

EFFET DU STRESS SALIN SUR LA GERMINATION DE SEIZE VARIÉTÉS D'ORGE (*Hordeum vulgare L.*)

EFFECT OF SALT STRESS ON THE GERMINATION OF SIXTEEN VARIETIES OF BARLEY (*Hordeum vulgare L.*)

ABDELGHANI DJERAH⁽¹⁾, BACHIR OUDJEHIH⁽²⁾

⁽¹⁾ Département des sciences agronomiques, Université Mohamed Khider Biskra, B.P 145 R.P. 07000 BISKRA Algérie

⁽²⁾ ut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques, Université Hadj Lakhdar 05000 BATNA Algérie

⁽¹⁾ E-mail; djerah@yahoo.fr

RESUME

Seize variétés d'orge (*Hordeum vulgare L.*) de différentes origines sont testées au laboratoire à la phase de la germination en conditions de stress salin. Les grains sont placés dans des boîtes de Pétri contenant soit l'une des trois solutions de NaCl (3, 6 ou 9 g/l) soit de l'eau distillée (témoin). Les résultats montrent que le stress salin a un effet négatif sur tous les paramètres étudiés (taux de germination, taille des plantules, longueur et nombre des racines et la matière sèche aérienne et racinaire). L'effet du stress salin se manifeste nettement à partir de la concentration 6g/l. Chaque variété réagit d'une façon différente pour tous les paramètres étudiés. Les 16 variétés confrontées sont regroupées en 3 classes de tolérance.

MOTS CLES: Stress salin, germination, orge, *Hordeum vulgare*.

ABSTRACT

Sixteen varieties of barley (*Hordeum vulgare L.*) from different origins are tested in the laboratory at germination stage under salt stress conditions. Barley seeds are placed in Petri dishes containing either one of the three solutions of NaCl (3, 6 or 9 g / l) or distilled water (control). The results show that stress has a negative effect on all studied parameters (germination, seedling length, length and number of roots and shoot dry biomass and root dry biomass). The effect of salt stress is clearly evident from 6 g / l concentration. Each variety reacts differently for all parameters studied. The 16 varieties confronted are grouped into 3 tolerance classes.

KEYWORDS: Salt stress, Germination, Barley, *Hordeum vulgare*.

1 INTRODUCTION

En Algérie, 3.2 millions d'hectares de terres agricoles sont menacés par la salinité (Szablocs, 1989 in Belkhdja et Bidai, 2004), notamment celles irriguées en zones arides (FAO, 2008). L'exploitation de ces terres est devenue inévitable pour répondre aux besoins croissants de la population en céréales.

Les plantes sont toujours exposées aux différents types de contraintes (abiotiques et/ou biotiques). Le stress salin est l'une des principales contraintes abiotiques (Bartels et Sunkar, 2005 ; Chadli et Belkhdja, 2007).

La réponse aux différents types de stress varie en fonction de l'espèce, de la variété (Flowers et Yeo, 1995 ; Niu *et al.*, 2010) et même du stade de développement de la plante (Flowers et Yeo, 1995).

Les effets de la salinité se manifestent par la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions (Na⁺ et Cl⁻) dans les tissus et un déséquilibre de la nutrition minérale dû surtout à des compétitions entre les éléments ; le Sodium avec le Potassium et avec le Calcium, le chlorure avec le nitrate, avec le phosphate et avec le sulfate (Soltani *et al.*, 1990 ; Levigneron *et al.*, 1995).

La salinité agit différemment sur la germination selon les

espèces et les variétés (Slama, 2004). La réponse de l'orge au stade plantule à la salinité est parfois fortement prédictive de celle des plantes adultes (Greenway, 1965). La connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination révèle une bonne tolérance de l'espèce à la salinité (Jaouadi *et al.*, 2010).

Vu les contraintes de la salinité en zones arides et semi-arides (sol et eau), et pour valoriser ces zones, notre objectif est d'évaluer la variabilité des réponses au stade germination de 16 variétés d'orges, dont la plupart ne sont pas étudiées, soumises à des doses croissantes de NaCl.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des grains de 16 variétés d'orge : Oued-Righ (variété population locale), Acsad176, Alanda, Bahia, Barberousse, Fouara, Jaidor, Lagune, Plaisant, Rahma, Rihane03, Saïda183, Soufara, Tichedrett, Tina et Tissa. Ces variétés sont fournies par l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sétif, sauf les variétés Oued-Righ, Saïda183 et Tichedrett qui étaient déjà en expérimentation à notre département d'agronomie.

