

RESEARCH PAPER

Réponse nutritionnelle de trois variétés d'orge à la qualité de l'eau d'irrigation et à la fertilisation azotée

Nutritional response of three barley varieties to the quality of irrigation water and nitrogen fertilization

Y. Abdelhafid, MZ. Rechachi, T. Otmane, H. Rouahna et A. Halitim

Division ressources en sols, Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les régions Arides, CRSTRA, Biskra

Received 7 November 2016; Revised 27 December 2016; Accepted 28 December 2016

Résumé

Cette expérimentation traite de l'effet de la qualité de l'eau d'irrigation et la fertilisation azotée sur la solution du sol et leurs conséquences sur la production et la composition minérale de la biomasse aérienne chez trois variétés d'orge (Baldia, Saida, Tichedrett). Les résultats obtenus ont montré que l'eau de forage (plus salée CE=4.7mS/cm) augmente la concentration ionique dans la solution du sol surtout pour le Sodium et le Chlore comparativement à celle du barrage (CE=2.2 mS/cm). La production de la matière sèche et la consommation en eau sont élevées en présence de l'eau de barrage chez la variété Baldia ensuite Tichedrett et Saida. En revanche elles sont réduites chez la variété Baldia avec l'eau de forage par rapport à celle de Barrage où elles sont respectivement de 12.5% et de 39 %. Cet effet de stress salin est observé pour les trois variétés d'orge testées. Alors qu'en présence de l'eau de forage c'est la variété Saida qui est la plus performante suivie par Baldia et Tichedrett. La variété Saida est la plus tolérante, car elle a la plus faible teneur en Na⁺ avec l'eau de forage, ce qui indique qu'elle est de type « excluders ». La variété Baldia présente les caractéristiques ionique des plantes « includes », elle a la teneur la plus élevée en Na⁺ dans sa partie aérienne. La variété Tichedrett tient une place intermédiaire entre Baldia et Saida, ceci indique que cette variété a une certaine tolérance au sodium mais pas aussi importante que Baldia. Les données font ressortir que la fertilisation azotée sous forme aminée (Urée 46 %), et dans les conditions de l'essai ne montrent aucune influence significative sur les paramètres mesurés (MS, Ca, Mg, Na, K et P) entre les deux eaux d'irrigation utilisées. Cette constatation pourrait s'expliquer par une faible différence de salinité entre ces dernières.

Mots-clés: Qualité d'eau, Orge, Salinité, Azote, Réponse.

Abstract

This experiment deals with the effect of water quality irrigation and nitrogen fertilization on the soil solution and their consequences on the production and mineral composition of aerial biomass in three varieties of barley (Baldia, Saida, Tichedrett). The results obtained showed that the drilling water (more saline CE = 4.7mS / cm) increases the ionic concentration in the soil solution, especially for Sodium and Chlorine compared to that of the dam (EC = 2.2 mS / cm). The production of the dry matter and the water consumption are high in the presence of the dam water in the variety Baldia then Tichedrett and Saida. On the other hand, they are reduced in the Baldia variety with drilling water compared to that of Dam, where they are respectively 12.5% and 39%. This effect of salt stress is observed for the three varieties of barley tested. While in the presence of drilling water it is the Saida variety that is the most effective followed by Baldia and Tichedrett. The Saida variety is the most tolerant because it has the lowest Na + content with the drilling water, indicating that it is of the «excluders» type. The Baldia variety has the ionic characteristics of the plants «comprers», it has the highest Na + content in its aerial part. The variety Tichedrett holds an intermediate place between Baldia and Saida, this indicates that this variety has a certain tolerance to sodium but not as important as Baldia.

The data show that nitrogen fertilization in amine form (Urea 46%) and under the test conditions showed no significant influence on the measured parameters (MS, Ca, Mg, Na, K and P) between the two used irrigation water. This results could be explained by a small difference in salinity between the water.

Keywords: Water quality, Barley, Salinity, Nitrogen, Response.

Corresponding author

Youcef Abdelhafid

E-mail: abdelhafidyoucef@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

En Algérie, l'orge est classée la deuxième céréale après le blé dur (Tellah, 2005). C'est une espèce réputée pour sa tolérance à la salinité et pour sa large adaptation aux environnements de culture difficiles tels que les régions arides. En effet, dans ces dernières l'eau d'irrigation, à cause de sa forte concentration en sels, a un impact négatif sur le développement et la productivité des cultures, mais diffère selon plusieurs paramètres (caractéristiques des sols, types de sels, nature des plantes et stade physiologique (Daoud et Halitim, 1994). Parmi les voies et les moyens permettant de lutter contre la salinité des eaux et des sols il est fait souvent appel à la sélection des espèces et variétés adaptées à ces conditions (Bennaceur et al, 2001) d'une part et à la maîtrise du couple irrigation drainage et à l'amélioration du potentiel nutritif du sol et notamment azoté d'autre part.

Dans cette perspective, nous avons étudié la réponse de trois variétés d'orge aux effets liés à la qualité de l'eau d'irrigation et à la fertilisation azotée. Pour cela, deux sources d'eau ont été utilisées pour l'irrigation, une d'origine superficielle peu salée (barrage de Fontaine des Gazelles- Wilaya de Biskra), la seconde d'origine souterraine, salée (forage de la nappe Mio-Pliocène de la station expérimentale de l'ITDAS (El Outaya). La fertilisation azotée a consisté en des apports d'engrais azoté aminé sous forme d'urée 46%. Cette expérience a été effectuée au niveau de la station du CRSTRA située dans la Plaine d'El Outaya (Wilaya de Biskra) durant l'année 2011 (janvier-juin 2011).

L'objectif de ce travail est de chercher parmi les trois variétés qui sont cultivées dans la région celle qui présente une meilleure adaptation aux conditions locales liées principalement à la qualité de l'eau d'irrigation.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériels végétal

L'essai a porté sur trois variétés d'orge dont deux sont homologuées, Saida183 et Tichedrett et une variété locale Baldia.

