

Rôle de la stabilité membranaire foliaire dans la tolérance à la salinité chez l'orge

Alem C.¹, Idihia F.², Amri A.³, Filali Maltouf A.⁴

¹ Département de biologie faculté des sciences et techniques Errachidia

² Direction provincial d'Agriculture de Tiznit

³ Institut National de la Recherche Agronomique Rabat

⁴ Département de biologie faculté des sciences Rabat

Résumé

La limitation de la productivité et de l'extension des cultures par la salinité incite à rechercher des variétés tolérantes. Ceci constitue une voie pour une meilleure valorisation des zones affectées par ce stress. Cette étude vise à étudier les mécanismes de la tolérance à la salinité chez des variétés d'orge marocaines par le suivi des variations de la stabilité membranaire des feuilles des plantes soumises à des solutions de NaCl/CaCl₂ et de l'eau salée de la source de Ain el Atti (CE= 11,6 mS/cm). Les résultats obtenus ont permis la mise en évidence de l'importance de la stabilité membranaire foliaire dans les conditions du stress salin pour assurer une bonne production de matière sèche foliaire, maintenir une bonne sélectivité ionique et pour tolérer de grandes teneurs ioniques au niveau foliaire. Le maintien d'une bonne stabilité membranaire dans les conditions du stress salin est donc nécessaire pour le comportement inclusif de l'orge et de sa tolérance.

Mots clés : Stabilité membranaire, stress salin, sélectivité ionique, teneur ionique, transport ionique, inclusion, tolérance à la salinité

Abstract : Role of foliar membrane integrity in the barley salinity tolerance

Limited productivity and extension of crops in the area affected by salinity have oriented researchers towards developing salt tolerant varieties. This study aims the evaluation of salt

tolerance mechanisms of in the barley varieties such as membrane stability of the leaves under salt stress conditions of sodium and calcium chlorides and with the use of Ain el Atti saline water (CE = 11,6 mS/cm). Results obtained showed the importance of membrane stability in assuring good leaf dry matter, maintaining a good ion selectivity and tolerating high ion content in leaves. A high membrane stability explains the inclusive behavior of barley and its salt tolerance.

Key Words : Barley, leaves, membrane stability, salt stress, ion selectivity, ion content, ion transport, inclusion, tolerance

ملخص : دور جودة غشاء خلايا الأوراق في مقاومة الملوحة عند الشعير

عالم ش.1، إديحيا ف.2، العمري أ.3 و الفيلاي ملطوف ع.4

1 قسم البيولوجيا، كلية العلوم، الراشدية، المغرب

2 المديرية الإقليمية للفلاحة، تزنيث، المغرب

3 المعهد الوطني للبحث الزراعي، الرباط، المغرب

4 قسم البيولوجيا، كلية العلوم، الرباط، المغرب

تعتبر الملوحة من العوامل التي تحد من إنتاجية أو توسيع الأراضي الزراعية، وهذا ما يدفع للبحث عن أصناف نباتية مقاومة للملوحة.

تهدف هذه الدراسة الى فهم دور بعض العوامل الفزيولوجية في إنتاج مقاومة الملوحة عند بعض أصناف الشعير المغربي، و ذلك بتتبع حالة جودة غشاء الخلية عند الأوراق و هذا تحت تأثير محلول كلوريد السديوم و الكالسيوم و كذلك تحت تأثير ملوحة ماء عين العاطي.

أظهرت النتائج أهمية حالة جودة غشاء الخلية عند الأوراق و ذلك لتمكين الاوراق من الابقاء على نسبة ملائمة من البوتاسيوم على حساب السديوم ، و لتمكينهم من تحمل كميات كبيرة من الملح داخلهم، و هذا ما يمكن من انتاجية جيدة من المواد الجافة.

الكلمات المفتاحية : الشعير، مقاومة الملوحة، غشاء الخلية، نسبة البوتاسيوم السديوم

Introduction

Dans les zones arides et semi-arides, la rareté des eaux, leur salinité ainsi que celle du sol sont parmi les principaux facteurs limitants la productivité des cultures (Ashraf 1994, Subbaro 1994). Selon les estimations de la F.A.O. (1988) des millions d'hectares sont abondonnés annuellement dans les périmètres irrigués à cause de la salinisation des sols par les eaux d'irrigation. Les sols salés dans le monde occupent une superficie de 954 millions d'hectares dont 357 millions d'hectares en Afrique (Szabloc 1994).

