 a été la seule à avoir toléré la présence d'une teneur en NaCl de 100 mM dans le milieu de germination. En effet, l'allure de la courbe (Figure 1) n'a montré qu'une légère réduction de la capacité germinative des graines de cette accession qui n'a baissé que de 10% par rapport au témoin (81% pour le témoin et 71% à 100 mM de NaCl).

L'effet dépressif du NaCl sur la capacité germinative des graines de l'accession 4 s'est manifesté par une chute brutale de la courbe qui intervient avec une plus forte teneur en NaCl (150 mM). Les concentrations de 150 à 200 mM de NaCl n'ont été tolérées par aucune des accessions testées. Ces teneurs en sels inhibent, de manière importante, la germination des graines de l'ensemble des accessions testées. Cependant, un taux de germination moyen des graines de 47% a été enregistré en présence de NaCl à 150 mM pour l'accession 4 contre 81% chez le témoin. Les graines de cette accession continuent même à germer en présence de NaCl à 200 mM mais avec un taux de germination très bas, de l'ordre de 10%.

L'analyse des données a permis de classer les accessions de graines étudiées en quatre groupes selon leur niveau de sensibilité vis-à-vis du NaCl (Tableau 2). Un premier groupe (très sensible au NaCl) qui est constitué par les accessions 3 et 8 dont les capacités germinatives, comparativement au témoin, ont significativement été réduites dès que la teneur en NaCl de la solution d'arrosage a atteint 20 mM. Un deuxième groupe (sensible au NaCl) formé par les accessions 1, 6 et 7 dont les taux de germination ont considérablement diminué en présence de 50 mM NaCl dans l'eau d'irrigation. Un troisième groupe (modérément tolérant) composé par

l'accession 5 dont la capacité germinative des graines n'est significativement affectée par le sel qu'à partir d'une teneur de 80 mM dans la solution d'arrosage. Un quatrième groupe (plus tolérant au sel) constitué uniquement par l'accession 4 dont la germination des graines n'est significativement réduite que par des concentrations en NaCl \geq 150 mM.

Cinétique de la germination (vitesse T50)

Il apparaît que le sel (NaCl) a provoqué une augmentation du temps nécessaire pour la germination de 50% (T50) du lot de graines chez toutes les accessions testées (Figure 2). En effet, en absence de sel, toutes les accessions ont enregistré une T50 après seulement 2 jours d'incubation. La présence de sel, par contre, a allongé cette durée de germination des graines qui a été supérieure à deux jours.

Cet effet ralentisseur du NaCl a cependant varié entre les accessions et les concentrations en NaCl. En effet, chez l'accession 3, T50 est passée de 2 jours en absence de sel à 6, 10 et plus de 16 jours respectivement pour les concentrations 20, 50 et 80 mM NaCl. Pour des concentrations comprises entre 50 et 150 mM NaCl, les accessions 1, 5, 6, 7 et 8 ont enregistré également des valeurs de T50 supérieures à 2 jours. Les vitesses de germination pour ces accessions ont beaucoup augmenté pour atteindre 10, 14 et même plus de 16 jours, respectivement pour les accessions 1, 6 et 5.

Chez l'accession 4, ces effets du NaCl sur la germination des graines n'ont été perceptibles que pour les fortes concentrations : 100, 150 et 200 mM. A ces concentrations, T50 est passée de 2 jours pour le témoin et pour les concentrations en NaCl \leq 80 mM à 4, 10 et plus de 16 jours, respectivement.

Cette diminution de la vitesse de germination des graines de toutes les accessions en présence de teneurs croissantes en NaCl s'est également accompagnée d'une baisse du taux final de germination des graines (Figure 1).

Réversibilité de l'effet inhibiteur du NaCl sur la germination des graines

Les taux de germination des graines arrosées avec les solutions salines des accessions de ricin ont été nettement inférieurs à ceux des graines témoins arrosées avec de l'eau distillée (Figure 3). Cette baisse du taux de germination des graines sous l'effet du NaCl, a été plus marquée chez l'accession 8. Elle est passée de 89 à 27 et 15% respectivement du témoin aux concentrations 150 et 200 mM NaCl.

