

Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie

Elhem Mallek-Maalej, Faouzia Boulasnem, Moncef Ben Salem

La salinité des terres arables constitue un facteur limitant de la production agricole dans le monde [1, 2]. L'une des solutions pour résoudre ce problème consiste dans la recherche de plantes présentant une résistance relative au sel [3]. La germination en présence de sel, déjà utilisée pour le blé [4], pourrait constituer un test rapide à cet égard [5-7]. Nous avons étudié l'effet de différentes concentrations de chlorure de sodium sur la germination de variétés de blé dur, blé tendre, orge et triticales cultivées en Tunisie.

Les variétés de céréales suivantes ont été testées :

- Blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Ben Béchir (BBC), Razzak (RAZ), Duriac (DUR), Inrat 69 (INR), Maghrebi (MAG), Karim (KAR), Khiar (KHI), Om Rabii 3 (OM3), Chili (CHI) et Roussia (ROU).

- Blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Vaga 2704 (VAG), V38, Byrsa (BYR), Salambo (SAL) et Ariana 66 (ARI).

- Orge (*Hordeum vulgare* L.) : Roho (ROH), Tej (TEJ), Manel 92 (MAN), Martin (MAR), Ceres (CER) et Rihane (RIH).

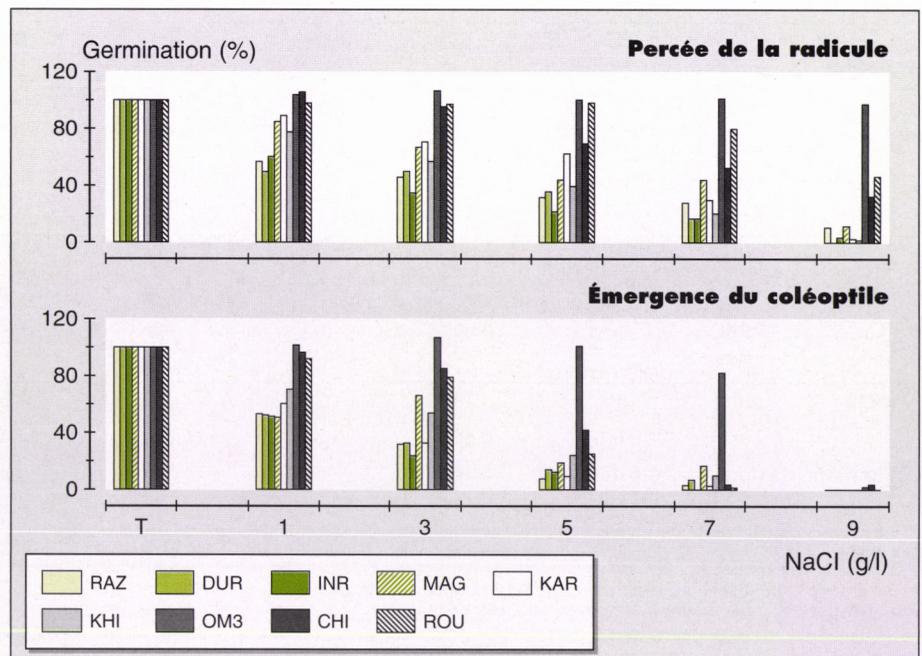
- Triticale (*X-Triticosecale* Wittmack) : TCL V13, TCL8, TCL82 et TCL83.

Ces variétés couvrent actuellement la majeure partie de la surface emblavée en Tunisie à l'exception de Chili et Roussia. Quelques variétés sont au stade de multiplication (blé tendre : Vaga) tandis que le blé dur Duriac est utilisé en France. Le blé tendre V38 est actuellement testé chez les agriculteurs pour sa résistance à la sécheresse.

Les graines, lavées abondamment à l'eau courante puis à l'eau distillée, sont mises à germer à 25-27 °C dans des boîtes de Pétri dont le fond est recouvert de deux

Figure 1. Effet du NaCl sur la germination de graines de blé dur après 7 jours.

Figure 1. NaCl effects on germination of durum wheat seeds after 7 days.