Au Maroc, le développement et la pratique des différents types d'irrigation ont pour conséquence l'apparition du problème de la salinité. Selon la F.A.O. (1988) la salinité a affecté au Maroc plus d'un million d'hectares.

L'orge, bien qu'elle ne soit pas considérée comme un halophyte, elle tolère cependant de grandes concentrations en sel. Dans la classification du "Salinity Laboratory" de Riverside des Etats Unis d'Amérique (Maas 1986), l'orge se place avant le maïs, l'avoine, le riz, le seigle, le sorgho, le triticale et le blé. Ainsi l'orge peu offrir la possibilité d'exploitation de ces régions incultes ou abandonnées.

La tolérance à la salinité est le résultat de nombreux mécanismes spécifiques qui tentent de résoudre le problème des déséquilibres osmotiques et ioniques que subit la plante quand elle pousse en conditions salines.

En général, les plantes sont classées en glycophytes et halophytes et chaque classe a développé une stratégie différente pour atténuer les effets du stress salin. Ainsi, les glycophytes essaient de limiter le transport de NaCl vers les parties aériennes (Durand et Lacan 1994). Les halophytes par contre, transportent et accumulent de grandes quantités de sel dans leurs feuilles. Ce dernier mécanisme nécessite que ces espèces soient bien armées pour protéger leur appareil photosynthétique contre l'agression du sel (Zid et Grignon 1991).

La membrane plasmique est le principal site de l'interaction du sel avec la plante. Le transport des ions à travers la membrane plasmique et le tonoplaste semble jouer un rôle important dans le mécanisme par lequel la cellule d'orge peut maintenir un bon rapport K^+/Na^+ dans le cytoplasme (Brown et al. 1989). Speer et Kaiser (1991) montrent que la tolérance à la salinité est due à la capacité de contrôler le flux de sel dans l'apoplaste puis dans la cellule. Il a été rapporté que le stress salin entraîne une perturbation de la composition lipidique et protéique de la membrane plasmique ce qui affecte sa stabilité (Chrétien et al. 1992, Borochoy 1991). Le maintien d'une bonne stabilité membranaire dans les conditions de stress salin est un facteur important dans la tolérance à la salinité (Magdy et al. 1993).

La stabilité membranaire est mesurée à travers la quantité d'électrolytes largués hors de la cellule lors d'un choc osmotique. Les variations dans les valeurs de la stabilité membranaire sous l'effet d'un stress quelconque nous renseignent sur les perturbations de la structure et la composition membranaire.

Le présent travail consiste en un suivi de l'évolution de la stabilité membranaire foliaire sous stress salin chez des variétés d'orge marocaines. L'étude s'intéresse aussi à l'identification des répercussions de la variation de la stabilité membranaire foliaire sur quelques paramètres physiologiques indicateurs de stress.

Matériels et méthode

Matériel végétal

Six variétés d'orge marocaines inscrites au catalogue officiel : Aglou, Arig 8, Asni, Lannoceur, Merzaga 077 et Rabat 071, ont été utilisées. Ces variétés ont été choisies d'après leurs performances au champ à Ain El Atti. Les variétés Merzaga et Lannoceur sont considérées comme tolérantes au stress salin. Les variétés Asni et Aglou sont intermédiaires alors que les variétés Aria et Rabat sont sensibles (Rh'rib 1992 et Idihia 1995).

Essai du stress salin

L'essai a été conduit sous serre. Le substrat utilisé est du sable abondamment rincé à l'eau distillée avant le remplissage des pots.

Le dispositif expérimental est un split plot à trois répétitions. La grande parcelle est occupée par les traitements salins et les petites parcelles par les variétés d'orge.

Les différents traitements salins sont appliqués à partir du stade deux feuilles.

Les traitements salins sont réalisés à partir de solutions contenant du NaCl et du CaCl₂ dans les proportions 1 : 2.