Toutefois, la capacité germinative des graines a varié suivant les accessions et les concentrations en sel dans l'eau d'arrosage. En effet, une levée plus ou moins importante de l'inhibition de la germination des graines traitées au sel a été enregistrée chez toutes les accessions transférées en absence de NaCl. Cette levée de l'inhibition de la germination a été moins importante chez les accessions 3, 5 et 8 qui ont enregistré des taux de germination inférieurs à 50%. Elle a par contre été plus marquée pour les accessions 1, 4, 6 et 7 dont les graines ont germé à plus de 50% après un séjour de 16 jours en présence de NaCl à 150 mM.

Par ailleurs, à l'exception des accessions 5 et 6, les taux de germination des autres accessions ont significativement été plus élevés chez celles qui avaient d'abord séjourné dans une solution de sel à 150 mM que pour celles ayant séjourné dans une solution plus concentrée (200 mM).

Tableau 2 : Variation de la capacité germinative (%) des graines de sept accessions de *Ricinus communis* L. traitées avec des concentrations croissantes en NaCl.

Accessions	Concentrations croissantes en NaCl (mM)						
	0	20	50	80	100	150	200
1	23,75 ± 1,25 a	21,75 ± 0,95 a	16 ± 2,7 b	14,5 ± 1 b	8,25 ± 2,2 c	0,75 ± 0,5 d	0 ± 0 d
3	18,5 ± 2,64 a	14 ± 1,41 b	12,25 ± 1,5 b	7,25 ± 1,89 c	6 ± 1,41 c	7 ± 1,75 d	1 ± 0, 25 d
4	20,25 ± 3,75 a	20,5 ± 2,64 a	19 ± 2,4 a	18,5 ± 0,57 a	17,75 ± 2,62 a	11,75 ± 2,98 b	2,5 ± 0,57 c
5	20 ± 2,16 a	18,75 ± 2,5 a	17,75 ± 1,70 a	12,5 ± 2,08 b	8,5 ± 1,91 c	2,75 ± 1,5 d	0,25 ± 0,25 d
6	22,75 ± 0,95 a	22 ± 1,41 a	17,25 ± 3,86 c	11,25 ± 2,5 d	9,5 ± 4,04 d	1,75 ± 1,70 e	1,25 ± 0,5 e
7	21,5 ± 1 a	19,75 ± 2,5 a	12 ± 1,8 b	6,25 ± 2,62 c	6 ± 3,36 c	3 ± 1,15 c	0 ± 0 d
8	22,25 ± 2,5 a	16,5 ± 1,29 b	5,75 ± 2,06 c	0,5 ± 0,5 d	0,25 ± 0,25 d	0 ± 0 d	0 ± 0 d

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de probabilité de 0,05 (Test de Student Newman Keuls).

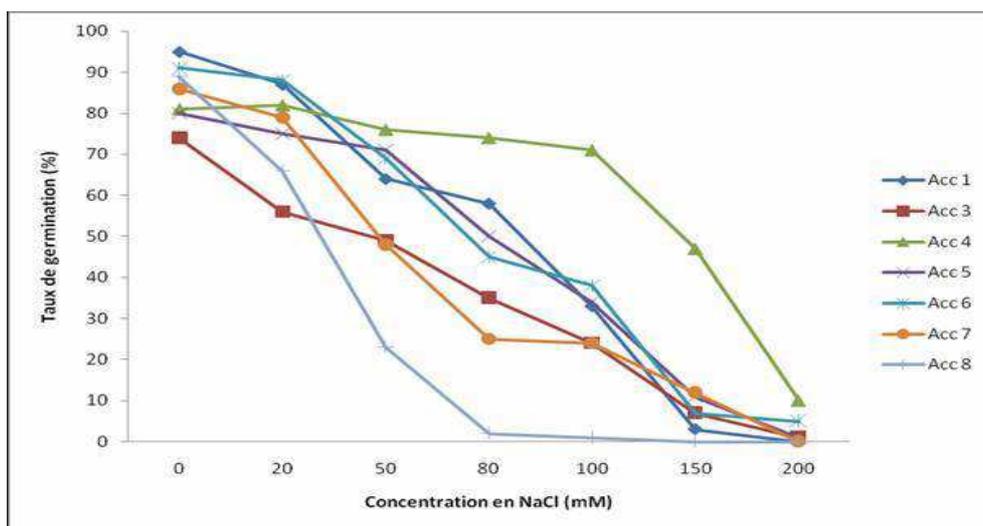


Figure 1 : Effet de concentrations croissantes en NaCl sur la capacité germinative de sept accessions de graines de *Ricinus communis* (Ricin).

