المجلة الجزائرية للمناطق الجافة
Journal Algérien des Régions Arides(JARA)
Algerian Journal of Arid Regions
CRSTRA
Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas

Research Paper

Mécanisme (s) de tolérance au sel chez l'orge (*Hordeum vulgareL.*)

Salt tolerance mechanism (s) in barley (*Hordeum vulgare L.*)

M.Z. RECHACHI [1, 2*], Y. ABDELHAFID [1, 2], H. MENASRIA[1,.2,] A MELLAH [2], F. LAKHDARI[2]. F. HIOUANI [1]

1. Département d'Agronomie, université de Biskra.
2. Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides CRSTRA Omar El-Bernaoui, Biskra.Campus universitaire BP 1682 RP, 07000 Biskra, Algérie.

Received: 24 November 2019 ; Accepted: 10 February 2020, Published: February 2020

Abstract

Local development necessarily involves research development, which must be based on a perfect knowledge of the biological material of the target environment. Indeed, this heritage constitutes a reservoir for the identification of the potentialities of these natural resources and the mechanisms or eventhe genes of adaptation to this or that stress. In this studies of the barley, where the experiment is done in strict aquiculture under controlled conditions, on five varieties of barley (Saida 183, Rihane 3, Tichedrett, Oued Righ and Beldi de Bordj ben Azouz) fed with a different nutrient solution (KNOP) added NaCl doses (100 and 1550 meq/l), salt tolerance appears to be related to the ability of the plant to adjust its osmotic potential by the substantial uptake of Na^+, its transfer and accumulation at the leaf level. This characteristic associated with the production of dry biomass can be an indicator of salt tolerance in barley to classify the varieties formerly used by our farmers, which is already a basis for a research program aimed at improving plants in an arid environment.

Keywords: mechanism, tolerance, barley, salt concentration.

Résumé

Le développement local passe obligatoirement par une recherche développement laquelle doit s'appuyer sur une parfaite connaissance du matériel biologique du milieu considéré. En effet, ce patrimoine constitue un réservoir pour l'identification des potentialités de ces ressources naturelles et des mécanismes voir les gènes d'adaptation à tel ou tel stress. Chez l'orge étudiée ici, où l'expérimentation est faite en aquiculture stricte, en conditions contrôlées de laboratoire, sur cinq variétés d'orge (Saida 183, Rihane 3, Tichedrett, Oued Righ et Beldi de bordj ben Azouz) alimentées avec une solution nutritive (KNOP) additionnée différentes doses NaCl de100meq/l et 150 meq/l , la tolérance au sel semble liée à l'aptitude de la plante à ajuster son potentiel osmotique par l'absorption substantielle de Na^+, son transfert et son accumulation au niveau foliaire.Cette caractéristique associée à la production de la biomasse sèche peut constituer un indicateur de la tolérance au sel chez l'orge afin de classer les variétés anciennement utilisées par nos agriculteurs, ce qui représente, déjà une base pour un programme de recherche visant l'amélioration des plantes en milieu aride.

Mots clés : mécanisme, tolérance, orge, concentration saline.

*Corresponding author: ***Miled Zohra RECHACHI***
E-mail address: miled.zohra07@gmail.com

CRSTRA

e-ISSN: 2676-2226, Published by: Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA)

1. Introduction

Sur le plan agronomique, la sécurité alimentaire est actuellement menacée, où un des stress les plus redoutables pour les plantes est celui induit par la salinité des sols et celles des eaux d'irrigations. D'une manière générale, dans les zones arides et semi arides, on assiste d'une part à une dégradation quasi-totale de la fertilité des terres cultivées et d'autre part à un déficit hydrique chronique. En milieu salé (déserts, marais salé, côtes,…etc), les plantes peuvent affronter de fortes concentrations en salure, avec généralement la prépondérance de Chlorure de sodium (NaCl). Celles capables de prospérer dans de telles conditions sont rares, et le nombre d'espèces ayant levé les barrières imposées par la salinité est faible (tomate, orge, coton, betterave, salsola…etc.). (King 2004). Néanmoins, dans un monde où assurer une production agricole satisfaisante et durable est un objectif majeur souhaité, mais il est de plus en plus difficile à atteindre, la recherche des solutions en vue d'affronter les obstacles s'avère indispensable.

Par ailleurs, on a longtemps pensé à une agriculture basée uniquement sur la transformation du milieu et la réhabilitation de la fertilité des sols au profit du végétal. Aujourd'hui, la stratégie préconisée est plutôt l'adaptation du végétal au milieu nourricier. Ceci n'est envisageable qu'après connaissance du matériel autochtone et identification des mécanismes impliqués dans tel ou tel processus. Dans le contexte saharien, il nous semble utile de rechercher les critères d'aptitude à la salinité des variétés d'orge anciennement cultivées par comparaison à celles nouvellement introduites.