2.2. Conditions de culture

L'essai a été mené durant l'année 2011-2012 sous des conditions semi contrôlées. Le semis a été réalisé

dans des pots en plastique de 5 litres de capacité et pourvus d'un orifice à la base, pour évacuer l'excès d'eau de drainage. Le sol utilisé est celui d'une parcelle de la station expérimentale du CRSTRA située à El-Outaya (Tableau 1). Les échantillons du sol sont prélevés sur une profondeur de 30cm.

La culture d'orge a été conduite sous arrosage optimal. Les traitements azotés sont appliqués au stade semis par ajout de l'Urée 46%. Il s'agit des doses T1=1, correspond à un apport pour un rendement de 30 qx/ha, T2=1.5 pour un rendement de 45 qx/ha et T0 sans apport. Les eaux utilisées pour l'irrigation sont celle du barrage de Fontaine des Gazelles qui est destinée à l'irrigation du périmètre irrigué d'El-Outaya et celle de forage de la station expérimentale de l'ITDAS (Tableau 2).

2.3. Dispositif expérimental

Il s'agit d'un essai factoriel combinant les trois variétés d'orge aux deux sources d'eau et trois doses d'engrais. Le dispositif expérimental adopté est aléatoire à deux blocs avec répétitions. Les variétés sont irriguées avec l'eau de barrage dans le premier bloc et celle de forage dans le deuxième.

Tableau 1: Quelques paramètres physiques et chimiques du sol (0 à 30cm).

Paramètres	Résultats
H% (pF 2.5)	36.9
H% (pF 4.2)	15.9
Granulométrie (%)	
Argile	33
Limon	58.5
Sable	8.5
CaCO3Total (%)	45.8
Gypse(%)	traces
Solution du sol	
pH (1/2.5)	7.4
CE (1/5) (dS/m)	1.7
Cations (még/l)	
Na+	10.4
K+	0.1
Ca++	16.63
Mg++	18.83
Anions (még/l)	
Cl-	18
SO4--	17.41
HCO3-	5.2

2.4. Paramètres mesurés

2.4.1. La solution du sol

Une analyse du bilan ionique de la solution du sol est effectuée après la récolte. Il s'agit des ions de sodium (Na^+) et potassium (K^+) déterminées au moyen d'un photomètre à flamme et calcium (Ca^{++}) et magnésium (Mg^{++}) déterminés par complexométrie. Les chlorures (Cl^-) sont dosés par titration.

2.4.2. La biomasse végétative aérienne

Cet essai a pour but de mettre en évidence le comportement de la biomasse du système aérien des différentes variétés d'orge avec les différents traitements.

Tableau 2 : Analyse chimique des eaux utilisées pour l'irrigation.

Paramètres	Barrage	Forage
CE (dS/m)	2.2	4.7
pH	7.3	7.8
Cations (méq/l)		
Na ⁺	9.85	29.15
K ⁺	0.37	0.36
Ca ⁺⁺	10.2	11.6
Mg ⁺⁺	7.1	15.7
Anions (méq/l)		
Cl ⁻	9	29
SO ₄ [—]	15.45	24
HCO ₃ ⁻	1.42	2.3
SAR	3.3	7.9

Tableau 3: Volumes d'eau (en l) consommés par les trois variétés d'orge.

Eaux	Baldia	Tichedrett	Saida
Barrage	20.2	19.2	19.5
Forage	17.7	17.8	17.5

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de la variance de l'effet des trois facteurs (variété d'orge, qualité d'eau et traitement azoté) sur la solution du sol.

Facteurs	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻
Variété (V)	0.322	0.024*	0.055	0.498	0.170
Eau (C)	0.043*	0.273	0.367	0.265	0.134
Azote (T)	0.405	0.022*	0.581	0.556	0.641
V.C	0.806	0.016*	0.042*	0.859	0.355
V.T	0.570	0.132	0.123	0.842	0.581
C.T	0.476	0.312	0.279	0.284	0.288
V.C.T	0.145	0.164	0.243	0.274	0.424

** : Effet significatif au seuil de 1% ; *** : effet significatif au seuil de 0.1% ; * effet significatif au seuil de 5% ; Les chiffres correspondent aux valeurs du P. V.C : variété.eau, V.T : variété. azote C.T : eau. azote V.C.T : variété.eau .azote

On détermine la masse végétative aérienne par la quantification de la matière sèche par peser du poids qui est déterminée après séchage à l'étuve, broyage et enfin leur mise en analyse.

La composition chimique de la matière sèche de la plante a porté uniquement sur la partie aérienne à l'arrêt de la culture. Les parties aériennes sont préalablement desséchées pendant 48 heures à 80 ° C et mis dans des piluliers contenant 25 ml d'acide nitrique (0.1 N) (Cottenie et al, 1982). Les différents dosages ont été effectués sur le filtrat de l'extraction acide à froid. Les cations Na^+ et K^+ sont déterminés par photomètre à flamme et Ca^{2+} et Mg^{2+} par complexométrie. La détermination du phosphore est faite par colorimétrie.

2.5. Analyse statistique

Les données ont été soumises à une analyse de la variance selon la procédure ANOVA afin de déterminer l'effet des facteurs retenus sur la solution du sol, la production de la biomasse aérienne (MSA) et sa variabilité minérale. Il est procédé à des analyses de la variance et à la comparaison des moyennes à l'aide du test de Fisher à $\alpha = 5\%$ à l'aide du logiciel Statistica version 8.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Qualité des eaux d'irrigation

Les résultats d'analyse des eaux utilisées pour l'irrigation (Tableau 2), montrent que celles-ci sont très fortement salées (Daoud et Halitim, 1994) avec un risque de sodicité faible pour l'eau de barrage et moyen pour celle de forage USSL (1954). Ces eaux présentent donc, une qualité moyenne à médiocre et à utiliser avec précaution dans les sols lourds, nécessitant un drainage avec des doses de lessivage.