E. Mallek-Maalej, F. Boulasnem, M. Ben Salem : Institut national de la recherche agronomique de Tunisie. Laboratoire de physiologie végétale, rue Hédi-Hanay, 2049 Ariana Tunis, Tunisie.

Tirés à part : E. Mallek-Maalej

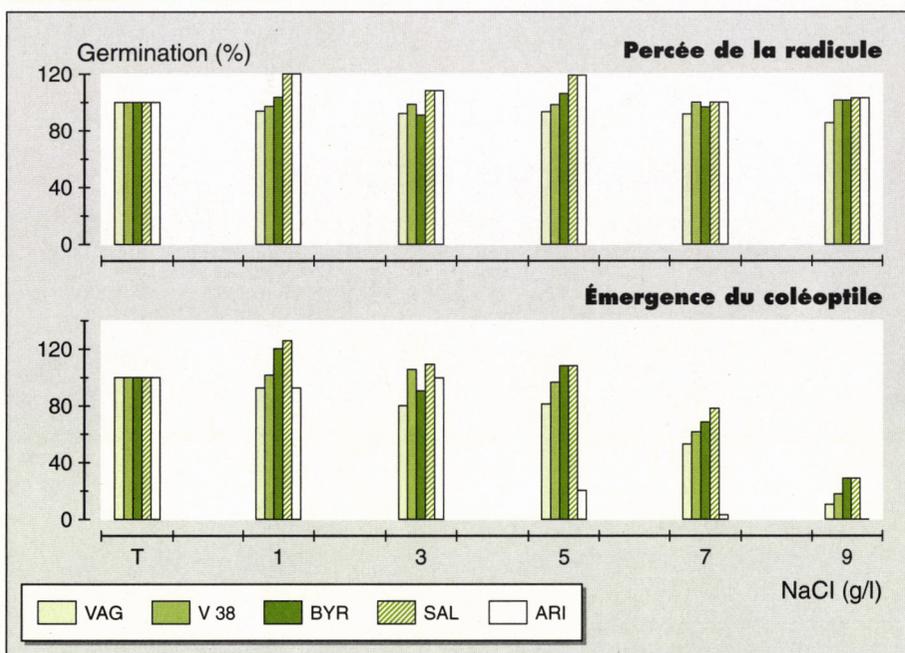


Figure 2. Effet du NaCl sur la germination de graines de blé tendre après 7 jours.

Figure 2. NaCl effects on germination of bread wheat seeds after 7 days.

feuilles de papier filtre (20 graines par boîte) dans une solution de NaCl 0, 1, 3, 5, 7, et 9 g.l⁻¹. Les critères utilisés sont la percée de la radicule et l'émergence du coléoptile. Le nombre de graines germées est évalué toutes les 24 heures. La germination corrigée (GC) a été calculée au 7^e jour à partir de la formule de [8] :

$$GC = (N_x/N_0) \times 100$$

dans laquelle N_x est le nombre de graines germées en 7 jours dans un milieu contenant x millimoles de NaCl et N₀ est le nombre de graines germées en 7 jours à 0 millimole de NaCl (milieu témoin : eau distillée). L'analyse de la variance est faite par le programme STAT-ITCF, chaque donnée constituant la moyenne de trois mesures. La comparaison des moyennes est réalisée par le test de Bonferroni au seuil de 5 et 1 %.

Pour le blé dur, l'analyse de variance a mis en évidence des différences hautement significatives entre les variétés, tant pour la percée de la radicule que pour l'émergence du coléoptile (tableau 1). Après 7 jours, à 9 g.l⁻¹, la percée de la radicule est faible ou nulle sauf pour la variété Om Rabii 3. L'émergence est nulle, sauf pour Khiar et Om Rabii 3,