Sachant que, les céréales en Algérie constituent 69% de la ration alimentaire, considérées comme une culture stratégique et s'étend sur presque de 50% de la surface agricole utilisée (SAU), les deux tiers de cette superficie sont localisés sur les hautes terres de l'intérieur. (Hadj-Youcef 2009). Selon la Direction des services agricoles (DSA 2013), la wilaya de Biskra (Ziban), malgré sa situation dans un étage bioclimatique aride, est une région agricole pionnière, où on enregistre 103990.80 hades terres irriguées principalement par les eaux souterraines dont la surface réservée aux céréales est de 27 166 ha avec une production de 666917 qx.

Selon Tellah et al. (2005), en Algérie en terme de quantité de production, l'orge est classée la deuxième céréale après le blé dur. Elle représente la glycophyte la plus résistante qui mérite une attention toute particulière grâce à sa double intérêt dans l'alimentation humaine et animale surtout pour les régions arides et semi-aride. En plus, l'orge contribue à la valorisation des sols marginaux.

Donc, vu l'importance stratégique de l'orge d'une part (contexte pédoclimatique adéquat dans les zones arides), et vu d'autre part, que la principale contrainte reconnue en zone aride est celle de la salinité des deux facteurs de productions eau et sol, l'objectif de ce travail est d'étudier les mécanismes de tolérance au sel chez cinq variétés d'orge cultivées localement en Algérie précisément en régions arides sous cultures hydroponiques en présence de différentes concentrations salines de NaCl, afin de préciser ses limites de tolérance à la salinité pendant la phase juvénile.

2. Matériel et Méthodes

L'expérimentation est faite en aquiculture stricte , dans des pots de 0.5 L remplis de solution nutritive témoin dépourvue de NaCl (solution de KNOP) et d'autres remplis de solution témoin additionnée de différentes doses de NaCl ; T1(100meq/l),T2 (150meq/l) continuellement aérée. Ces pots sont disposés sous un plafond lumineux (150 x 10 lux) ; avec une photopériode de 16 heures, les températures diurnes et nocturnes sont respectivement : 17.5^{+}-4 ; pas signalés, humidité 55 $^{+}$. 5%. Au moment de l'expérience, après 8 jours de germination, les plantules sont transférées sur ses milieux adéquats.

L'effet de la contrainte saline est évalué sur la base de paramètres de croissance (production de biomasse sèche) et de nutrition minérale (absorption, transport et accumulation de potassium K^+ et de sodium Na^+). Les ions Na^+, K^+ sont dosés par photométrie de flamme au sein du laboratoire de l'ITIDAS. (Institut Technique du Développement de l'Agronomie Saharienne).

2.1. Matériel végétal

L'essai a porté sur cinq variétés d'orge dont trois sont homologuées : Saida183, Rihane3 et Tichedrett fournies par le CCLS (coopérative des céréales et légumes secs) de Khanchela, provient de Sétif et deux variétés locales nommées Beldi de Bordj ben Azouz et Oued Righ récupérées des agriculteurs locaux. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 01: Tableau récapitulatif du matériel végétal utilisé dans l'expérimentation.

Variété	**rang**	**type**	**caractéristiques**
Saida 183 (SAI)	6	printemps	Sensible au froid tardif
Rihane 3 (RIH)	6	alternatif	Sensible au gel tardif
Tichedrett (TIC)	6	printemps	Issue d'une population locale
Oued righ (OUR)	----------	----------	Cultivée localement
Beldi de bordj ben Azouz (BEL)	----------	----------	Variété locale

2 .2. La Solution nutritive KNOP(1866) :

Dans la présente contribution, nous avons utilisé la solution nutritive KNOP (1866) dont la composition en sels minéraux est résumée dans le tableau 2.

Tableau 02: la solution nutritive KNOP (T0) et les deux traitements utilisés dans l'expérimentation.

T0 : solution KNOP°		**T1**	**T2**
Sels	**mg/l**		
Ca (NO3)2,4H2O	1000	T0 + 6g/l NaCl = 100meq/l	T0 + 9g/l NaCl =150meq/l
KNO3	250		
MgSO4, 7H2O	250		
KH2PO4	250		
° ***(Heller, 1998)***			

.