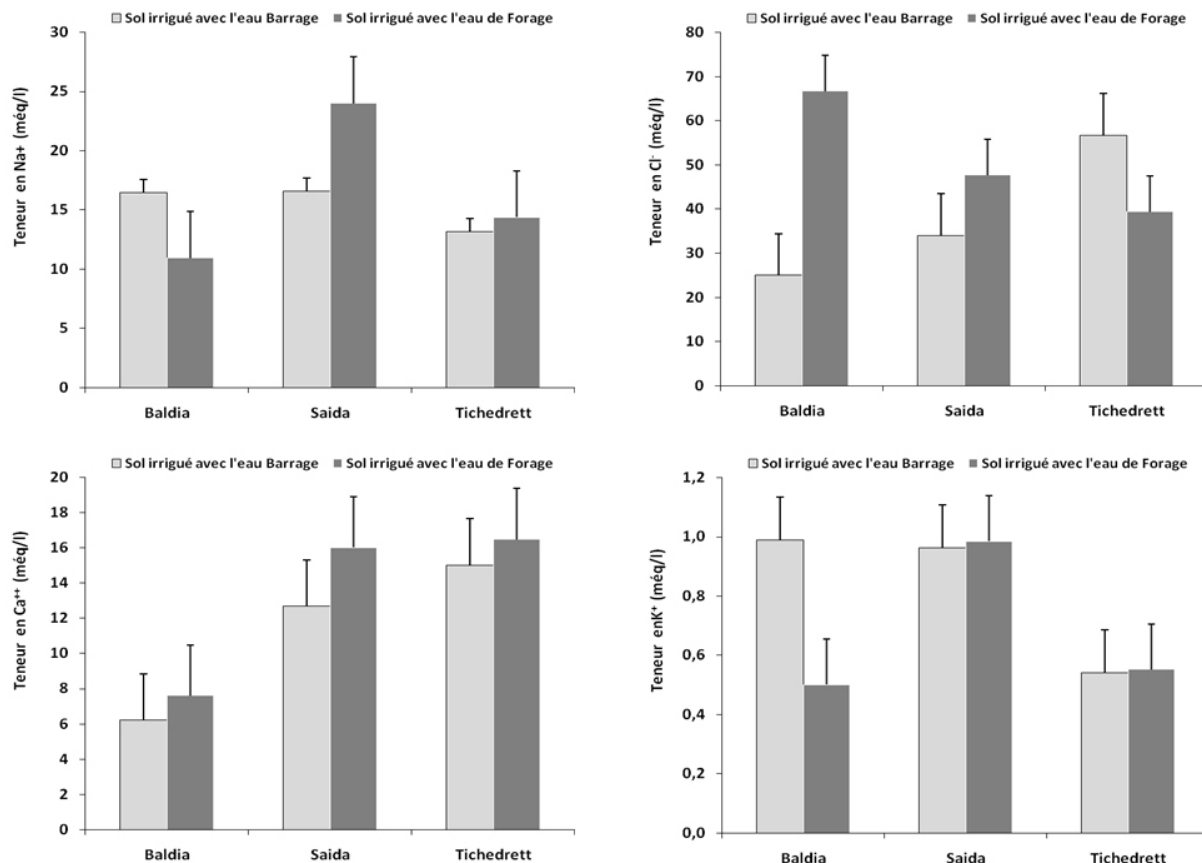


Figure 1: Effet de l'eau d'irrigation sur les teneurs en (Na+,K+,Ca++et Cl-) dans la solution du sol sans traitement azoté (T0).

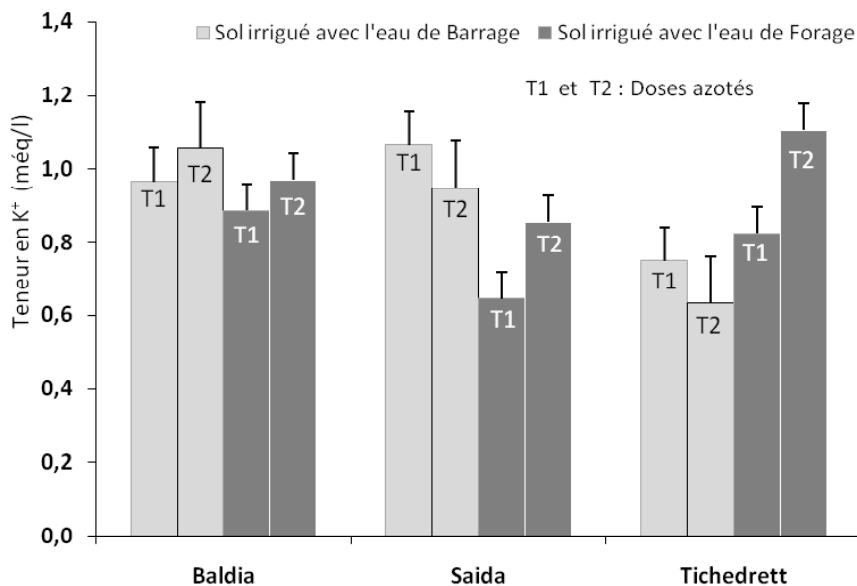


Figure 2: Effet du traitement azoté sur la teneur en K+ dans la solution du sol.

3.2. Caractérisation du sol avant irrigation

Les résultats d'analyse du sol (Tableau 1) montrent que celui-ci présente une texture limono-argileuse, une forte salinité ($CE\ 1/5 > 5.2\ dS/m$) avec une faible sodicité ($ESP < 15\%$). La teneur en calcaire total est élevée, alors que le gypse est presque absent. Le pH est neutre à basique avec un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésique.

3.3. La consommation en eau chez les variétés d'orge

Au terme du cycle végétatif, la consommation en eau des trois variétés d'orge (Tableau 3) est nettement plus élevée en présence de l'eau du barrage (19.6 L en moyenne) que celle de forage (17.7 L en moyenne). Sachant que la quantité d'eau consommée est mesurée après la détermination de la capacité de rétention CR du sol, l'humidité du sol est toujours maintenue au 2/3 de celle-ci en procédant à des vérifications par pesées périodiques afin d'échapper du stress hydrique en éliminant le drainage.

3.4. la solution du sol

L'examen de l'analyse de la variance (Tableau 4) révèle la présence d'un effet significatif de l'eau d'irrigation sur la teneur en sodium et des effets variétal et azoté sur la teneur en potassium dans la solution du sol. On observe aussi l'effet conjugué de l'eau et de la variété sur la teneur en Ca^{++} et K^+ .