Tableau 1

Analyse de variance relative à l'effet du NaCl sur la germination des différentes variétés de céréales étudiées (chacune étant prise à part)

| Source de variation | | Percée de la radicule | | | | Émergence du coléoptile | | | |
|----------------------|--------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------|--------------------|--------------------|
| | | BD | BT | Or | Tri | BD | BT | Or | Tri |
| Variété | ddl | 9 | 4 | 5 | 3 | 9 | 4 | 5 | 3 |
| | Test F | 24** | 6,40** | 9,68** | 2,79* | 8,75** | 13,86** | 4,67** | 2,68 ^{ns} |
| | ppds | 19,95 | 9,35 | 43,03 | 15,18 | 24,63 | 17,01 | 33,13 | ns |
| Traitement | ddl | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Test F | 73,45** | 1,84 ^{ns} | 1,94 ^{ns} | 1,61 ^{ns} | 88,49** | 57,81** | 23,10** | 24,67** |
| | ppds | 13,72 | ns | ns | ns | 16,94 | 19,61 | 33,13 | 27,36 |
| Variété x Traitement | ddl | 45 | 20 | 25 | 15 | 45 | 20 | 25 | 15 |
| | Test F | 1,78** | 0,85 ^{ns} | 1,33 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,44 ^{ns} | 2,50** | 1,11 ^{ns} | 0,52 ^{ns} |
| | ppds | 57,25 | ns | ns | ns | ns | 58,06 | ns | ns |
| CV (%) | | 28,4 | 9,7 | 37,4 | 17,4 | 49,3 | 23,2 | 43,9 | 27,6 |

* Différence significative au seuil de 5 % ; ** Différence significative au seuil de 1 %.

BD : blé dur ; BT : blé tendre ; Or : orge ; Tri : triticale.

Variance analysis of NaCl effects on germination for the different cereal varieties (studied separately)

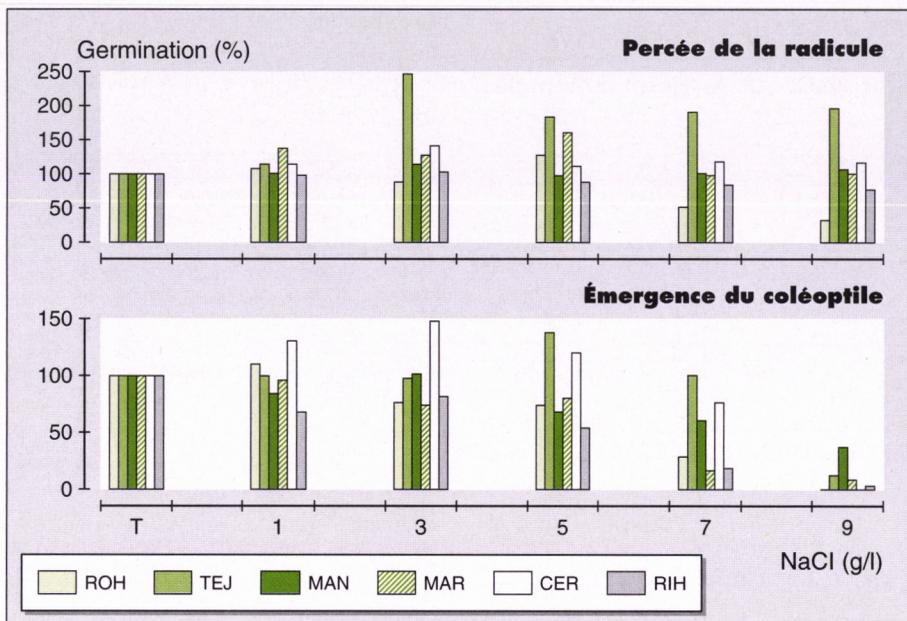


Figure 3. Effet du NaCl sur la germination de graines d'orge après 7 jours.

Figure 3. NaCl effects on germination of barley seeds after 7 days.