2.3. Méthodes

2.3.1. La transplantation des semences germées:

Afin d'obtenir les plantules, d'abord les graines d'orges sont désinfectées par l'eau de la javel 16% (hypochlorite de sodium), ensuite une étape de germination a été réalisée comme suit : 100 graines sont mises dans des boites de pétri, ensemencées en obscurité sur papier filtre et irriguées avec l'eau distillée et l'eau de robinet à conductivité électrique (CE) de 5 dS/m (déci siemens par mètre). Après 8 jours d'incubation et l'apparition des premières ébauches des feuilles (3à5 cm), les petits plants sont transplantés sur ses propres milieux : les semences germées dans l'eau distillée sont transplantées sur T0 ; pris comme référence, et les semences germées dans l'eau de robinet sont transplantées sur les deux traitements (T1et T2). La transplantation est réalisée sur une culture hydroponique stricte, continuellement aérée avec des pompes. Chaque pot contient 10 plants cultivés jusqu'à 21 jours. Le dispositif est répété 3 fois. Le site de dispositif est désinfecté par l'eau du Javel. (Figure.01).

Figure 01 : le dispositif experimental

2.3.2. Détermination de la biomasse aérienne et racinaire :

Cet essai a pour but de mettre en évidence le comportement de la biomasse du système aérien et racinaire des plantes de différentes variétés d'orge avec les différents traitements. On détermine la masse végétative et racinaire : la matière fraîche, la matière sèche, ainsi que l'indice de répartition de la matière sèche. La matière sèche est déterminée après séchage à l'étuve à 65 C° pendant 3 jours, puis elle est refroidit dans un dessiccateur avec le silicagel.

2.3.3. Analyse minérale ; Méthode de dosage de Na^+ et K^+ :

L'analyse minérale a concerné des échantillons des plantes (composite de la partie aérienne et la partie racinaire toute entière) séchée à l'étuve à 65 °C pendant 72 heures puis elles sont mener à l'attaque avec l'acide chlorhydrique HCl 0.1 N pendant 12 heures au minimum (une nuit) puis filtrés avec papier filtre. Le filtrat est conservé, bouché jusqu'aux dosages. La solution obtenue, après l'attaque acide, est dosée par émission de flamme (photomètre à flamme) à l'ITIDAS pour Na^+ et K^+. (Cottenie et al. 1982).

3.Résultats

La salinité restreint l'alimentation des céréales en éléments nutritifs essentiels (Soltani et al. 1990). Le sel exerce, dès la plus faible dose, un effet dépressif sur l'absorption, l'accumulation racinaire et le transport dans les parties aériennes de potassium K^+ et de calcium Ca^{2+}. Sur certaines plantes (Tamarix sp.), il ya même une excrétion de sel par des glandes foliaires spécialisées. (Heller et al. 1998).

3.1. Influence de la salinité sur la biomasse aérienne et racinaire :

La croissance des plantes, en fonction des variétés et des traitements, a été appréciée par pesées successives des parties aériennes et racinaires des plantes. Pour les différentes variétés d'orge, l'augmentation du chlorure de sodium (NaCl) dans le milieu extérieur induit une réduction de la croissance

Selon les données du tableau 3 ; les figures 2 et 3, à 100 meq/l de NaCl, pour la partie racinaire, les différentes variétés stabilisent plus ou moins la production de la matière sèche racinaire MSR avec une moyenne de 85.63% relativement au témoin (T0), en passant de 73.20% (BEL), 83.18% (RIH) à 91.95%(TIC) et 94.21%(OUR). On enregistre une réduction de 14.36% de la MSR en moyenne en fonction du témoin. Par contre, pour la partie aérienne, la production de la matière sèche aérienne MSA est plus importante que le témoin ; elle présente une moyenne générale de 136.69% pour toutes les variétés d'orge, c'est-à-dire une augmentation de plus de 36% de la MSA du témoin, en passant de 101.06%(TIC) à 199.09% presque 200% (RIH). On déduit que le seuil de 6g/l (100meq/l) est acceptable par l'orge pour le moment. Outre et selon Ayers et Westcot (1984), l'orge a connu une baisse de rendement de 50% à une concentration de 13 dS/m (=8.3g/l) de sel de la solution de sol de la pâte saturée. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Abdelhafid et al. (2017), lorsque les trois variétés d'orges utilisées dans leurs expérimentations sont irriguées par l'eau de forage salé (CE =4.7 mS/cm) où on enregistre une réduction de la production de matière sèche.