Traitement non stressé : TNS

Traitement avec une solution de 50 mM de NaCl, 25 mM de CaCl₂

Traitement avec une solution de 100 mM de NaCl, 50 mM de CaCl₂

Traitement avec une solution de 150 mM de NaCl, 75 mM de CaCl₂

Traitement avec une solution de 200 mM de NaCl, 100 mM de CaCl₂

Traitement avec une eau de la source salée de Ain El Atti (CE=11,6 mS/cm) dont la composition chimique est la suivante (en meq/ L) :

Ions	Na	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	K
Concentrations en meq/ l	82,8	23	50	100	24	36	4,24

Les plantes sont arrosées deux fois par semaine par ces différentes solutions et une fois par semaine par une solution nutritive de Hoagland et Arnon (1950).

Mesure de la stabilité de la membrane cellulaire

La méthode utilisée est celle décrite par Sullivan et Rosse (1979) et reprise par Ouassou (1991). Après 24h à 4°C de traitement par le PEG 600, les morceaux de feuilles sont réhydratés par immersion dans de l'eau déionisée pendant 24h à 4°C. Après cette dernière incubation, une première lecture de la conductivité électrique est réalisée à 25°C. Cette première

lecture correspond à la perte d'ions par les tissus foliaires. Ce même milieu avec les morceaux de feuilles est ensuite autoclavé pendant 15 mn et une deuxième lecture de la conductivité est réalisée à 25°C. Celle ci représente la conductivité des ions totaux présents dans les tissus de racine. Un lot témoin où les morceaux de feuilles n'ont pas subi de traitement par le PEG 600 a été réalisé.

La stabilité membranaire est calculé en utilisant la formule suivante :

$$SM = (1 - T1/T2) / (1 - C1/C2)$$

T = Conductivité du milieu traité avec le PEG 600

C = Conductivité du milieu non traité avec le PEG 600

1 = Première lecture de la conductivité

2 = Deuxième lecture de la conductivité

Mesure de la biomasse

La matière sèche produite est estimée au stade début tallage (après 30 jours de traitement salin), les pesées ont été effectuées après passage à l'étuve à 70°C pendant 48h.

Dosage des ions

Les échantillons de matières fraîches des feuilles sont séchés à l'étuve à 70°C pendant 48h. Ils sont calcinés au four à 400°C pendant une nuit et les cendres sont repris dans une solution de HCl. Les ions Na⁺ et K⁺ sont dosés par spectrophotomètre à flammes.

Expression des résultats

Tous les dosages sont effectués sur des échantillons composés des quatre répétitions. Les résultats de toutes les mesures effectuées sont exprimés en pourcentage d'augmentation ou de diminution par rapport aux valeurs des lots témoins ; sauf pour le rapport K⁺/Na⁺ car dans les lots témoins la teneur en Na⁺ est presque nulle.

Résultats

Variation de la stabilité membranaire selon différents stress salins

Toutes les variétés montrent une diminution de la stabilité membranaire avec l'augmentation de l'intensité du stress imposé par les différentes solutions salines (Figure 1). Trois classes de variétés peuvent être distinguées : Les variétés Arig 8 et Asni qui sont peu affectées ; Les variétés Merzaga 077, Laannoceur et Rabat 071 qui sont moyennement affectées ;, alors que la

variété Aglou est fortement affectée. Quand ces mêmes variétés sont irriguées avec l'eau de Ain el Atti (Figure 2), il apparaît qu'à part la variété Aglou qui est fortement affectée, les autres variétés sont peu ou pas affectées avec cependant une légère amélioration de la stabilité membranaire pour les variétés Laannoceur et Merzaga 077.

La variété Aglou montre la plus forte diminution de la stabilité membranaire pour les deux différents traitements (solutions de NaCl/CaCl₂ et l'eau de Ain el Atti). Par contre nous