L'examen de la figure 1 montre la dominance des ions de Na^+ et Cl^- dans la solution du sol après l'irrigation. Ces ions sont généralement plus concentrés dans le sol avec l'eau de forage que celle de barrage

Tableau 5 : Analyse de variance de l'effet de facteurs de variation sur la production de la matière sèche aérienne MSA chez les variétés d'orge

Facteurs de variation	MSA
Variété (V)	0.218
Eau (C)	0.0001***
Azote (T)	0.635
V.C	0.115
V.T	0.174
C.T	0.397
V.T.C	0.032*

*** : Effet significatif au seuil de 0.1%. ** : effet significatif au seuil de 1% ;

* : effet significatif au seuil de 5%. Les chiffres correspondent aux valeurs du P,

dans presque tous les pots. La forte concentration en Na^+ est enregistrée au niveau des traitements avec la variété Saida et celle des chlorures au niveau de ceux de la variété Baldia.

L'examen de la figure 2 montre que l'apport azoté a pu augmenter les teneurs en K^+ dans la solution du sol chez les variétés Baldia et Tichedrett en présence de l'eau de forage.

3.5. Effets sur la production de la biomasse aérienne

L'analyse de la variance relative à la production de matière sèche aérienne (MSA) (Tableau 5) révèle, pour l'effet salin, une différence hautement significative de la production de matière sèche chez les trois variétés d'orge.

Avec l'eau de barrage, la production de la MSA chez la variété Baldia est la plus élevée (21g/pot) par rapport aux variétés Tichedrett (8.6g/pot) et Saida (5.6g/pot) (Figure 3a). Pour l'eau de forage, il y a une nette réduction de la production de la MSA chez les trois variétés d'orge. La variété Baldia est la plus touchée par le sel, dont la production de la matière sèche a été réduite à 39%, suivi par la variété Tichedrett à 74%. La variété Saida, montre une augmentation de 30% de MSA.

La production de la MSA est proportionnelle aux doses d'azote en présence de l'eau de barrage pour les variétés Saida et Tichedrett et en présence de l'eau de forage pour la variété Baldia (Figure 3.b).

3.6. Effets sur la composition minérale de la biomasse aérienne

Les teneurs en éléments minéraux de la biomasse aérienne ont eu un comportement différent chez les variétés d'orge (Tableau 6). L'analyse de la variance a révélé que les teneurs en Na^+ et K^+ dans la partie aérienne sont respectivement significative et très significative selon les variétés d'orge. Il est constaté aussi un effet hautement significatif de l'eau d'irrigation sur la teneur en K^+ . En revanche l'examen de l'analyse statistique révèle l'absence d'effet variétal, salin et azoté sur les teneurs Ca^{++} et en Mg^{++} de la biomasse aérienne chez les variétés d'orge (Tableau 6).

En absence de traitement azoté, la teneur en Na^+ est plus élevée chez la variété Saida (1.27%), que Tichedrett (0.81%) et Baldia (0.28%) avec l'eau de barrage, (Figure 4.a). Alors qu'avec l'eau de forage, on

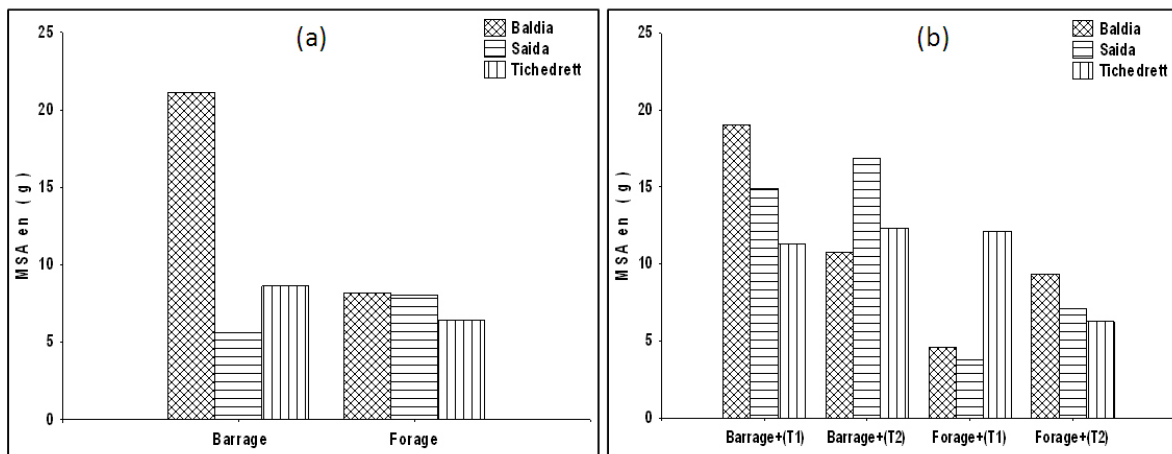


Figure 3 : Effet de l’eau d’irrigation sur la production de la partie aérienne des variétés d’orge (a) : sans traitement azoté, (b) : avec traitement azoté.