A 150 meq/l de NaCl, pour les deux parties aérienne et racinaire, la réduction de la production de la matière sèche est remarquable pour toutes les variétés, avec respectivement une moyenne du taux de chute de 39.5% et 37%. La partie racinaire des différentes variétés d'orge présentent une réduction de la MSR plus ou moins importante, avec de 58.41%(BEL) à 12%(OUR), en passant de 41.60%(SAI), 40.40%(TIC) et 33.70%(RIH). Or, sa partie aérienne stabilise plus ou moins ce taux de réduction. Les variétés Saida183 (SAI), Beldi (BEL) et Oued Righ (OUR) présentent les taux de chute les plus importants (58.38%), (57.69%) et (47.72%) respectivement, alors que, les variétés Rihane3 (RIH) et Tichedrett (TIC) donnent des taux de chute les plus faibles (27.15% et 7%). Les résultats obtenus par Lahouel (2014) démontrent également que, malgré l'effet dépressif du sel, la variété Saida montre certaine tolérance vis - à - vis le stress salin et ce jusqu'à un seuil critique.

On déduit que l'orge peut tolérer la présence de 6g/l (100meq/l) de NaCl dans le milieu extérieur, alors qu'à 9g/l (150 meq/l) de NaCl, seulement les variétés Rihane3 et Tichedrett peuvent la tolérer (taux de chute moins de 50% par rapport au témoin) car la capacité de produire une forte biomasse aérienne est indicatrice d'une meilleure adaptation au milieu de production. Nos résultats se concorde avec les résultats de Djerah et Oudjehih (2015), où ils étudient l'effet du stress salin sur 16 variétés d'orges de différentes origines cultivées, testées au laboratoire à la phase de germination avec différentes concentrations salines de NaCl, se manifestent nettement à partir de la concentration 6g/l. Chaque variété réagit d'une façon différente pour tous les paramètres étudiés. Après l'observation de ces résultats, on peut retenir que :

La résistance à la salinité diminue avec le traitement pour l'ensemble des variétés des deux parties aériennes et racinaires.

-La biomasse du système racinaire est plus freinée par la salinité que l'appareil aérien mais à la dose de 9g/l de NaCl, seulement les deux variétés Oued Righ et Saida 183 ne présentent pas cette observation.

Tableau 3 : Effet de NaCl sur la production de la matière sèche aérienne et racinaire pour les variétés d'orge après 21jours de culture sur les deux traitements (en % de témoin) :

Partie	**Traitements** / **Variétés**	**T1**	**T2**
Racinaire	BEL	73.20	42.41
	OUR	94.21	88.14
	TIC	91.95	59.65
	RIH	83.18	66.32
	SAI	_	58.41
	moyenne	85.63	62.98
Aérienne	BEL	110.54	42.31
	OUR	136.06	52.28
	TIC	101.06	93.02
	RIH	199.06	72.85
	SAI	_	41.62
	moyenne	136.68	60.42

Figure 02 : Evolution de la matière sèche racinaire en fonction du témoin T0et des Concentrations de NaCl.

Figure 03: Evolution de la matière sèche aérienne en fonction du témoin T0 et des concentrations de NaCl.

3.2. Influence de la salinité sur l'indice de la répartition de la matière sèche (IR)

Le rapport matière sèche aérienne / matière sèche racinaire (IR) permet de mettre en évidence la relation entre la partie aérienne et la partie racinaire, il passe en effet de 3.89 en condition non saline (solution nutritive T0 : KNOP) à 3.25 en conditions salines de 150 meq/l de NaCl. Ce rapport (IR) augmente en T1 :100meq par rapport au témoin T0, pour toutes les variétés de 1.99. La variété Rihane possède le rapport le plus élevé (9.003) presque 2.4 fois le T0 de cette variété. Pour T2 de 150mM, la diminution est plus importante pour Oued Righ (OUR) :1.39 et Saida (SAI) :1.18. Pour les autres variétés, varie entre 0.01-0.02 (Beldi : bordj ben azouz BEL et Tichedrett TIC) et 0.62 pour Rihane (RIH).

Figure 04: Indice de la répartition de la matière sèche (IR).

3.3. Dosage ou compartimentation des éléments Na^+ et K^+ :

Chez les céréales, l'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un seuil critique de concentration caractéristique de l'espèce, de la variété, du stade végétatif et des facteurs liés au milieu. (Epstein et al.1980 ; Kingsbury et al.1984 ;

Cramer et al.1994 ; Daoud et Halitim 1994 ; Bounaqba 1998 ; Hajji et al. 2000).