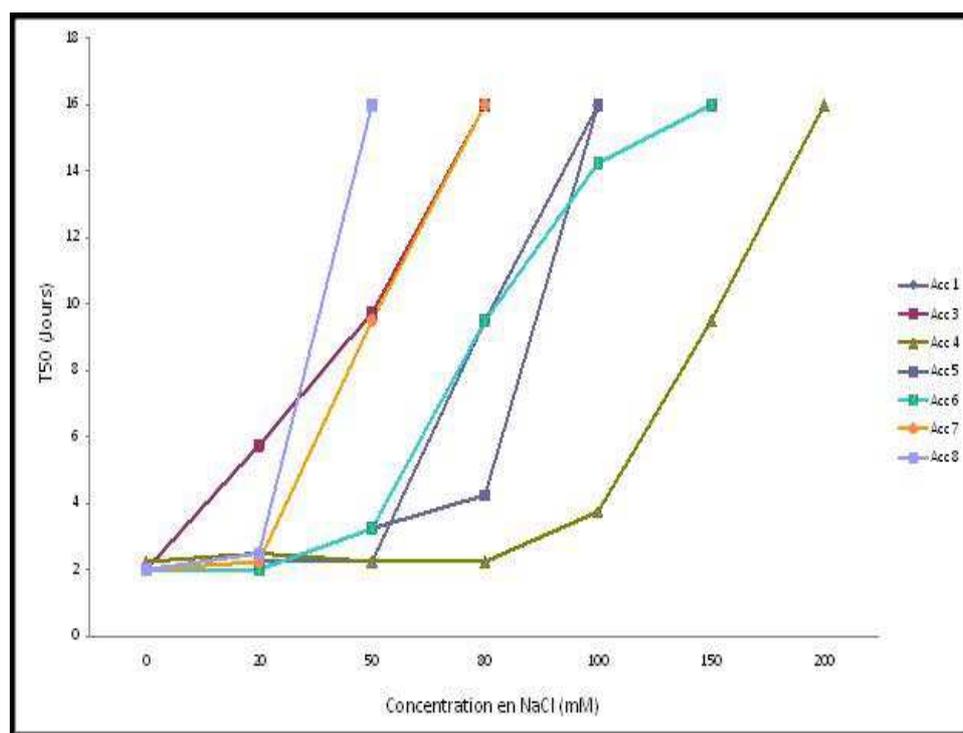


Figure 2. Effet des concentrations croissantes de NaCl sur le temps moyen de germination (T50) des graines de sept accessions de ricin.