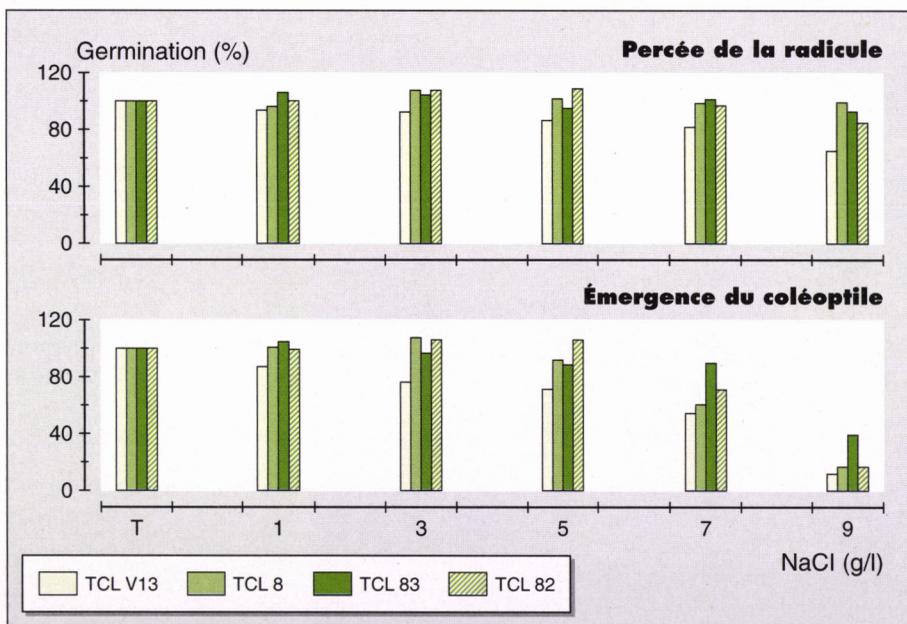


Figure 4. Effet du NaCl sur la germination de graines de triticale après 7 jours.

Figure 4. NaCl effects on germination of triticale seeds after 7 days.

avec des taux d'émergence de 1,7 et 3,7 % (figure 1).

Les différentes variétés de blé dur se classent comme suit par ordre décroissant de tolérance à la salinité :

- pour la percée de la radicule : OM3 > ROU > CHI > BBC > KAR > MAG > KHI > RAZ > DUR > INR ;

- pour l'émergence du coléoptile : OM3 > CHI > ROU > KHI > MAG > BBC > DUR > KAR > RAZ > INR.

Pour le blé tendre (figure 2), l'analyse de variance a mis en évidence des différences hautement significatives entre les variétés pour la percée de la radicule et l'émergence de la première feuille. Les

Summary

Effects of salinity on seed germination for cereals grown in Tunisia

E. Mallek-Maalej, F. Boulesnam, M. Ben Salem

The effects of salinity on seed germination for several cereal varieties grown in Tunisia (10 varieties of durum wheat, 5 varieties of barley and 4 varieties of triticale) were studied. Six salt concentrations were used (NaCl 0 to 153 mM), covering the entire salt water concentration range found in Tunisia. The effects of NaCl on germination were evaluated by two criteria: radicle emergence from the coleoptile tip. The results classify the different varieties according to their salt tolerance; germination as well as plantlet emergence can be considered as indicators of salt stress tolerance for cereals at the first stages of development.

Cahiers Agricultures 1998 ; 7 : 153-7.

différentes variétés de blé tendre se classent comme suit par ordre décroissant de tolérance :

- pour la percée de la radicule : SAL > BYR > V38 > ARI > VAG ;

- pour l'émergence du coléoptile : SAL > BYR > V38 > VAG > ARI.

Pour l'orge (figure 3), l'analyse de variance met en évidence des différences hautement significatives de l'effet variété et de l'effet traitement, quand on considère les deux critères de germination. Les différentes variétés d'orge se classent comme suit par ordre décroissant de tolérance au sel :

- pour la percée de la radicule : TEJ > MAR > CER > MAN > RIH > ROH ;

- pour l'émergence du coléoptile : CER > TEJ > MAN > ROH > MAR > RIH.

Pour le triticale (figure 4), l'analyse de variance met en évidence des différences significatives pour la percée de la radicule, mais non pour l'émergence du coléoptile.

En moyenne, les différentes variétés se classent comme suit par ordre décroissant de tolérance au sel :

Tableau 2

Analyse de variance relative à l'effet du NaCl sur la germination des différentes espèces de céréales

| | Source de variation | ddl | Test F | ppds 5 % | CV % |
|-----------|---------------------|-----|---------|----------|------|
| Percée | Espèce | 3 | 41,51** | 12,72 | 15,0 |
| | Traitement | 5 | 6,12** | 17,60 | |
| | Esp. x Trait. | 15 | 3,17** | 46,84 | |
| Émergence | Espèce | 3 | 25,65** | 12,66 | 20,4 |
| | Traitement | 5 | 72,01** | 17,51 | |
| | Esp. x Trait. | 15 | 2,23* | 46,61 | |

* Différence significative au seuil de 5 %.