Généralement, le blé tendre est résistant au sel que le blé dur (*Triticum dururm Desf.*), alors que l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est plus tolérant qu'aux deux précédentes espèces selon Munns (2006), Colmer et al.2005. L'accumulation des éléments minéraux dans la partie aérienne chez les variétés d'orge est différente selon les différents traitements salins. La présence de NaCl dans la solution d'irrigation entraîne l'augmentation de la teneur foliaire en sodium et en chlorure (Rochdi et al. 2004).Par ailleurs, les variétés d'orge accumulent plus de K^+ que Na^+ dans leurs tissus aériens. Des travaux ont montré que chez l'orge, le K^+est très abondant par rapport aux cations bivalents. Il a un rôle important dans la photosynthèse, et représente un des ions intervenants dans l'ajustement osmotique (Jensen 1990). En revanche, le limbe de la feuille de l'orge accumule des concentrations de Na^+ semblables à ceux du blé dur, ce qui suggère des niveaux plus élevés de la tolérance aux ions Na^+ des tissus (Hajji et al .2000). Donc, une sélectivité d'échange vacuolaire K^+/Na^+ semble décisive dans la tolérance au sel chez certaines espèces telles que l'orge et le blé. (Jeschke 1984 ; Lakhdari 1986).

L'allure générale des courbes des deux parties est assez voisine pour toutes les variétés. Ces courbes sont toujours croissantes pour le Na^+ et décroissantes pour le K^+.

Selon l'étude menée par (Hajji et al.2000)sur le comportement physiologique du blé dur (*Triticum durumL.*) en milieu salé ; ils constatent que le comportement de la variété de blé dur "Ben Bachir" vis-à-vis de NaCl (50 et 100 mM), au stade jeune en aquiculture stricte et en conditions contrôlées de laboratoire et après trois semaines de culture, seule la concentration de 100 mM réduit la croissance. Les potentiels osmotiques et hydriques, associés à une importante accumulation de Na^+ et Cl^-, sont fortement abaissés, alors que la turgescence est augmentée. Aussi et en parallèle , selon l'étude de (Bouaouina et al.2000), toujours sur le blé dur**,** *(Triticum turgidum L.)*, montre que NaCl diminue la croissance des plantes entières, retarde l'émergence des nouvelles feuilles et limite l'accumulation de K^+ et Ca^{2+} dans ces organes. L'accumulation de Na^+ présente un gradient décroissant des feuilles âgées vers les jeunes feuilles. Les paramètres de fluorescence chlorophyllienne, déterminés sur des feuilles matures, suggèrent que l'accumulation de Na^+ n'affecte pas l'intégrité fonctionnelle du photosystème II. Dans les cals cellulaires directement exposés au sel, la production de matière sèche est peu affectée par NaCl, malgré la baisse d'hydratation cellulaire. L'effet dépressif du sel sur l'accumulation de K^+et Ca^{2+} est évident et l'accumulation cellulaire de Na^+ augmente avec la concentration de NaCl. Ces résultats suggèrent que le blé dur dispose de mécanismes de régulation permettant la restriction du transport et de l'accumulation de Na^+ dans les feuilles jeunes. Pour l'orge, selon Adjel et al. (2013), les 12 variétés testées dans différentes doses de NaCl (50,100 et 150 mM), indiquent une concentration accrue de Na^+, une diminution de la concentration de K^+ et une diminution du rapport K^+/Na^+ dans toutes les parties testées de la plante (racines et tiges). En effet (Bliss et al. 1986 ; Rachidai et al. 2000) ont montré que le retard de la germination des graines d'orge exposées à un stress salin est proportionnel à la concentration saline. D'après ces auteurs, ceci peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. Aussi et selon Djerah et Oudjehih (2015), la germination des graines de 16 variétés d'orge en différentes concentrations salines de NaCl se manifeste nettement à partir de la concentration 6g/l. Par ailleurs, selon (Dakhli et al. 2014)et en basant sur les travaux de (Greenway 1962 ; Munns et al. 1982),ont démontré que la réduction de croissance de l'orge s'accompagne d'une augmentation de l'accumulation de Na^+ et de Cl^- dans les tissus et d'une diminution de K^+ et Ca^{2+}. D'autre part, selon l'étude de Touraine et Ammar (1986)**,**en comparaison avec le tritical(110) ; plante exclusive, l'orge « variété martin », considérée comme une glycophyte la plus tolérante, très répondu en Tunisie, est apparait comme une plante inclusive, accumule des quantités de sodium (osmoticum) environ 3 fois plus

fortes que le triticale lorsque on ajoute le NaCl à la solution de culture.La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aériennes), les tissus (épiderme/mésophylle), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline. (Hajji et al.2000).

Les figures N° 5,6 et 7 montrent que l'augmentation de la concentration en NaCl se traduit par une élévation assez nette de la quantité de sodium dans la partie aérienne des plantes par rapport au témoin des différentes variétés. Cette élévation a un effet sur la production de la matière sèche aérienne ; elle est acceptable à 100 mM pour toutes les variétés, car il y a une augmentation dans la production de cette matière, mais à 150 mM, il y a une réduction dans la production de la matière sèche aérienne presque la moitié du témoin pour Beldi et Saida, selon Greenway (1965)**,**dans la plupart des cas, l'accroissement des variétés est retardé aux faibles concentrations de NaCl. Pour les variétés tolérantes, on enregistre une réduction de 50 % à 100 mM de NaCl. La formation du grain est plus sensible et plus endommagé que le développement végétatif.