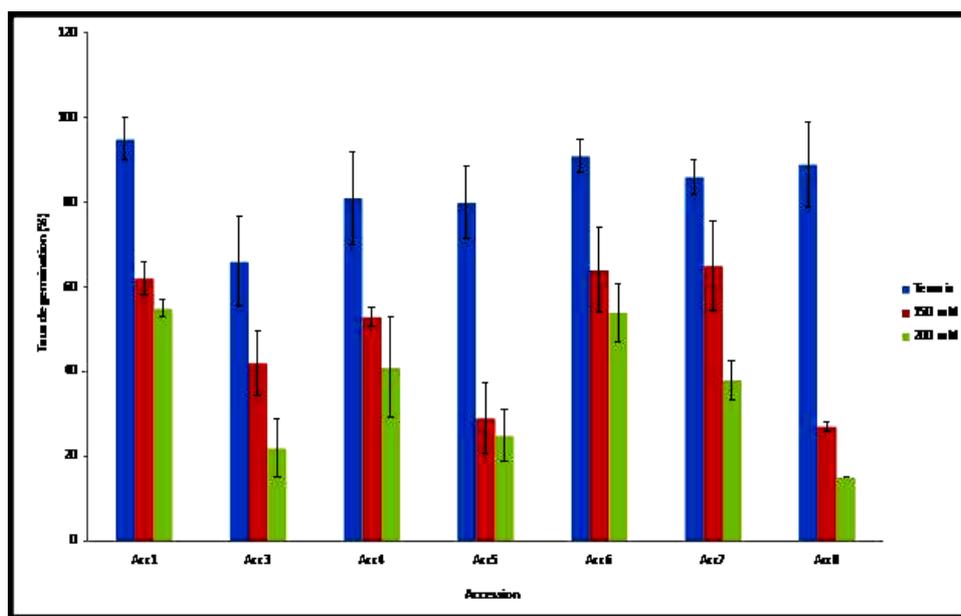


Figure 3 : Taux de germination (en absence de NaCl) de graines de sept accessions de ricin préalablement placées ou non (témoin) à germer pendant 15 jours en présence de NaCl à 150 et 200 mM.

DISCUSSION

Les observations de l'effet de NaCl sur la germination de graines de 7 accessions de ricin ont permis de noter d'importantes variations intraspécifiques quant à leur tolérance au stress salin. Les résultats obtenus confirment ceux d'études antérieures mettant en évidence l'effet dépressif du sel sur la capacité germinative des graines d'espèces telles que la tomate (Allagui et al., 1994), le blé (Ben Naceur, 2001), le ricin (Raghavaiah et al., 2006), la pastèque (Askri et al., 2007), le pois chiche (Hajlaoui et al., 2007), *Acacia tortilis* (Ndour et Danthu, 1998 ; Jaouadi et al., 2010).

Un suivi des taux de germination a permis de classer les 7 accessions de ricin en fonction de leurs degrés de tolérance au sel (Figure 3). Les accessions 3 et 8 se sont ainsi révélées très sensibles à la présence de NaCl. Leur capacité de germination est fortement affectée même avec une faible teneur en NaCl

(20 mM). Les accessions 1, 6 et 7 manifestent une sensibilité au sel, la germination de leurs graines étant entravée en présence de NaCl à 50 mM. L'accession 5, montre une tolérance modérée vis-à-vis de NaCl. La germination des graines n'est pas affectée par des concentrations en NaCl < 80 mM.

L'accession 4, exprime une forte tolérance au sel. Ses graines germent indifféremment sous des contraintes salines pouvant atteindre une teneur de 100 mM en NaCl. La capacité de germination de ses graines n'est significativement réduite qu'en présence d'une teneur en NaCl de 150 mM (47 contre 81% chez le témoin) dans l'eau d'irrigation mais elle reste néanmoins acceptable.

Bien que le ricin soit classé depuis plus de 50 ans, sur la base de la germination des graines, comme une espèce modérément sensible à la salinité (USSS Staff, 1954), les résultats des tests réalisés dans notre étude montrent une sensibilité des graines qui varie

pour une large gamme de concentrations de chlorure de sodium (20 à 200 mM). Des résultats similaires qui mettent en évidence, au stade de la germination, une variabilité intraspécifique dans la réponse des génotypes pour la résistance au sel, ont été décrits par plusieurs auteurs et pour différentes espèces (Mallek-Maalej et al., 1998 ; Ben Naceur, 2001 ; Debez et al., 2001 ; Belkhodja et Bidai, 2004 ; Rejili et al., 2006 ; Hajlaoui et al., 2007). Ainsi des tests de germination de semences sous contrainte saline ont permis de sélectionner avec succès des variétés de blé (Ben Naceur et al., 2001), de tournesol (Anwar-ul-Haq et al., 2013) et de piment (Thouraya et al., 2013) tolérantes au NaCl.