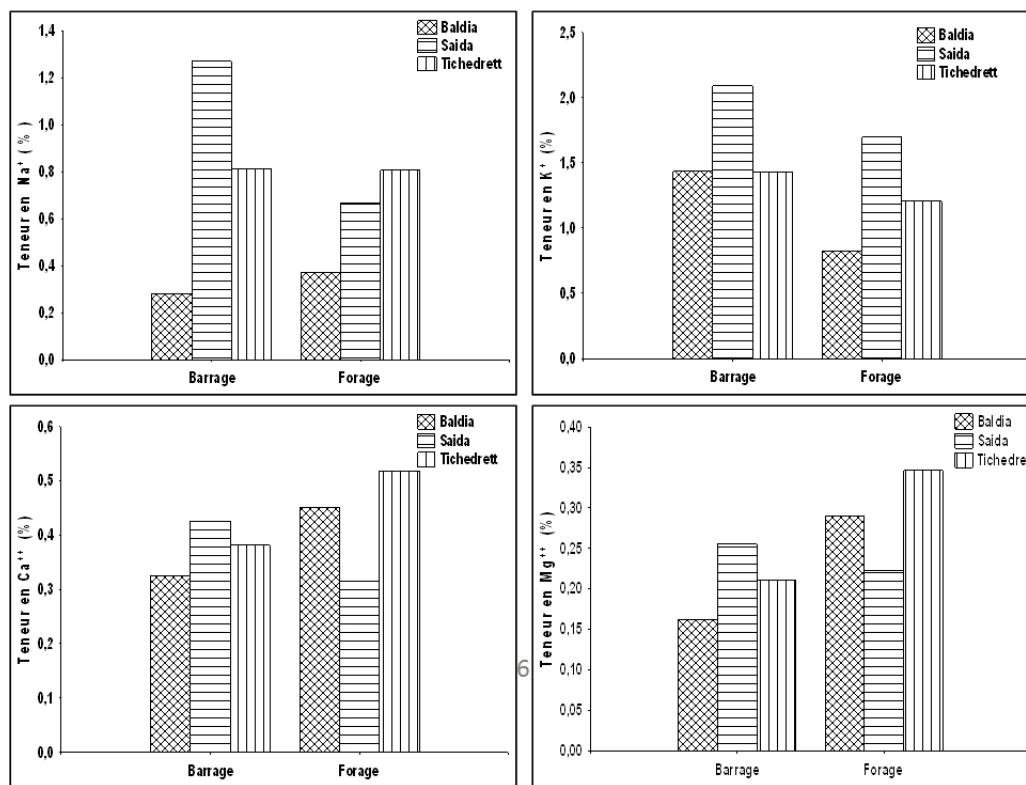


Figure 4: Effet de l’eau d’irrigation sur la teneur en (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) dans la partie aérienne des variétés d’orge sans traitement azoté.

note une réduction de la teneur en Na^+ chez la variété Saida avec une augmentation chez la variété Baldia et une certaine stabilité chez la variété Tichedrett.

Sans apport azoté et en présence de l'eau de barrage, la teneur en potassium de la biomasse aérienne est la plus élevée chez la variété Saida (2.01%) alors qu'elle est identique chez Baldia et Tichedrett (1.43%) (figure 5b). En présence de l'eau du forage, on note une réduction de la teneur en K^+ chez les variétés d'orge, mais reste la plus élevée (1.7%), chez la variété Saida.

En absence d'un apport azoté, la teneur en calcium de la partie aérienne est la plus élevée chez la variété Saida (0.42%) en présence de l'eau de barrage. Alors qu'avec l'eau de forage, on note une augmentation progressive de la teneur en Ca^{++} chez les variétés Baldia et Tichedrett et une réduction chez Saida (Figure 4).

La teneur en Mg^{++} de la partie aérienne varie peu chez les variétés d'orge (figure 4). Dans le cas où l'irrigation se fait avec l'eau de barrage, la teneur en Mg^{++} varie entre 0.16% chez Baldia et 0.26% chez Saida. Lorsque l'irrigation se fait avec l'eau de forage, la teneur en Mg^{++} diminue chez la variété Saida et augmente chez les autres variétés.

L'apport de l'urée n'a pas eu un effet significatif sur les teneurs en sodium, que se soit avec de l'eau de barrage ou de forage (figure 5). Néanmoins, l'apport d'une dose azotée (T1) en présence de l'eau de forage a donné une teneur élevée en Na chez la variété Tichedrett (0.96%). L'apport de l'urée n'a pas eu un effet significatif sur la teneur en K^+ chez les variétés d'orge (figure 5). Néanmoins, l'accumulation en K^+ est proportionnelle aux doses d'azote appliqués chez la variété Tichedrett en présence de l'eau de barrage et chez les variétés Baldia et Tichedrett en présence

de l'eau de forage.

L'apport azoté sous forme d'urée n'a pas eu un effet sur la teneur en Ca^{++} (Figure 5). Cependant, l'augmentation de la teneur en Ca^{++} chez les variétés Baldia et Saida est proportionnelle aux doses d'azote en présence de l'eau de barrage. De même pour la variété Saida mais avec celle de forage. En présence de l'eau de barrage, la teneur en Mg^{++} de la biomasse aérienne est proportionnelle aux doses d'azote chez les variétés d'orge (figure 5). Par contre avec l'eau de forage, on note une légère diminution de la teneur en Mg^{++} chez Tichedrett et une certaine stabilité chez les variétés Saida et Baldia.

4. Discussion

Effet sur la concentration ionique de la solution du sol

L'irrigation avec l'eau de forage a engendré une augmentation de la pression osmotique dans le sol, due essentiellement à l'augmentation de la concentration de certains ions (Na^+ et Cl^-). Ceci a provoqué un déséquilibre hydrique et/ou ionique chez les variétés d'orge ce qui explique la réduction de leur consommation en eau. Cet état montre que lorsque la concentration saline de l'eau augmente cela limite l'absorption de l'eau ce qui ressemble à un état de stress hydrique. Selon Song et al (2005), plus la solution du sol est chargée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. D'après Mengel et Kirkby (1982 ; cité par Snoussi et Halitim, 1998), l'entrée de l'eau dans le cortex racinaire est d'autant plus difficile que la solution du sol est à une pression osmotique plus forte. Par exemple chez la variété Baldia il est constaté un bon développement de la chevelure raci-

Tableau 6 : Analyse de variance relative des facteurs de variation sur la composition minérale chez les variétés d'orge.

Facteurs de variation	Na^+	K^+	Mg^{++}	Ca^{++}	P
Variété (V)	0.030*	0.005**	0.690	0.503	0.543
Eau (C)	0.252	0.0003***	0.577	0.080	0.436
Azote (T)	0.115	0.114	0.244	0.808	0.077
V.C	0.341	0.273	0.368	0.056	0.915
V.T	0.626	0.133	0.972	0.079	0.440
C.T	0.124	0.395	0.130	0.490	0.469
V.C.T	0.760	0.850	0.564	0.886	0.143

*** : effet significatif au seuil de 0.1% ; ** : Effet significatif au seuil de 1% ; * effet significatif au seuil de 5%.