Figure 05: Evolution de la teneur en Na^+et en K^+ dans la partie racinaire en fonction du témoin pour les différentes variétés.

Figure 06: Evolution de la teneur en Na^+et en K^+ dans la partie aérienne en fonction du témoin pour les différentes variétés.

La concentration de 150 mM de NaCl montre aussi que le taux de chute de la production de la matière sèche aérienne est faible pour Tichedrett et Rihane03 et d'une moyenne importance pour Oued Righ. D'autres expérimentations montrent une plus grande sensibilité de l'orge à deux rangs (nécroses, chloroses) par rapport à l'orge à six rangs. Par ailleurs, des différences de comportement entre variétés sont relevées sur des cultures conduites à 125 et 250 meq/l de NaCl. (Greenway 1965 **;**Storey et al. 1978).

La quantité de Na^+ absorbée est utilisée principalement dans l'ajustement osmotique du milieu intérieur de la plante. Par contre la quantité de K^+ dans la partie aérienne des variétés de l'orge diminue avec l'augmentation de la concentration en NaCl. Même allure et discussion pour la partie racinaire

La variété Rihane03 présente le pic de l'absorbance de Na^+ à 774 meq / 100g MS avec 22 meq / 100g MS de K^+ à 100mM de NaCl avec une production de 199.09 % de la matière sèche. Par contre à 150 mM, la quantité de Na^+ absorbée est diminue avec une augmentation de K^+ par rapport aux autres variétés ; elle est traduit par une production de 72.85 % de matière sèche par rapport au témoin. Outre, la variété Tichedrett a consommé à 100 mM de NaCl 499.07 meq/100g MS de Na^+ et 21.30 meq/ 100g MS de K^+ pour produire 101.06% de MS par rapport au témoin. Mais à 150mM de NaCl ; la consommation de Na^+ augmente et K^+ diminue pour produire 93.02% de MS par rapport au témoin.

Cette élévation de Na^+ consommée est utilisée principalement dans l'ajustement osmotique à l'intérieur des plantes. Sachant que, l'orge prélève des quantités substantielles Na^+ et Cl^-, qui finissent dans le compartiment vacuolaire de l'adaptation osmotique. (Greenway 1965 **;**Storey et al. 1978).Pour les autres variétés, l'allure des courbes est croissante, montre la grande quantité de Na^+ qui doit être absorbée par les variétés pour régler leur pression osmotique afin d'adapter dans le milieu extérieur. Cette adaptation se traduit par une chute dans la production de la matière sèche par rapport au témoin.

Figure 07 : Evolution du rapport en Na^+ / K^+ dans la partie racinaire et la partie aérienne.

4. Discussion

A travers ces résultats, on déduit que la variété Rihane03 a déclenché un système d'exclusion de Na^+ au niveau de la partie racinaire pour minimiser l'effet toxique de NaCl et produire plus de la matière sèche. Presque même allure et discussion pour la variété Tichedrett. L'exclusion de Na^+et Cl^-, semble être la stratégie de la tolérance au sel chez l'orge. (Greenway 1965 **;**Storey et al. 1978).

Pour les autres variétés, la grande quantité de Na^+ se trouve au niveau la partie aérienne (les feuilles) par rapport à la partie racinaire, cela est traduit par une chlorose (jaunissement des feuilles) et présentent des plantes de type « includers ».En tenant compte que, l'absence de la chlorose est généralement indicatrice des variétés les plus aptes à exclure les sels (Rochdi et al. 2004)**.**On peut déduire donc que le Na^+ est capté au niveau des glandes salines des feuilles, mais elle affecte le métabolisme de la photosynthèse et conduit à la réduction dans la production de la matière sèche. Ces résultats enregistrés dans notre expérimentation sur 5 variétés d'orges se coïncident avec les travaux obtenus en expérimentation sur des pots sur 3 variétés d'orges (Saida183, Baldia de l'Outaya et Tichedrett) en utilisant deux qualités d'eaux d'irrigation l'un du Barrage le moins salé que l'autre du Forage de l'ITIDAS plus salé (Abdelhafid et al. 2017)**.**Alors qu'en présence de l'eau de forage c'est la variété Saida183 qui est la plus performante suivie par Baldia et Tichedrett. La variété Saida 183 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 « includers », elle a la teneur la plus élevée en Na^+ dans sa partie aérienne. La variété Tichedrett tient une place intermédiaire entre Baldia et Saida 183, ceci indique que cette variété a une certaine tolérance au sodium mais pas aussi importante que Baldia. On peut déduire aussi, que chaque variété a sa propre stratégie d'adaptation au sel selon les différentes concentrations salines, menées dans différentes études scientifiques adoptés dans cet article.