** Différence significative au seuil de 1 %.

Variance analysis of NaCl effects on germination for the different cereal species

– pour la percée de la racine : TCL8 > TCL83 > TCL82 > TCLV13 ;

– pour l'émergence du coléoptile : TCL83 > TCL8 > TCL82 > TCLV13.

L'analyse de variance interspécifique (tableau 2) fournit les classements suivants pour les différentes espèces de céréales (classements par ordre décroissant de résistance au sel) :

– pour la percée de la racine : orge > blé tendre > triticales > blé dur ;

– pour l'émergence du coléoptile : triticales > blé tendre > orge > blé dur.

Le blé dur s'avère le plus sensible au NaCl au stade percée de la racine et émergence du coléoptile, les différences entre espèces étant hautement significatives pour les deux critères de germination. L'orge est la plus résistante au sel au stade percée de la racine ce qui confirme d'autres résultats [3, 9], avec une

variabilité de tolérance parmi les cultivars [2, 4, 10, 11]. Le triticales, le blé tendre et l'orge apparaissent plus tolérants au sel que le blé dur au stade émergence de la première feuille, ce qui rejoint d'autres résultats [9, 12]. Le degré de tolérance des triticales à la salinité varie avec les génotypes [7]. Le test de germination a déjà été appliqué avec succès chez le blé pour sélectionner des variétés tolérantes à NaCl [4], mais la validité de ce test reste à vérifier au champ pour les autres espèces de céréales.

En conclusion, nos résultats montrent une grande variabilité intraspécifique pour la tolérance au sel chez les céréales lors de la germination des graines d'où l'intérêt [13]. Le criblage de tolérance au sel à ce stade devra être validé par des essais à des stades ultérieurs dans les conditions du champ ■

Références

1. Szabolcs I. Modelling of soil salinization and alkalization. *Agrokémia és Talajtan* 1979 ; 28 (suppl.) : 11-32.
2. Srivastava JP, Jana S. Screening wheat and barley germplasm for salt tolerance. In : Staples RC, Toenniessen GH, eds. *Salinity tolerance in plants*. New York : John Wiley and Sons, 1984 : 273-83.
3. Shannon MC. Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. In : Staples RC, Toenniessen GH, eds. *Salinity tolerance in plants*. New York : John Wiley and Sons, 1984 : 231-54.
4. Forster, et al. Salt tolerance of two wheat *Agropyrum junceum* disomic addition lines. *Genome* 1988 ; 30 : 559-64.
5. Ayers AD, Brown JW, Wadleigh CH. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. *Agron J* 1952 ; 44 : 307-10.
6. Shaller CW, Berdegve JA, Dennett CW, Richards RA, Winslow MD. Screening the world barley collection for salt tolerance. *Proc. 4th Intern. Barley Gen Symp*, 1981 : 389-93.
7. Norlyn JD, Epstein E. Variability in salt tolerance of four triticales lines at germination and emergence. *Crop Sci* 1984 ; 24 : 1090-2.
8. Smith SE, Dobrenz AK. Seed age and salt tolerance at germination in Alfalfa. *Crop Sci* 1987 ; 27 : 1053-6.
9. Maas EV, Hoffman G. Crop salt tolerance : current assessment. *J Irrig Drainage Div ASCE* 1977 ; 103 : 115-34.
10. Ayers AD. Germination and emergence of several varieties of barley in salinized soil cultures. *Agron J* 1953 ; 45 : 68-71.
11. Donovan TR, Day AD. Some effects of high salinity on germination and emergence of Barley (*Hordeum vulgare* L. emend Lam.). *Agron J* 1969 ; 61 : 236-8.
12. Touraine B, Ammar M. Étude comparée de la sensibilité au sel d'un triticales et d'une orge. *Agronomie* 1985 ; 5 : 391-5.
13. Levitt J. *Responses of plants to environmental stresses*. Vol. II. New York : Academic Press, Inc., 1980 ; 395-434.