Les chiffres correspondent aux valeurs du F calculé.

naire en présence de l'eau de barrage contrairement à celle de forage (photo 1) ; cela indique que les effets osmotiques du stress salin peuvent également réduire la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption de l'eau et des éléments nutritifs du sol (Tester et Davenport (2003).

Effets sur la production de matière sèche/salinité/variété

En absence d'apport azoté, la production de la MSA chez les variétés d'orge diffère selon l'eau d'irrigation. La variété Baldia est plus performante par rapport à Tichedrett et Saida en présence de l'eau de barrage. Lorsque l'irrigation se fait avec l'eau de forage, il y a une réduction de la production de matière sèche des trois variétés. Ceci est liée non seulement à des perturbations de concentration des régulateurs de croissance (acide abscissique et cytokinines comme décrit par Termaat et al.1985 et Kuiper et al.1990, mais aussi à une réduction de la capacité photosynthétique

suite à une diminution de la conductance stomatique du CO₂ induite par la contrainte saline (Walker et al.1981; Santiago et al. 2000, cité par Belfakih et al, 2013). Ce résultat concorde avec ceux trouvés sur une variété d'orge (Munns et Rawson, 1999) et (Hu et al, 2005). D'après Bennaceur et al (2001), la réduction de croissance chez les céréales serait principalement due à une perturbation de l'alimentation en eau sous l'effet inhibiteur de NaCl. La variété Saida, malgré son faible rendement en matière sèche par rapport à la variété Baldia, elle n'a pas connue une chute de rendement sous l'effet salin. L'addition d'azote sous forme d'urée (46%) a eu un effet variable chez les variétés d'orge. Il semble qu'un apport supplémentaire en azote chez les variétés Baldia et Saida provoque une amélioration nette de la biomasse aérienne, ce qui suggère que l'apport d'azote diminue l'effet dépressif du sel et bien entendu améliore la production de matière sèche. Ce résultat concorde avec ceux de Alami (1994, cité par Ibriz et al, 2004) chez Medi-

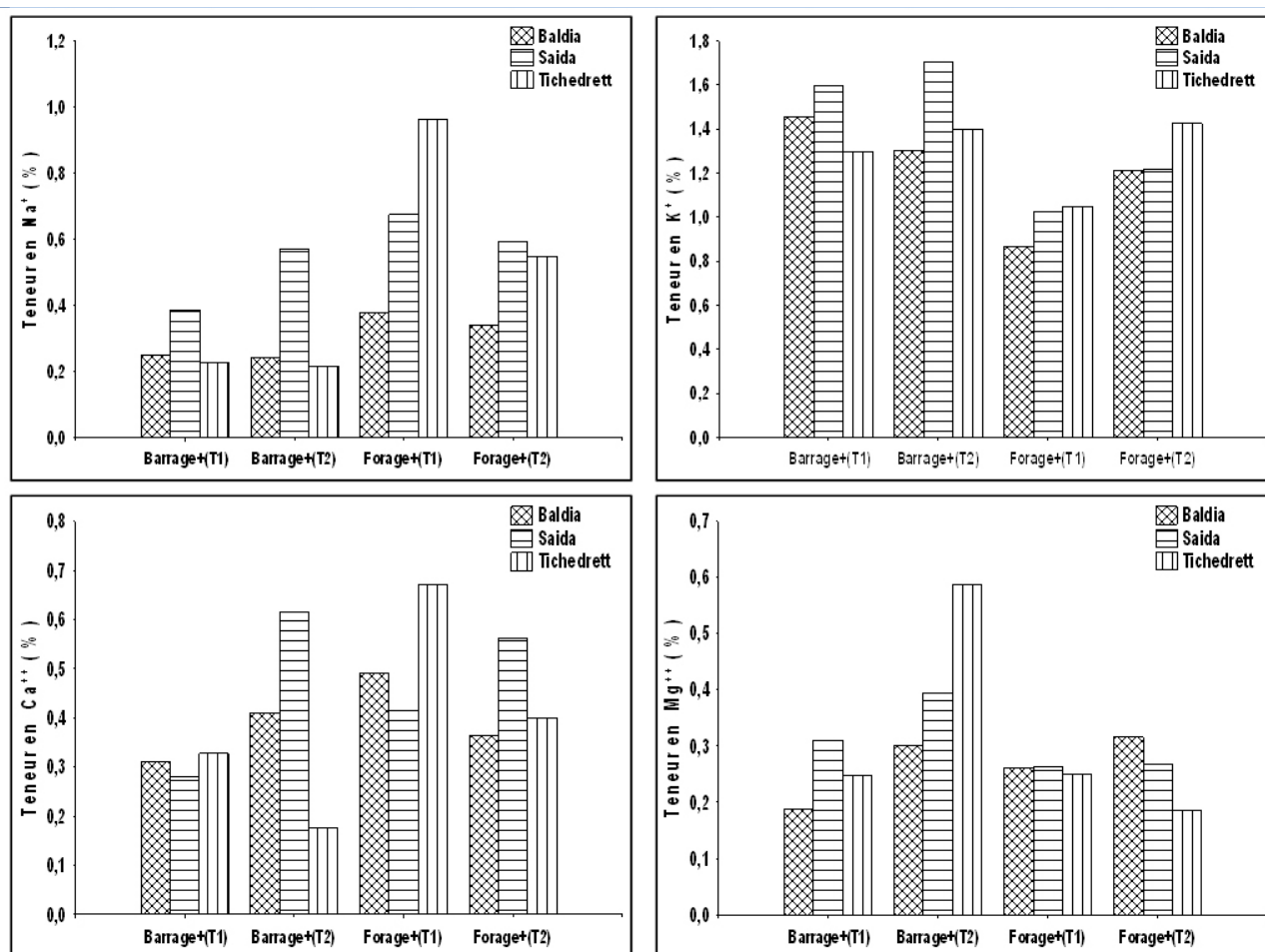


Figure 5: Effet combiné de l'eau d'irrigation avec traitement azoté sur la teneur en (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) dans la partie aérienne des trois variétés d'orge.