5. Conclusionet Perspectives

Au cours de ce travail, nous avons essayé avec les moyens disponibles d'éclaircir autant que possible les mécanismes de la tolérance aux sels chez certaines variétés d'orges par rapport à leurs témoins respectifs. Toutes les variétés étudiées dans cette étude présentent, pendant la phase juvénile, les caractéristiques mentionnées ci-dessous.

Les travaux sur la biomasse aérienne et racinaire conduits sous l'aquiculture ont révélé que le poids diminue avec l'augmentation de la concentration de NaCl dans la solution nutritive. L'indice de la répartition de la matière sèche (IR) confirme ce résultat avec toujours des différences variétales. Les deux variétés Tichedrett et Rihane03 peuvent tolérer la présence de 9 g/l de NaCl dans le milieu extérieur, par contre les autres variétés ne peuvent la tolérer (production de la matière sèche moins de 50%). Ces deux variétés présente un type des plantes excluders par contre les autres 3 variétés présentent un types includers.

Sous les conditions salines, la concentration des solutés dans la masse végétative peut être une indication des plantes pour régler leur pression osmotique. Le Na^+ peut être, en particulier, un des importants osmoticum dans les feuilles. La plante s'en accroit, elle demande des solutés nutritifs pour maintenir le niveau de la concentration osmotique dans les feuilles.

Il est sans doute que quand le niveau élevé de Na^+ dans la solution nutritive, il décroit le prélèvement de K^+ et

conduit à une réduction de la croissance des plantes. Mais les mécanismes de la sélectivité du prélèvement de K^+ et de Na^+ affectent l'étendue des racines qui peuvent contrôler leur transport aux feuilles, dans ces conditions salines. Mais il restetoujours la condition : Une concentration interne élevée des ions réduit la croissance.

A la lumière de ces résultats, l'orge donne l'image d'une plante hautement tolérante à la salinité avec comme seuil limite 150 mM NaCl ce qui permet de la classer parmi les plantes à préconiser pour la mise en valeur des sols salés.

Par ailleurs, la production de la biomasse sèche et l'exportation substantielle de Na^+ vers les feuilles peuvent être utilisés comme indicateurs de la tolérance chez l'espèce. Cependant une étude physiologique plus approfondie sur l'absorption, le transport et les mécanismes de sélectivité Na^+/ K^+ seraient très utiles afin de mieux cerner les mécanismes impliqués dans la régulation osmotique, ce qui constitue une base non négligeable pour tout programme d'amélioration.

Aussi, nous jugeons très utile de faire l'inventaire et la caractérisation des variétés locales anciennement cultivées par les agriculteurs. Cette suggestion reste d'ailleurs valable aussi pour d'autres espèces.

6.Références bibliographiques

- Abdelhafid Y, Rechachi MZ, Otmane T, Rouahna H, Halitim A (2017) Réponse nutritionnelle de trois variétés d'orge à la qualité de l'eau d'irrigation et à la fertilisation azotée. *Journal Algérien des Régions arides* (*JARA*)-CRSTRA N°14, pp 167-177.
- Adjel P, Kadi Z, Bouzerzour H et Benmohammed A (2013) salt stress effects on seed germinationand seedling growth of barley *(Hordeum vulgare L.*) Genotypes. Journal of Agriculture and Sustainability.3,2 :223-237.
- Ayers RS et Westcot DW (1984) La qualité de l'eau en Agriculture. Bulletin Fao D'irrigation et de drainage. 29: 81p.
- Bliss RD, Platt-Aloria KA, Thomson WW (1986)Osmotic sensitivity in relation to sensitivity in germination barley seeds *Plant Cell and Environment. 9: 721-725.*
- Bouaouina S, Zid E, Hajji M (2000) Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (Triticum turgidum L.). In: Royo C. (ed.), Nach it M. (ed.), D I Fonzo N. (ed.), Arau s J.L. (Ed.). *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges.* Zaragoza : CIHEAM, 2 000 : 239 -243 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40.
- Bounaqba S (1998) Analyse des déterminants de la tolérance à NaCl chez le blé tendre, le triticale et l'orge. Utilisation de la fluorescence chlorophyllienne dans le diagnostic de l'état fonctionnel du photosystème II. Doctorat de Biologie, Faculté des Sciences de Tunis, Univ. Tunis II.
- Colmer TD, Munns R. et Flowers TJ (2005) Improving salt tolerance of wheat and barley: Future prospects. *Aust. J. Exp. Agr*. 45**:** 1425–1443.
- 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 GR, Alberico GJ et Schmidt C (1994) Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Aust. J. Plant Physiol*. 21 : 675-692.