2.2 Méthodes

Les essais sont conduits à la température ambiante du laboratoire. Les grains d'orge sont d'abord désinfectés par trempage pendant 10 minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium à 6%, puis rincés plusieurs fois à l'eau distillée. Vingt cinq (25) grains désinfectés de chaque variété sont mis à germer sur du papier filtre placés dans une boîte de Pétri et arrosés avec 10 ml d'eau distillée (témoin) ou d'eau salée (3, 6 ou 9g NaCl /l) pendant 12 jours. Le dispositif est répété 3 fois.

Les paramètres étudiés sont :

- Le taux de germination final, déterminé après 12 jours de l'essai (en %),
- Le taux de réduction de la germination induit par le stress salin en comparaison avec le témoin (en %),
- La longueur du coléoptile après 03 jours de culture (en cm),
- La taille des plantules après 12 jours de culture (en cm),
- Le nombre et la longueur des racines séminales /plant après 12 jours de culture,
- La matière sèche aérienne et racinaire/plant après 12 jours de culture (en mg).

Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance et les moyennes sont comparées selon la méthode de Tukey au seuil de 5%.

Les taux de germination, la longueur des plantules et des racines, ainsi que la matière sèche aérienne et racinaire, obtenus sous le stress sévère (9g NaCl /l) sont utilisés pour élaborer une classification ascendante hiérarchique (CAH) qui permet de définir les groupes de tolérance au stress salin des différentes variétés.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Taux de germination final

Les taux de germination des grains soumis aux différents niveaux de stress salin sont relativement réduits en comparaison avec le témoin (94,04%).

L'analyse de la variance révèle que l'effet variétal, et l'effet du stress salin sont très hautement significatifs (tableau 1).

Tableau 1 : Analyse de la variance du taux de germination chez les variétés d'orge des différents traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Variété (1)	15	6648,327	443,222	57,02	<0,0001THS
Salinité (2)	3	46344,475	15448,158	1987,34	<0,0001THS
(1)*(2)	45	1814,071	40,313	5,19	<0,0001THS

THS : Très hautement significatif

Cette analyse, classe les variétés en dix groupes homogènes (tableau 2). En premier lieu se classe la variété Rihane03 suivie par Oued-Righ et Tissa. En dernière position se trouvent les variétés Rahma et Tichedrett.

On remarque, que quand la concentration de NaCl augmente, le taux de germination diminue pour toutes les variétés, avec une différence significative entre les traitements sauf entre le témoin et 3g/l : témoin (94%), 3g/l (92,89%), 6g/l (77,54%) et 9g/l (55,58%).

Certaines études ont montré que l'augmentation de la concentration des sels retarde la germination (Askri *et al.*, 2007), et réduit le pourcentage final de germination (Othman *et al.*, 2006 ; Askri *et al.*, 2007 ; Bouda et Haddioui, 2011 ; Yousofinia *et al.*, 2012 ; Mrani Alaoui *et al.*, 2013 ; El Goumi, 2014 ; Ndiaye *et al.*, 2014). Cette diminution est due selon Othman *et al.* (2006), à la réduction de l'utilisation des réserves des grains. Norlyn (1980), in Zid et Grignon (1991) ; Shannon *et al.* (1993), considèrent qu'il n'y a pas de corrélation entre le rendement au stade adulte et la résistance au stress salin en phase de germination. Cependant, Khan et Rizvi (1994), signalent que la germination est un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes en milieux salés.

Tableau 2 : Classification des variétés d'orge en groupes homogènes, selon le test de Tukey pour le taux de germination

Variété	Taux de germination (%)	Groupes homogènes					
Rihane03	85,667	A					
Oued-Righ	84,000	A	B				
Tissa	84,000	A	B				
Tina	83,000	A	B	C			
Lagune	82,667	A	B	C	D		
Saïda183	82,000	A	B	C	D		
Barberousse	81,833	A	B	C	D		
Bahia	81,667		B	C	D		
Fouara	81,000		B	C	D	E	
Plaisant	80,333		B	C	D	E	
Alanda	80,000			C	D	E	
Soufara	79,667			C	D	E	
Jaidor	79,056			C	D	E	
Acsad176	79,000				D	E	
Rahma	77,667					E	
Tichedrett	58,667						F

L'interaction entre les deux facteurs (variété x stress salin) est très hautement significative. A 6g/l, ce sont les variétés Rihane03, Oued-righ et Tina qui se classent en première position et en dernier lieu on trouve la variété Tichedrett. A 9g/l, se classent en premier lieu les variétés Oued-Righ et Tissa, viennent ensuite en dernier lieu les variétés Tichedrett et Rahma. La concentration de 9g/l est négativement corrélée avec le taux de germination avec une valeur de -0,827.

Les résultats du tableau 3, montrent que le taux de réduction moyen de la germination par rapport au témoin ; à 3g/l est de 1,39% qui représente le taux le plus bas. Le stress salin modéré (3g/l), affecte peu la germination par rapport au témoin. Ces résultats sont similaires à ceux de Ben Naceur *et al.* (2001) sur le blé et Hajlaoui *et al.* (2007) sur le pois chiche.