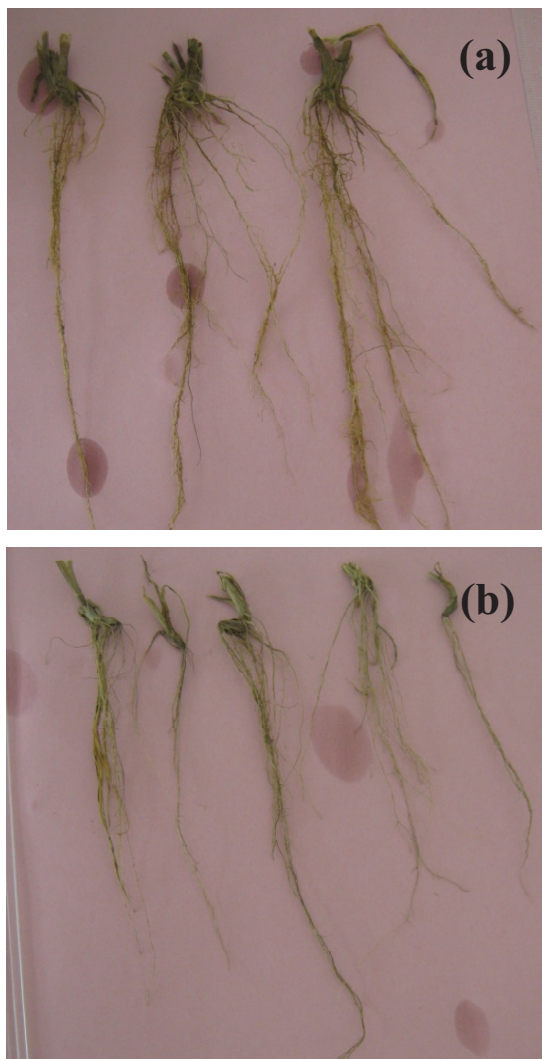


Figure 6 : Effet de l'eau d'irrigation sur le développement racinaire chez la variété Baldia (a : Eau de barrage b : Eau de forage)

cago sp et El Gabaly (1970 ; cité par Slama, 2004) chez le maïs.

Effets sur la composition minérale de la matière sèche

L'accumulation des éléments minéraux dans la partie aérienne chez les variétés d'orge est différente selon l'eau d'irrigation. Avec l'eau de barrage (eau moins chargée que celle de forage), les variétés d'orge accumulent plus de K^+ que Na^+ dans leurs tissus aériens. Des travaux ont montré que chez l'orge K^+ est très abondant par rapport aux cations bivalents, Ca^{++} et Mg^{++} (Coic et al, 1962 ; Greenway 1962, 1963 et 1965, cité par Soltani et al, 1990), probablement à cause de la faible capacité d'échange cationique racinaire de cette plante (Drake et al, 1951, cité par Soltani et al, 1990). En plus de son rôle important

dans la photosynthèse, le potassium est l'un des ions minéraux intervenant dans l'ajustement osmotique (Jensen, 1990). Toute modification dans le statut de ce cation est susceptible d'affecter la croissance par limitation de l'expansion cellulaire et/ou par inhibition du processus photosynthétique (Ball et al. 1987). Avec l'eau de forage, La réduction de la biomasse aérienne chez les variétés est accompagnée d'une diminution de la teneur en K^+ dans les tissus aériens. Chez la variété Baldia, la diminution de la teneur en K^+ va de pair avec l'augmentation de la teneur en Na^+ , mais sa concentration en Ca^{++} n'a pas été affectée. Ceci indique la sensibilité élevée de cette variété qui ne tolère pas une accumulation élevée de Na^+ dans ses tissus modèle « inclure ». En effet c'est la variété la plus affectée par le sel. La variété la plus tolérante est Saida, elle a la plus faible teneur en Na^+ avec l'eau de forage, ce qui indique qu'elle est de type « exclure ». Elle développe des mécanismes pour limiter l'accumulation de Na^+ dans ses tissus (Maeshner, 1995, cité par R'him et al, 2013). La variété Tichedrett tient une place intermédiaire entre Baldia et Saida, ceci indique que cette variété a une certaine tolérance au sodium mais pas aussi importante que Saida. L'effet inhibiteur du sel sur l'absorption de K^+ chez l'orge a été également rapporté par plusieurs auteurs (Munns et al, 1982 ; Soltani et al, 1990, Zeng et al, 2013). Il est montré que, l'efficacité de l'échange Na-K est à la base des différences constatées dans la tolérance à NaCl de certains variétés d'orge (Jones et al., 1978). Également, les variétés tolérantes arrivent à maintenir une concentration cytosolique de Na^+ dix fois plus faible que celle chez les variétés sensibles à la salinité (Carden et al, 2003). Le rapport de sélectivité K^+/Na^+ a diminué dans les tissus aériens chez les variétés Baldia et Tichedrett suite à l'irrigation avec l'eau de forage. Cramer et al (1987) ont démontré qu'en présence de concentration élevées de NaCl, Na^+ déplace Ca^{++} du plasmalemme des cellules racinaires, ce qui entraîne l'augmentation de la perméabilité de la membrane et provoque un efflux du K^+ et une altération du rapport de sélectivité K^+/Na^+ . Le caractère K^+/Na^+ a été plus discriminant entre les variétés. Notons que, même avec la diminution de la teneur en K^+ , la variété Saida a présenté le rapport de sélectivité le plus élevé par rapport à la variété Baldia suivi de Tichedrett.

CONCLUSION

L'eau de forage est plus chargée par rapport à celle de barrage. Ceci a engendré une augmentation de la concentration des ions de sodium, calcium, chlore dans la solution du sol. Cela s'est répercuté directe-

ment sur la consommation en eau, la production de la matière sèche et l'alimentation minérale chez les variétés d'orge. Les deux premiers paramètres sont élevées en présence de l'eau de barrage chez la variété *Baldia* ensuite Tichedrett et Saida. En revanche, en présence de l'eau de forage c'est la variété Saida qui est la plus performante suivie de *Baldia* et Tichedrett. L'accumulation de K^+ dans la partie aérienne est plus élevée par rapport au Na^+ . Ceci montre une sélectivité très importante vis-à-vis de potassium chez les variétés d'orge. La tolérance observée chez les variétés pourrait être liée à une bonne sélectivité vis-à-vis du potassium. La variété *Baldia* présente les caractéristiques ioniques des plantes « includers » qui sont capables d'absorber, d'exporter et d'accumuler Na^+ dans sa partie aérienne. Ces manifestations sont révélatrices d'une sensibilité particulière de cette variété à la salinisation sur le plan ionique. La variété Saida est la plus tolérante, elle a la plus faible teneur en Na^+ avec l'eau de forage, ce qui indique qu'elle est de type « excluser ».