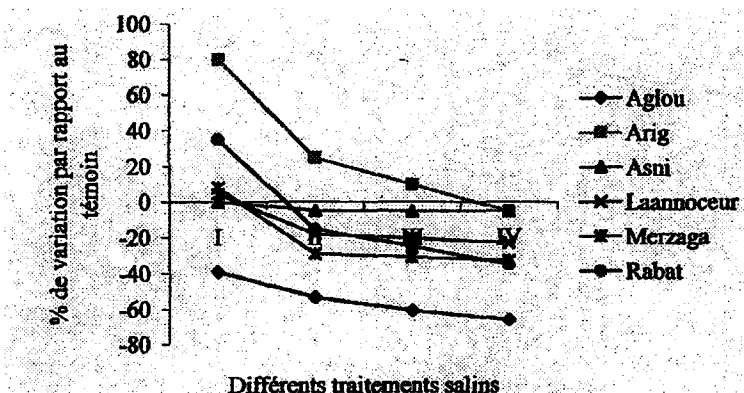


Figure 1 : Variation de la stabilité membranaire foliaire des variétés d'orge sous différents traitements salins

constatons que l'ampleur des variations de la stabilité membranaire chez les autres variétés semble être différente selon le type de traitement salin appliqué.

I : Traitement avec une solution de 50 mM de NaCl, 25 mM de CaCl₂

II : Traitement avec une solution de 100 mM de NaCl, 50 mM de CaCl₂

III : Traitement avec une solution de 150 mM de NaCl, 75 mM de CaCl₂

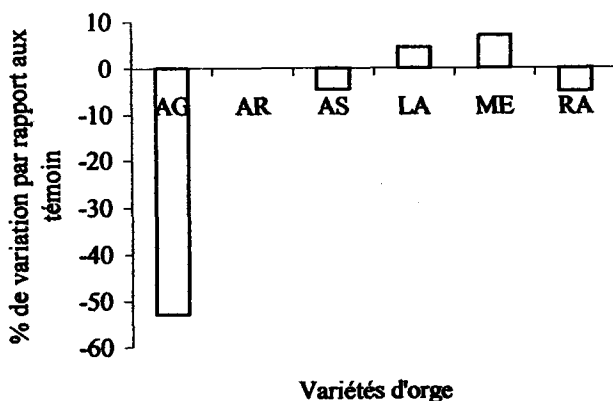


Figure 2 : Variation de la stabilité membranaire foliaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain el Atti

IV : Traitement avec une solution de 200 mM de NaCl, 100 mM de CaCl₂
 AG : Aglou, AR : Arig, AS : Asni, LA : Laannoceur, ME : Merzaga, RA : Rabat

Relations entre la stabilité membranaire foliaire et les différents paramètres physiologiques

Sélectivité ionique

Selon l'intensité du stress imposé par les solutions de NaCl/ CaCl₂, toutes les variétés montrent une diminution du rapport K⁺/ Na⁺ (Figure 3). La variété Arig 8 présente par rapport aux autres variétés le meilleur rapport K⁺/ Na⁺ et ceci a tous les niveaux d'intensités du stress imposé par les solutions de NaCl/ CaCl₂. Pour le stress imposé par l'eau de Ain el Atti, la variété Laannoceur présente le meilleur rapport comparativement aux autres variétés (Figure 4).

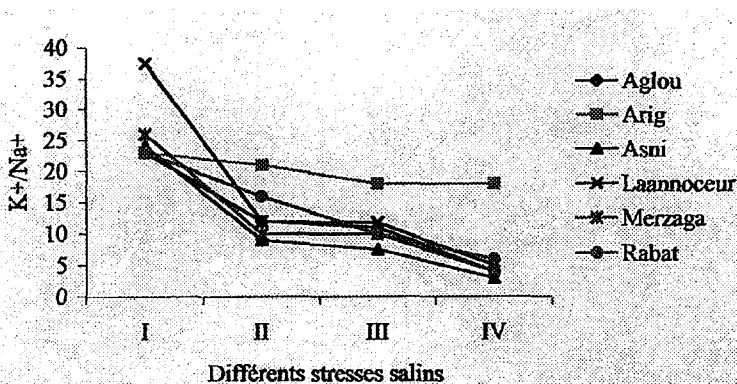


Figure 3. Variation de la sélectivité ionique foliaire des variétés d'orge sous différents traitements salins