C'est à 6g/l que commence l'effet net du stress salin sur le taux de germination moyen avec un taux de réduction de 17,66%. A 9g/l, l'effet du stress salin est plus important, il représente un taux de réduction de 40,74%, avec les plus bas taux notés chez les variétés Tichedrett et Oued-Righ (32,08% et 33,80%). Mais la moyenne des trois traitements met Oued-Righ en première position suivie par Lagune, Tissa, Fouara, Rihane03, Bahia, et Saïda183 (tableau 3).

Tableau 3 : Taux de réduction de la germination chez les seize variétés d'orge (%)

Variété	3g/l	6g/l	9g/l	Moyenne
Oued-Righ	-1,41	12,68	33,80	15,02
Fouara	0,00	12,86	40,00	17,62
Tichedrett	11,32	24,53	32,08	22,64
Bahia	1,41	15,49	38,03	18,31
Saïda183	-1,39	16,67	43,06	19,44
Rihane03	-1,35	13,51	40,54	17,57
Tina	2,70	16,22	44,59	21,17
Soufara	2,82	16,90	43,66	21,13
Acsad176	4,17	18,06	48,61	23,61
Rahma	0,00	21,13	50,70	23,94
Tissa	-2,78	18,06	34,72	16,67
Lagune	1,41	14,08	35,21	16,90
Plaisant	0,00	22,22	43,06	21,76
Jaidor	1,85	24,31	44,44	23,53
Barberousse	2,10	14,69	39,86	18,88
Alanda	1,41	21,13	42,25	20,66
Moyenne	1,39	17,66	40,74	19,93

3.2 Longueur du coléoptile

Les résultats de l'analyse de variance, révèlent l'existence d'un effet très hautement significatif du traitement NaCl et de la variété (tableau 4).

Tableau 4 : Analyse de la variance de la longueur du coléoptile chez les variétés d'orge des différents traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Variété (1)	15	4,756	0,317	17,677	< 0,0001T HS
Salinité (2)	3	26,286	8,762	488,469	< 0,0001T HS
(1)*(2)	45	2,310	0,051	2,862	< 0,0001T HS

THS : Très hautement significatif

Les plus longs coléoptiles sont mesurés chez la variété Jaidor, suivie par Fouara, Tichedrett et Plaisant. En dernier lieu on retrouve les variétés Rihane03 et Soufara en deux groupes différents (tableau 5).

L'effet de la concentration de NaCl sur la longueur du coléoptile paraît évident ; plus la concentration de NaCl augmente, la longueur du coléoptile diminue. Ceci concorde avec les résultats obtenus par Kadri *et al.* (2009) ; Ines *et al.* (2014). Les résultats obtenus classent les traitements en quatre groupes homogènes (témoin "2,3cm", 3g/l "2,21cm", 6g/l "1,65cm", et 9g/l "1,35cm").

L'interaction traitement NaCl x variété est hautement significative. A 9g/l ce sont les variétés, Rahma, Acsad176, Fouara, Tichedrett et Jaidor qui marquent les plus longs coléoptiles, avec respectivement 1,67, 1,67, 1,60, 1,5, 1,47, 1,47cm. Cependant, les variétés Barberousse, Oued-Righ et Rihane03 se classent en dernière position (1,17, 1,13, 1,13cm).

Tableau 5 : Classification des variétés d'orge en groupes homogènes, selon le test de Tukey pour la longueur du coléoptile

Variété	Longueur du coléoptile (cm)	Groupes homogènes					
Jaidor	2,183	A					
Fouara	2,175	A	B				
Tichedrett	2,158	A	B				
Plaisant	2,150	A	B				
Saïda183	1,992		B	C			
Bahia	1,958			C	D		
Rahma	1,950			C	D	E	
Lagune	1,908			C	D	E	
Alanda	1,900			C	D	E	
Acsad176	1,892			C	D	E	
Barberousse	1,867			C	D	E	
Tissa	1,833			C	D	E	F
Tina	1,783				D	E	F
Oued-Righ	1,775				D	E	F
Rihane03	1,767					E	F
Soufara	1,650						F

3.3 Taille des plantules

L'analyse de la variance, montre des effets très hautement significatifs pour la variété, le stress salin et ainsi pour l'interaction variété x stress salin (tableau 6).

Tableau 6 : Analyse de la variance de la taille des plantules des chez les variétés d'orge différents traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Variété (1)	15	250,455	16,697	59,721	< 0,0001T HS
Salinité (2)	3	504,541	168,180	601,539	< 0,0001T HS
(1)*(2)	45	95,955	2,132	7,627	< 0,0001T HS

THS : Très hautement significatif

La variété Bahia enregistre les plus hautes plantules, suivie par les variétés Acsad176, Rahma et Rihane03. Alors que la variété Lagune enregistre des plantules plus petites (tableau 7).