En ce qui concerne l'effet azoté sous forme Urée 46%, il a été relevé l'absence d'un effet significatif sur la production de la MSA et sur l'accumulation des éléments minéraux dans la partie aérienne des trois variétés d'orge. Ceci pourrait dû à l'apport de l'urée qui a été effectué uniquement au semis. En revanche, il a été constaté une proportionnalité entre les doses d'azote et la production de la MSA en présence de l'eau de barrage chez les variétés Saida et Tichedrett et chez la variété *Baldia* en présence de l'eau de forage.

En définitive et en dépit de la faible différence de salinité entre les deux eaux testées, il ressort de ce travail que la qualité de ces dernières a une nette influence sur la composition de la solution du sol, la production de la matière sèche et la composition de la plante. Cette influence est très différente selon les variétés d'orge expérimentées.

Il s'avère que l'amélioration de la productivité de l'orge en conditions salines et arides, peut être réalisée en intégrant deux aspects essentiels : d'une part, la recherche de variétés tolérantes à la salinité et précoces pour échapper au stress hydrique qui accentue l'effet salin et d'autre part dans le cadre du continuum sol-plantes-climat et pilotage du couple irrigation-drainage pour maîtriser le profil salin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ball M.C., Chow W.S., Anderson J.M., 1987 - Salinity induced potassium deficiency causes loss of

functional photosystem II in leaves of the grey mangrove, *Avicennia marina*, through depletion of atropine-binding polypeptide. *Aust. J. Plant Physiol.*, 14, 351-361.

Belfakih M., Ibriz M., Zouahri A et Hilali S., 2013- Effet de la salinité sur la croissance des deux variétés de bananier « grande naine » et « petite naine » et leur nutrition minérale au Maroc. *Journal of Applied Biosciences* 63 : 4689-4702

Bennaceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddhi M.L., Selmi M., 2001 - Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production engrains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse* 12, 3, 167 -174.

Callot G., Chamayou H., Martens C., Salsac L., 1982 - Mieux comprendre Les interactions sol-racine incidence sur la nutrition minérale. Ed INRA, Paris, 325 p.

Carden D.E., Walker D.J., Flowers T.J., Miller A.J., 2003 - Single-cell measurements of the contributions of cytosolic Na^+ and K^+ to salt tolerance. *Plant Physiol.*, 131, 676 - 683.

Cottenie A., Verloo M., Kiekens L., Velghe G., Camerlynck R., 1982 - Chemical analysis of plants and soils. Ed laboratory of Analytical and Agrochemistry State University Ghent, Belgium. p 63.

Cramer G.R., Lynch J., Läuchli A., Epstein E., 1987 - Influx of Na^+ , K^+ and Ca^{2+} in roots of salt stressed cotton seedlings. *Plant Physiol.*, 83, 510 -516.

Daoud Y. et Halitim A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* n°3, vol. 5, 151 -160.

Hu Y., Fromm J., Schmidhalter U., 2005 - Effect of salinity on tissue architecture in expanding heat leaves. *Planta*, 220 (6), 838 – 48.

Ibriz M., Thami Alami I., Zenasni L., Alfaiz C., Benbella M., 2004 - Production des luzernes des régions pré-sahariennes du Maroc en conditions salines. *Fourrages* 180, 527-540.

Jensen G.R., 1990 - The effect of potassium application on leaf water relations characteristics of field growth barley (*Hordeum distichum*) plants. First Congress of the European Society of agronomy, 5-7 December. Paris.

Kuiper D., Shuit J., Kuiper P.J.C., 1990 - Actual cytokinin concentrations in plant tissue as indicator for salt resistance in cereals, In: *Genetic Aspects of*

Plant Mineral Nutrition. N. El Bassam et al. (eds.), 307-314.

Munns R. et Rawson H.M., 1999 - Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.*, 459-464.

R'him T, Tlili I., Hnan I., Ilhy R., Benali A et Jebari H, 2013 - Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annum* L). *Journal of Applied Biosciences* 66:5060 – 5069.

Slama F., 2004 - La salinité et la production végétale. Centre de publication universitaire, Tunisie, 163p.

Snoussi S.A. et Halitim A., 1998 - Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Étude et Gestion des sols*, 4, 5, pp 289-298.

Soltani A., Hajji M., Grignon C., 1990 - Recherche de facteurs limitant la nutrition minérale de l'orge en milieu salé. *Agronomie* 10, 857-866.

Song J., Feng G., Tian C. & Zhang F. 2005. - Strategies for Adaptation of *Suaeda physophora*, *Aloxylo-nammmodendron* and *Haloxylon persicum* to a Saline Environment during Seed-Germination Stage. *Annals of Botany*, pp 399-405.

Tellah S., 2005 - Etude du comportement de 19 génotypes d'orges (*Hordeum vulgare* L) dans les conditions de la Mitidja. *Rev. Céréaliculture* N°45, p12.

Termaat A., Passora J.B., Munns R., 1985 - Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl affected wheat and barley. *Plant Physiol.*, 77, 869-872.

Tester M. et Davenport R.J., 2003 - Na⁺ transport and Na⁺ tolerance in higher plants. *Ann Bot (Lond)*, 91:503-527.

USSL-1954 - U.S. Dept. of Agric. – Agric. Handbook n° 60: saline and alkali Soils.

Zeng F., Shabala L., Zhou M., Zhang G., Shabala S., 2013 - Barley responses to combined water logging and salinity stress: separating effects of oxygen deprivation and elemental toxicity. *Frontiers in Plant Science, Plant Physiology*, Volume 4, Article 313, 13p.