Cependant, nos résultats sur la tolérance des accessions de ricin étudiées devraient faire l'objet de tests au champ pour les stades ultérieurs de développement de la plante. En effet, si la réponse des semences à la salinité pourrait être un indicateur de la tolérance des plantes au sel pour les stades ultérieurs du développement (Misra et Dwivedi, 2004), la germination sous contrainte saline n'est pas suffisante pour identifier des génotypes tolérants au sel (Ndour et Danthu, 1998 ; Askri et al., 2007). En effet, plusieurs travaux ont montré que la réponse à la salinité de la plupart des espèces différerait selon le stade de développement de la plante (Maas et Grattan, 1999 ; Allaoui, 2006 ; Hoffman, 2010) et que pour beaucoup d'espèces, les stades germination et émergence seraient les plus sensibles (Allaoui, 2006).

Le suivi de la dynamique de germination des graines révèle que T50 est plus ou moins ralenti (1 à 15 jours) chez toutes les accessions pour des concentrations croissantes en NaCl. Toutefois, celles de l'accession 4 sont les plus résistantes aux effets dépressifs du NaCl sur la cinétique de germination. En effet, ces graines qui présentent un T50 de 2 jours en absence de sel, conservent le même comportement pour des teneurs croissantes de NaCl allant jusqu'à

80 mM. Un léger retard de germination des graines d'une journée et demie n'est perceptible qu'à la concentration en sel de 100 mM. Ces retards de germination provoqués par les concentrations croissantes en NaCl seraient dus à « une difficulté d'hydratation des graines par suite d'un potentiel osmotique élevé et peut être expliqué par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique » (Jaouadi et al., 2010).

Les tests sur la réversibilité de l'inhibition de la germination par suite du transfert des graines stressées en absence de NaCl suggèrent un mode d'action du sel à la fois osmotique et toxique. En effet, la germination des graines prétraitées avec de fortes concentrations en NaCl après transfert sur milieu de germination dépourvu de sel, témoigne du premier effet de nature osmotique du sel sur la graine. De même, les baisses de capacité de germination observées, en absence de NaCl, entre les témoins et les graines préalablement traitées, attestent d'un autre effet, cette fois - ci toxique du sel suite à l'accumulation dans la graine des ions Na^+ et Cl^- .

Ce mode d'action de nature osmotique et/ou toxique du NaCl a été décrit chez des espèces telles que *Atriplex halimus* L. (Katembe et al., 1998; Debez et al., 2001) et *Cicer arietinum* L. (Hajlaoui et al., 2007), *Cajanus cajan*, *Phaseolus adenanthus* et *Vigna marina* (Tsoata, 1995).

Conclusion

Nos travaux ont montré une forte variabilité intraspécifique de tolérance au NaCl chez les accessions de ricin. L'accession 4 est fortement tolérante à la salinité en conservant un fort taux de germination aux fortes concentrations de NaCl. Elle est également apparue comme la plus résistante face aux effets retardataires sur la vitesse de germination provoqués par les fortes teneurs en NaCl. Ces aptitudes en font des semences très intéressantes à prospecter en vue de leur

utilisation dans les programmes de restauration des terres salées et/ou de sélection et d'amélioration végétale.