Le stress salin diminue la taille des plantules, c'est ce que Yildirim et Guvenc (2006), ont signalés sur le poivron.

L'effet du stress salin classe les traitements en quatre groupes homogènes (témoin "16,22cm", 3g/l "14,54cm", 6g/l "13,5cm", et 9g/l "11,82cm").

Tableau 7 : Classification des variétés d'orge en groupes homogènes, selon le test de Tukey pour la taille des plantules

Variété	Taille des plantules (cm)	Groupes homogènes									
Bahia	16,383	A									
Acsad176	15,875	A	B								
Rahma	15,458		B	C							
Rihane03	14,942			C	D						
Saïda183	14,583				D	E					
Alanda	14,325				D	E					
Tichedrett	14,025					E	F				
Tina	13,425						F	G			
Jaidor	13,400						F	G			
Soufara	13,258							G			
Barberousse	13,233							G	H		
Oued-Righ	13,175							G	H		
Plaisant	13,050							G	H		
Fouara	12,967							G	H		
Tissa	12,792							G	H		
Lagune	12,483									H	

A 9g/l, les plantules les plus longues sont enregistrées chez les variétés Bahia et Acsad176 (14,57 et 14,03 cm). Cependant les variétés Tissa et Lagune ont marqué des tailles inférieures (10,13 et 9,83cm).

3.4 Longueur des racines séminales

L'analyse statistique, révèle l'existence des effets très hautement significatifs de la variété et du stress salin (tableau 8).

Tableau 8 : Analyse de la variance de la longueur des racines séminales chez les variétés d'orge des différents traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Variété (1)	15	40,095	2,673	22,169	< 0,0001THS
Salinité (2)	3	152,676	50,892	422,084	< 0,0001THS
(1)*(2)	45	8,412	0,187	1,550	< 0,030 S

THS : Très hautement significatif, S : Significatif

La variété Tichedrett suivie par Saïda183, sont les variétés présentant les plus longues racines séminales, et la variété Tina se trouve en dernière position (tableau 9).

On remarque que plus la concentration de NaCl augmente,

plus la longueur des racines diminue avec trois groupes différents (témoin "6,71cm", 3g/l "6,48cm", 6g/l "5,84cm", et 9g/l "4,42cm"). Ces résultats coïncident avec ceux obtenus par Ben Naceur *et al.* (2001) et Benderradji *et al.* (2011) sur des variétés de blé.

Tableau 9 : Classification des variétés d'orge en groupes homogènes, selon le test de Tukey pour la longueur des racines séminales

Variété	Longueur des racines (cm)	Groupes homogènes					
Tichedrett	7,258	A					
Saïda183	6,400	B					
Bahia	6,117	B	C				
Acsad176	6,025	B	C				
Fouara	5,967	B	C	D			
Tissa	5,958	B	C	D			
Plaisant	5,850		C	D	E		
Barberousse	5,833		C	D	E		
Jaidor	5,742		C	D	E	F	
Rahma	5,717		C	D	E	F	
Oued-Righ	5,700		C	D	E	F	
Alanda	5,692		C	D	E	F	
Soufara	5,483			D	E	F	
Rihane03	5,450				E	F	
Lagune	5,392				E	F	
Tina	5,258					F	

L'interaction variété x stress salin, montre un effet significatif. A 9g/l, c'est la variété Tichedrett qui marque les plus longues racines (5,97cm), suivie par Acsad176 (4,93cm). Enfin se trouvent les variétés Rihane03 (3,87cm), Lagune (3,80cm) et Tina (3,77cm).

Des corrélations sont notées entre la longueur des racines et le taux de germination (0,648), et entre la longueur des racines et la longueur du coléoptile (0,812).

3.5 Nombre des racines séminales

L'étude statistique a montré l'existence des effets très hautement significatifs pour la variété et pour le traitement NaCl, mais pas d'interaction significative entre les deux facteurs variété x stress salin (tableau 10).

Tableau 10 : Analyse de la variance du nombre des racines séminales chez les variétés d'orge des différents traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Variété (1)	15	23,479	1,565	4,696	< 0,0001THS
Salinité (2)	3	40,687	13,563	40,688	< 0,0001THS
(1)*(2)	45	7,479	0,166	0,499	< 0,996 NS

THS : Très hautement significatif, NS : Non significatif

Pour tous les traitements, les variétés sont classées pour le nombre de racines séminales dans le tableau 11.