- Dakhli R, Lamouri R, Mallek-Maalej E (2014) Effet des Margines en condition de stress salin sur le comportement phénologiques de l'Orge (Hordeum Vulgare): Essai en pot J. Mater. Environ. Sci. 5 (4) : 1033-1038. ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESCN 1033.

- Daoud Y et Halitim A (1994) Irrigation et salinisation au Sahara algérien. Sécheresse3, 5 :151– 60.

- Direction Des Services Agricoles**,** DSA(2013)Statistiques de la Direction des services agricoles Rapport annuelle des activités Agricoles, (Biskra, Algérie: Direction Des Services Agricoles).

- Djerah A et Oudjehih B (2015) Effet du stress salin sur la germination de seize variétés d'orge *(Hordeum vulgare l.*) Courier du Savoir, 20:47-56.

- Epstein E, Norlyn JD, Ruch DW, Kingsbury RW, Kelly DB, Cunnigham GA et Wrona AF, (1980) Saline culture of Crops: A Genetic Approach. Ed Science. 210:399-404.
- Greenway H (1962) plant reponse to saline substrate. Australian Journal Biology Science 15: 39-57.

- Greenway H (1965) Plant reponse to saline substrates. I. Growth and ion uptake of several varieties of *Hordeum* during and after sodium chloride treatment. Australian Journal Biology Science.15:16-38.
- Hadj-youcef HT (2009) Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés d'orge(*Hordeum vulgareL.*) et de Blé dur (*Triticum durum Desf* .) en évaluant leur capacité mycorhizogène sur des sols de la région humide du nord et de la région semi-aride de la plaine intérieur de l'Algérie. 3eme meeting international sur l'aridoculture et les cultures Oasiennes (Djerba 15-17 décembre 2009).
- Hajji M, Ouerghi Z, Soltani A, Zid E (2000) Comportement physiologique du blé dur (Tri ticum durum L.) en milieu salé. In: Royo C. (ed.), Nach it M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Arau s J.L. (ed.). *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges.* Zaragoza : CIHEAM, 2 000. 309 -313 (Option s Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n . 40.

- Heller R, Esnault R et Lance C (1998) Physiologie Végétale 1. Nutrition. Dunod 6 , Paris, 323 p.
- 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.

- Jeschke WD (1 984) K-Na exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and Salt Tolerance. Lehrstuhl Botanik .Universität Würzburg, Germany : 37-65.
- King J (2004) Le monde fabileux des plantes. Pourquoi la terre est verte ? Ed. Belin pour la science.287p.
- Kingsbury RW, Epstein E et Pearcy RW (1984) Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiol* 74 : 417-423.

- Lakhdari F (1986) Influence de la Salinité sur la Nutrition minérale chez une solanaceae « la tomate ».Thèse. Doct. Montpellier II. 182p.

- Lahouel H (2014)Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. Mem.Master2. Université de Tlemcen.104p.

- Munns R, James RA, et Lauchli A (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 27**:** 1025- 1043.

- Munns R, Greenway H, Delane R et Gibbs J (1982) Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordium vulgare* growing at high external NaCl. II causes of the growth reduction. J EXP Bot 33: 574-583.

- Rachidai A, Driouich A, Ouassou A, El Hadrami I (2000) Effet du stress salin sur la germination du blé dur (Triticum durum Desf. Revue Amélioration Prod Agr Milieu Aride, 6: 209-211.

- Rochdi A, Lemsellek J, Bousarhal A et Rachidi A, (2004) Evaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte-greffes d'agrumes : *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata* (*poncrus x Citrussinensis* et *Poncirus x mandarinier sunki*). Ed Biotechnol.Agron.Soc.Environ ,9 (1) : 65-73.

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

- Storey R et Wyn Jones RG (1978) Salt stress and comparative physiology in the Gramineae .I. Ion relationships of two salt- and water-stressed barley cultivars, California Mariout and Arimar .Aust.J.Plant Physiol.**5** 801p.
- Tellah S (2005)Etude du comportement de 19 génotypes d'orges (*Hordeum vulgare L*) dans les conditions de la Mitidja. Rev. Céréaliculture 45, p12.
- Touraine B, Ammar M (1986) Etude comparée de la sensibilité au sel d'un triticale et d'une orge. Agronomie, EDP Sciences, 5 (5): 391-395. <hal-00884823>