REFERENCES

- Allagui MB, Andreotti VC, Cuartero J. 1994. Détermination de critères de sélection pour la tolérance de la tomate à la salinité. À la germination et au stade plantule. *Ann INRAT*, **67**: 45-65.
- Allaoui A. 2006. Étude comparative de la tolérance de trois porte-greffes d'agrumes à la salinité. Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie, Option Horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan, Rabat, Maroc, p. 144.
- Anwar-ul-Haq M, Akram S, Akhtar J, Saqib M, Saqib ZA, Abbasi GH, Jan M. 2013. Morpho-physiological characterization of sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.) under saline condition. *Pak. J. Agri. Sci.*, **50**(1): 49-54.
- Ashraf M, Mc Neilly T, Bradshaw AD. 2006. The potential for evolution of tolerance to sodium chloride, calcium chloride, magnesium chloride and seawater in four grass species. *New Phytologist*, **112**(2): 245-254.
- Askri H, Rejeb S, Jebari H, Nahdi H, Rejeb MN. 2007. Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citrullus lanatus* L.). *Sécheresse*, **18**(1): 51-55.
- Belkhdja M, Bidai Y. 2004. Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, **15**(4): 331-335.
- Benmahioul B, Khelil B, Kaid-Harche M, Daguin F. 2010. Étude de la germination et de l'effet du substrat sur la croissance de jeunes semis de *Pistachia vera* L. *Act. Bot. Malac.*, **35**: 107-114.
- Ben Naceur M, Rahmoune C, Sdiri H, Meddahi ML, Selmi M. 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, **12**(3): 167-74.
- Caupin HJ. 1997. Products from castor oil: Past, present, and future. In *Lipid Technologies and Applications*, Gunstone FD, Padley FB (eds). Marcel Dekker: New York; 787-795.
- Debez A, Chaibi W, Bouzid S. 2001. Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Cah. Agric.*, **10**(2): 135-138.
- GOANA. 2008. Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance. Cahier de repères techniques. Objectifs et potentiel de production. Ministère de l'Agriculture du Sénégal.
- Hajlaoui H, Denden M, Bouslama M. 2007. Étude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, **25**(3): 168-173.
- Hoffman GJ. 2010. Salt Tolerance of Crops in the Southern Sacramento-San Joaquin Delta. Final report. California Environmental Protection Agency State Water Resources Control Board Division of Water Rights, California, United States.
- Jaouadi W, Hamrouni L, Souayah N, Larbi MK. 2010. Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **14**(4): 643-652.
- Jena J, Gupta AK. 2012. *Ricinus communis* L: A phytopharmacological review. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, **4**(4): 25-29.
- Katembe WJ, Ungar IA, Mitchell JP. 1998. Effect of Salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species (*Chenopodiaceae*). *Ann. Bot.*, **82**: 165-75.
- Lambers H, Chapin III FS, Pons TL. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer: New York, USA.
- Larcher W. 1995. *Physiological Plant Ecology* (3rd edn). Springer: New York, USA.
- Maas EV, Grattan SR. 1999. Crop yields as affected by salinity. In *Agricultural Drainage. Agronomy Monograph 38*,

- Shaggs RW, Van Schilfgaarde J (eds). Madison (Wisconsin), American Society of Agronomy (ASA): USA.
- Mallek-Maalej E, Boulasnem F, Ben Salem M. 1998. Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cah. Agric.*, **7**: 153-156.
- Maroyi A. 2007. *Ricinus communis* L. In *Ressources Végétales de l'Afrique Tropicale 14. Oléagineux*, van der Vossan, HAM, MKamilo GS (eds). Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas / Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas / CTA : Wageningen, Pays-Bas ; 163-170.
- Misra N, Dwivedi UN. 2004. Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. *Plant Sci.*, **166**: 1135-1142.
- Mohsen H, Hamrouni L, Cagnac O, Blumwald E. 2011. Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. *Environmental Reviews*. NRC Research Press. *HighBeam Research*. <<http://www.highbeam.com>>.
- Munns R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.*, **16**: 15-24.
- Munns R, Schachtman DP, Condon AG. 1995. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.*, **22**: 561-569.
- Ndour P, Danthu P. 1998. *Effet des Contraintes Hydrique et Saline sur la Germination de Quelques Acacias Africains. L'Acacia au Sénégal*. ORSTOM Editions: Paris ; 105-122.
- PSB (Programme spécial biocarburant). 2007. Plan REVA. Retour Vers l'Agriculture. Nouvelle orientation de la politique agricole. Ministère de l'Agriculture, de l'hydraulique rurale et de la sécurité alimentaire, 24 p.
- Raghavaiah CV, Lavanya C, Shakti K, Jeevanroyal TJ. 2006. Screening castor (*Ricinus communis*) genotypes for salinity tolerance in terms of germination, growth and plant ion composition. *Indian J. Agr. Sci.*, **76**(3): 196-199.
- Rejili M, Vadel AM, Neffati M. 2006. Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, **17**: 65-78.
- Thouraya R, Imen Tlili, Imen H, Riadh I, Ahlem B, Hager J. 2013. Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique du piment. *J. Appl. Biosci.*, **66**: 5060-5069.
- Tsoata E. 1995. Effet du sel (NaCl) sur la germination de graines de légumineuses. *Cah. Agric.*, **4**(3): 207-209.
- United States Salinity Laboratory (USSL) Staff. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Handbook 60. United States Department of Agriculture, 160 p.