Tableau 11 : Classification des variétés d'orge en groupes homogènes, selon le test de Tukey pour le nombre de racines séminales

Variété	Racines / plant	Groupes homogènes		
Saïda183	6,583	A		
Acsad176	6,500	A		
Bahia	6,417	A	B	
Fouara	6,417	A	B	
Oued-Righ	6,417	A	B	
Tissa	6,417	A	B	
Jaidor	6,250	A	B	C
Lagune	6,167	A	B	C
Soufara	6,083	A	B	C
Rahma	6,000	A	B	C
Tichedrett	6,000	A	B	C
Rihane03	5,917	A	B	C
Plaisant	5,667		B	C
Tina	5,583			C
Alanda	5,583			C
Barberousse	5,500			C

Il existe cinq groupes homogènes ; le premier regroupe les variétés Saïda183, Acsad176. Le deuxième ; Bahia, Fouara, Oued-Righ et Tissa. Le dernier groupe englobe, Tina, Alanda et Barberousse. L'effet de la concentration en NaCl révèle des différences significatives entre les différentes concentrations sauf entre 3g/l et 6g/l (témoin "6,62", 3g/l "6,31", 6g/l "6,06", et 9g/l "5,37").

Nibau *et al.* (2008) ; Adjel *et al.* (2013) ; signalent que le stress salin diminue le nombre de racines.

Les variétés tolérantes développent un système racinaire qui leur permet de résister au stress salin (Ben Naceur *et al.*, 2001 ; Radhouane, 2008).

Au traitement sévère (9g/l), ce sont les variétés Bahia, Oued-Righ, Acsad176, Fouara et Saïda183 qui sont classées en première position (6,00). En dernière position se

trouvent Plaisant, Rahma, Tina, Barberousse et Alanda (4,67).

3.6 Matière sèche aérienne

D'après l'analyse de la variance, les différences entre les variétés et les différents traitements du stress salin, sont très hautement significatives (tableau 12).

Tableau 12 : Analyse de la variance de la matière sèche aérienne chez les variétés d'orge des différents traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Variété (1)	15	65,170	4,345	5,385	< 0,0001T HS
Salinité (2)	3	266,968	88,989	110,294	< 0,0001T HS
(1)*(2)	45	29,089	0,646	0,801	< 0,801 NS

THS : Très hautement significatif, NS : Non significatif

Généralement toutes les variétés sont très affectées par le stress salin. Les variétés Oued-Righ, Plaisant, Rahma, Saïda183, Tichedrett, Jaidor, Alanda, Bahia, Lagune et Rihane03 enregistrent la valeur de la matière sèche aérienne la plus élevée. Alors que la plus faible valeur de la matière sèche aérienne est enregistrée, chez la variété Tina (tableau 13).

Tableau 13 : Classification des variétés d'orge en groupes homogènes, selon le test de Tukey pour la matière sèche aérienne

Variété	Matière sèche (mg/plant)	Groupes homogènes		
Oued-Righ	10,727	A		
Plaisant	10,722	A		
Rahma	10,717	A		
Saïda183	10,690	A		
Tichedrett	10,684	A		
Jaidor	10,621	A		
Alanda	10,570	A		
Bahia	10,502	A		
Lagune	10,477	A		
Rihane03	10,463	A		
Barberousse	10,203	A	B	
Acsad176	10,171	A	B	
Fouara	10,128	A	B	
Soufara	9,740	A	B	C
Tissa	9,012		B	C
Tina	8,779			C

D'après ces résultats, on remarque que l'effet du stress salin sur la matière sèche aérienne est net ; plus la concentration du NaCl augmente, plus la matière sèche aérienne diminue pour toutes les variétés (témoin "11,55mg", 3g/l "11,06mg", 6g/l "9,96mg", et 9g/l "8,48mg").

L'interaction entre les deux facteurs (variété x stress salin) n'est pas significative. A 9g/l, en première position se trouvent les variétés Saïda183, Oued-Righ et Rihane03 (9,17, 9,05 et 9,03mg). En dernière position se classent les variétés, Tina et Soufara (7,54 et 7,50mg).

Selon Kadri et al. (2009), une irrigation avec une eau salée provoque une réduction de la matière sèche aérienne.

Le taux de réduction de la matière sèche aérienne (tableau 14), à 3g/l est représenté par une moyenne de toutes les variétés de 4,16%. Cette diminution est la plus basse par rapport aux autres traitements. A 6g/l la moyenne de réduction passe à 13,55%, là se trouvent les variétés Plaisant, Tina et Alanda qui marquent le plus faible taux. Alors qu'Acsad176 marque le taux le plus élevé. A 9g/l la moyenne est de 26,45% où les variétés Tina et Tissa marquent le taux le plus faible, alors que les variétés Soufara, Acsad176 et Plaisant marquent les taux les plus élevés.

Tableau 14 : Taux de réduction de la matière sèche aérienne chez les seize variétés d'orge (%)

Variété	3g/l	6g/l	9g/l	Moyenne
Oued-Righ	8,66	16,22	26,46	17,11
Fouara	-2,58	19,48	30,45	15,78
Tichedrett	1,78	8,73	26,23	12,25
Bahia	1,02	14,32	29,33	14,89
Saïda183	5,17	16,78	23,06	15,00
Rihane03	2,60	18,67	23,24	14,84
Tina	3,94	5,14	20,51	9,86
Soufara	1,12	15,93	32,60	16,55
Acsad176	10,95	28,70	32,26	23,97
Rahma	4,26	13,43	23,18	13,62
Tissa	6,73	8,16	21,41	12,10
Lagune	4,13	14,70	25,27	14,70
Plaisant	2,36	3,38	32,17	12,64
Jaidor	5,56	11,87	27,12	14,85
Barberousse	8,42	14,06	27,12	16,53
Alanda	2,51	7,30	22,75	10,85
Moyenne	4,16	13,55	26,45	14,72

3.7 Matière sèche racinaire

Selon l'analyse de la variance, il existe des effets très hautement significatifs de la variété et du stress salin (tableau 15).

Tableau 15 : Analyse de la variance de la matière sèche racinaire chez les variétés d'orge des différents traitements

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Variété (1)	15	52,576	3,505	6,926	< 0,0001T HS
Salinité (2)	3	208,906	69,635	137,607	< 0,0001T HS
(1)*(2)	45	31,010	0,689	1,362	< 0,093 NS

THS : Très hautement significatif, NS : Non significatif

La matière sèche racinaire la plus élevée est enregistrée chez la variété Tichedrett, suivie par Bahia et Rahma. Alors que la matière sèche la plus faible est enregistrée chez les variétés Tina et Tissa (tableau 16).

Tableau 16 : Classification des variétés d'orge en groupes homogènes, selon le test de Tukey pour la matière sèche racinaire

Variété	Matière sèche (mg/plant)	Groupes homogènes			
Tichedrett	6,938	A			
Bahia	6,825	A	B		
Rahma	6,712	A	B	C	
Plaisant	6,674	A	B	C	
Rihane03	6,612	A	B	C	
Oued-Righ	6,561	A	B	C	
Saïda183	6,512	A	B	C	
Jaidor	6,496	A	B	C	
Alanda	6,484	A	B	C	
Acsad176	6,414	A	B	C	
Lagune	6,390	A	B	C	
Fouara	6,016	A	B	C	D
Barberousse	5,871		B	C	D
Soufara	5,721			C	D
Tina	5,227				D
Tissa	5,144				D

Munns et Tester (2008), signalent que la présence des sels à l'extérieur des racines ont un impact immédiat sur la croissance cellulaire et sur tous les métabolismes associés.

Zaman-Allah et al. (2009), ajoutent que les espèces qui maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline, sont plus tolérantes.

A la concentration 3g/l, l'effet du stress salin sur la matière sèche racinaire est moins marqué, mais il devient de plus en plus important avec l'augmentation du stress salin (témoin "7,57mg", 3g/l "6,92mg", 6g/l "5,83mg", et 9g/l "4,84mg").

L'interaction variété x stress salin est non significative. A 9g/l, ce sont les variétés Jaidor, Oued-Righ et Plaisant qui sont en première position (5,68, 5,66 et 5,48mg). Alors que les variétés Tissa et Tina enregistrent la teneur la plus

faible en matière sèche racinaire (4,11 et 4,00mg).

Le taux de réduction de la matière sèche racinaire (tableau 17), indique qu'à 3g/l, la moyenne est de 8,52% (le plus bas). A 6g/l, la moyenne est passée à 22,54% où se classent Tina en première position et Acsad176 et Rihane03 en dernière position. A 9g/l, la moyenne a encore augmenté pour atteindre 35,71%, où se classent Oued-Righ et Jaidor en première position et Bahia en dernière position.

La moyenne des trois traitements, montre que la variété Tina représente le taux de réduction le plus bas et la variété Acsad176 représente le taux de réduction le plus élevé.

Tableau 17 : Taux de réduction de la matière sèche racinaire des seize variétés d'orge (%)

Variété	3g/l	6g/l	9g/l	Moyenne
Oued-Righ	9,18	17,39	24,88	17,15
Fouara	1,98	33,01	42,16	25,72
Tichedrett	-0,11	25,32	43,25	22,82
Bahia	6,87	21,54	46,46	24,95
Saïda183	14,11	29,84	40,48	28,14
Rihane03	12,94	35,50	44,09	30,84
Tina	5,66	7,17	32,14	14,99
Soufara	13,02	18,94	36,30	22,75
Acsad176	17,34	40,63	43,70	33,89
Rahma	7,33	13,82	35,77	18,98
Tissa	5,06	29,14	33,51	22,57
Lagune	4,55	11,41	29,86	15,27
Plaisant	3,49	17,26	27,93	16,23
Jaidor	11,34	18,61	24,49	18,15
Barberousse	16,23	21,98	33,41	23,87
Alanda	7,37	19,06	32,85	19,76
Moyenne	8,52	22,54	35,71	22,26

3.8 Classification ascendante hiérarchique (CAH) des variétés

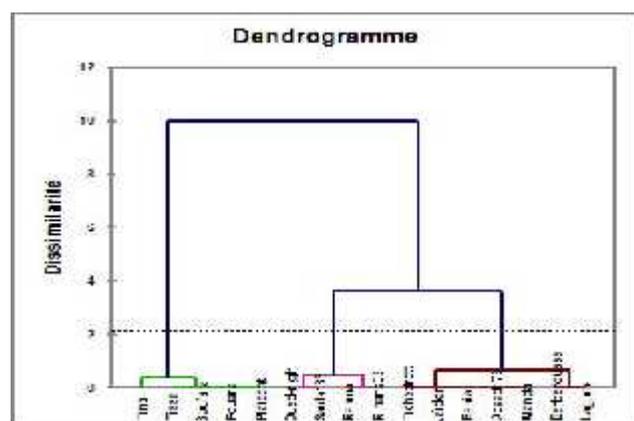
Cette classification a permis de répartir les variétés d'orge testées, en trois classes (tableau 18 et figure 1).

Tableau 18 : Classification ascendante hiérarchique des variétés d'orge étudiées

Variété	G%	LP	LR	MSA	MSR	Total	Classe
Acsad176	3	1	2	2	2	10	MT
Alanda	2	2	2	2	2	10	MT
Bahia	2	1	2	2	3	10	MT
Barberousse	2	3	2	2	2	11	MT
Fouara	2	2	2	3	3	12	PT
Jaidor	2	3	2	2	1	10	MT
Lagune	1	3	3	2	2	11	MT
Oued-Righ	1	2	3	1	1	8	T
Plaisant	2	3	3	3	1	12	PT
Rahma	3	1	2	1	2	9	T
Rihane03	2	1	3	1	2	9	T
Saïda183	2	1	2	1	2	8	T
Soufara	2	2	2	3	3	12	PT
Tichedrett	3	2	1	2	2	10	MT
Tina	2	2	3	3	3	13	PT
Tissa	1	3	2	3	3	12	PT

G% : taux de germination final, LP : longueur des plantules, LR : longueur des racines, MSA : matière sèche aérienne, MSR : matière sèche racinaire, T : tolérante, MT : moyennement tolérante, PT : peu tolérante

Les variétés Oued-Righ, Saïda183, Rahma et Rihane03 sont des variétés tolérantes au stress salin à la phase germination. Les variétés Acsad176, Alanda, Bahia, Barberousse, Jaidor, Tichedrett et Lagune sont des variétés moyennement tolérantes. Alors que les variétés, Fouara, Plaisant, Soufara, Tina et Tissa sont considérés comme des variétés peu tolérantes.

**Figure 1 : Dendrogramme de Classification ascendante hiérarchique des seize variétés d'orge testées**

Les paramètres qui ont contribué de plus au classement des variétés tolérantes, sont la longueur des plantules, la matière sèche aérienne et le taux de germination.

4 CONCLUSION

La réponse de l'orge au stress salin présente une variabilité, selon la variété, la concentration en NaCl du milieu de germination et le paramètre étudié.

Le stress salin a marqué une diminution de tous les paramètres étudiés. Cette diminution est faible au stress salin modéré (3g/l), mais plus importante au stress salin plus fort (9g/l).

La classification ascendante hiérarchique a permis de classer les variétés selon leur tolérance au stress salin.

Cette étude devrait être complétée par des expérimentations similaires sur le champ afin de confirmer la véritable tolérance des variétés d'orge étudiées et orienter ainsi les agriculteurs vers celles qui montrent plus de tolérance vis à vis du stress salin. Néanmoins ces résultats peuvent être exploités pour la production d'orge germée hydroponique pour l'alimentation du bétail, car elle est très productive et nutritive.

REMERCIEMENTS

Mes vifs remerciements s'adressent au personnel de l'ITGC de Sétif, surtout au Directeur et à M. Mustafa, ainsi qu'à M. Benmahammed, qui m'ont fourni la plupart des semences utilisées dans cette étude.

REFERENCES

- [1] Adjel F., Bouzerzour H., & Benmahammed A. (2013). Salt Stress Effects on Seed Germination and Seedling Growth of Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Genotypes. *Journal of Agriculture and Sustainability*, 3(2), 223-237.
- [2] 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 (*Citrus lanatus* L.). *Sécheresse* 18 (1), 51-55.
- [3] Bartels D. & Sunkar R. (2005). Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24, 23-58.
- [4] Belkhodja M. & Bidai Y. (2004). Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. *Sécheresse*, N°4, vol.15, 331-335.
- [5] Benderradji, L., F. Brini, S.B. Amar, K. Kellou, J. Azaza, K. Masmoudi, H. Bouzerzour and M. Hanin. (2011). Sodium transport in the seedlings of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes showing contrasting salt tolerance. *Australian Journal of Crop Sciences* 5, 233-241.
- [6] Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi ML., & Selmi M. (2001). Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, vol 12, 167-174.

- [7] Bouda S. & Haddioui A. (2011). Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technologie*. n°05, 72-79.
- [8] Chadli R. & Belkhdja M. (2007). Réponses Minérales Chez la Fève (*Vicia faba* L.) au stress salin. *European Journal of Scientific Research* Vol.18. n°4, 645- 654.
- [9] El Goumi Y., Fakiri M., Lamsaouri O. & Benchekroun M. (2014). Salt stress effect on seed germination and some physiological traits in three Moroccan barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (2), 625-632.
- [10] FAO (2008). FAO Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.Fao.org/ag/AGL/public.stm>.
- [11] Flowers T. & Yeo A. (1995). Breeding for salinity resistance in crop plants : where next? *Aust. J. Plant Physiol.* 22, 875-884
- [12] Greenway H. (1965). Plant response to saline substrates. Growth and ion uptake throughout plant development in two varieties of *Hordeum vulgare*. *Aust. J. Biol. Sci.* 18, 763-779.
- [13] Hajlaoui H., Denden M. & Bouslama M. (2007). Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, 25, 168-173.
- [14] Ines J., Yosra S. & Mohamed E. G. (2014). Effects of salt stress on growth seedlings of two landrace varieties of durum wheat from the Tunisian centre (*Triticum durum*). *African Journal of Agricultural Research*, 9(33), 2528-2539.
- [15] Jaouadi W., Hamrouni L., Souayeh N. & Khouja M.L. (2010). Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(4), 643-652.
- [16] Kadri K., Maalam S., Cheikh M.H., Benabdallah A., Rahmoune C. & Ben Naceur M. (2009). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisiennes d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Science and Technologie* 29, 72-79.
- [17] Khan M.A., Rizvi Y. (1994). Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Can J Bot* 72, 475-9.
- [18] Levigner A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P. & Casse-Delbart F. (1995). Les plantes face au stress salin. *Cah. Agric.* 4, 263-273.
- [19] Mrani Alaoui M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M., et Hmyene A. (2013). Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *J. Mater. Environ. Sci.* 4 (6), 997-1004.
- [20] Munns R. & Tester M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59, 651-681.
- [21] Ndiaye et al. J. Appl. Biosci. 2014. Effets du stress salin sur la germination des grains de *Gossypium hirsutum* L. *Journal of Applied Biosciences*, 80(1), 7081-7092.
- [22] Nibau C., Gibbs D.J. & Coates J.C. (2008). Branching out in new directions : the control of root architecture by lateral root formation. *New Phytologist*, 179(3), 595-614.
- [23] Niu G., Rodriguez D.S. & Starman T. (2010). Response of bedding plants to saline water irrigation. *Hort Science*, 45(4), 628-636.
- [24] Othman Y., Al-Karaki G., Al-Tawaha A.R. & Al-Horani A. (2006). Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. *World J. Agric. Sci.*, 2, 11-15.
- [25] Radhouane, L. (2008). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) autochtones de Tunisie. *Comptes Rendus Biologies*, 331(4), 278-286.
- [26] Shannon M., Dalton F. & El-Sayed S. (1993). Physiological response of crops to sea water : minimizing constraints that limit yield. (eds. H. Lieth and A. Al Masoom). vol 2, 3-12. Kluwer Academic publishers, Netherlands.. Springer.
- [27] Slama F. (2004). La salinité et la production végétale. Ed .Centre de publication universitaire Tunis. 163p.
- [28] Soltani A., Hajji M. & Grignon C. (1990). Recherche de facteurs limitant la nutrition minérale de l'orge en milieu salé. *Agronomie*, EDP Sciences, 10 (10), 857-866.
- [29] Yildirim E. & Guvenc I. (2006). Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turk J Agric For* 30, 347-353.
- [30] Yousofinia M., Ghassemian A., Sofalian O. & Khomari S. (2012). Effects of salinity stress on barley (*Hordeum vulgare*, L.) Germination and seedling growth. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Vol. 4, 1353-1357.
- [31] Zaman-Allah M., Sifi B., L'Taief B. & El Aouni M. (2009). Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13(1), 113-119.
- [32] Zid E. & Grignon C. (1991). Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELFUREF. Jon Libbey Eurotext, Paris, 91-108.