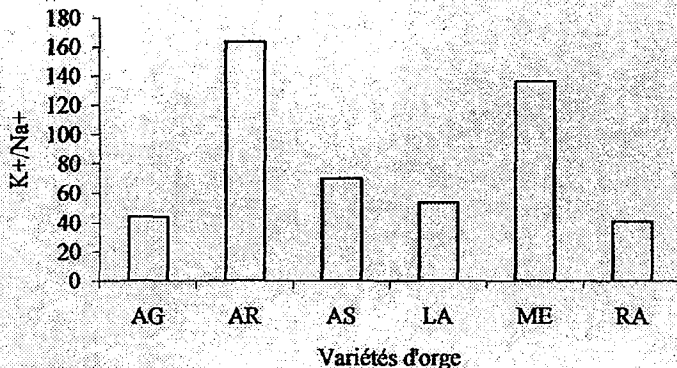


Figure 4 : Variation de la sélectivité ionique foliaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain el Atti

Toutes les variétés présentent de bonnes corrélations entre la diminution de la stabilité membranaire et la diminution du rapport K^+/Na^+ avec l'augmentation de l'intensité du stress salin (Tableau 1). Ceci indique que ces deux paramètres sont influencés de la même manière par le stress salin. La variété Arig 8 qui présente les meilleures valeurs de sélectivité ionique au cours des différents degrés du stress salin est une variété qui possède en même temps une des meilleures valeurs de la stabilité membranaire.

Tableau 1. Corrélation entre la stabilité membranaire et le rapport K^+/Na^+ chez différentes variétés d'orge sous stress salin.

	Aglou	Arig	Asni	Laannoceur	Merzaga	Rabat
+AA	0,95	0,72	0,97	0,9	0,69	0,81
-AA	0,97	0,93	0,97	0,99	0,97	0,94

Ceci semble indiquer qu'une bonne stabilité membranaire peut être un facteur de maintien d'une bonne sélectivité ionique dans les conditions de stress salin. Cependant, comme la plupart des variétés ne montrent pas de grandes différences entre elles dans la diminution des valeurs de la sélectivité ionique au cours du stress salin, cette constatation ne peut pas être généralisée à toutes les variétés.

De la même façon au cours du traitement avec l'eau de Ain el Atti, la variété Laannoceur qui se distingue des autres variétés par sa meilleure sélectivité ionique sous stress salin, possède en même temps une bonne stabilité membranaire. Cependant, deux variétés Merzaga 077 et Aglou qui ont des valeurs de stabilité membranaire très différentes possèdent par contre des valeurs du rapport K^+/Na^+ voisins.

Une bonne stabilité membranaire semble être un facteur qui permet à la plante de limiter la diminution de la sélectivité ionique dans les conditions de stress salin. Néanmoins, chez quelques variétés comme la variété Asni dans le cas du traitement avec les solutions de $NaCl/CaCl_2$ et la variété Merzaga 077 dans le cas du traitement avec l'eau de Ain el Atti, les bonnes valeurs de stabilité membranaire affichées ne leur semblent pas être suffisantes pour maintenir une bonne sélectivité ionique.

Teneur ionique

Toutes les variétés montrent une augmentation de la teneur ionique avec l'augmentation du stress salin (Figure 5). La classification des variétés selon leurs teneurs ioniques change suivant l'intensité du stress. Lorsqu'un stress de moyenne intensité est appliqué (traitement II), deux groupes sont distingués : le premier groupe est composé des variétés Merzaga 077, Laannoceur et Arig 8 qui représentent les génotypes qui ont le plus augmenté leur teneur ionique. Le deuxième groupe est composé des variétés Aglou, Asni et Rabat 071. Pour un stress de plus forte intensité (Traitement III) trois groupes sont distingués respectivement par leurs teneurs ioniques : le premier groupe est composé des variétés Aglou et Laannoceur. Le deuxième groupe est constitué des variétés Merzaga 077 et Arig 8. Quant au troisième groupe, il comporte les variétés Rabat et Asni. Au niveau du stress extrême (Traitement IV), les variétés Asni et Arig 8 sont celles qui ont le plus augmenté leurs teneurs ioniques alors que les variétés Rabat et Laannoceur sont celles qui présentent les plus faibles augmentations. La variété Aglou montre une augmentation intermédiaire. Pour le traitement par l'eau de Ain el Atti,

les variétés Merzaga 077 et Arig 8 se détachent des autres génotypes par des augmentations plus fortes des teneurs ioniques.

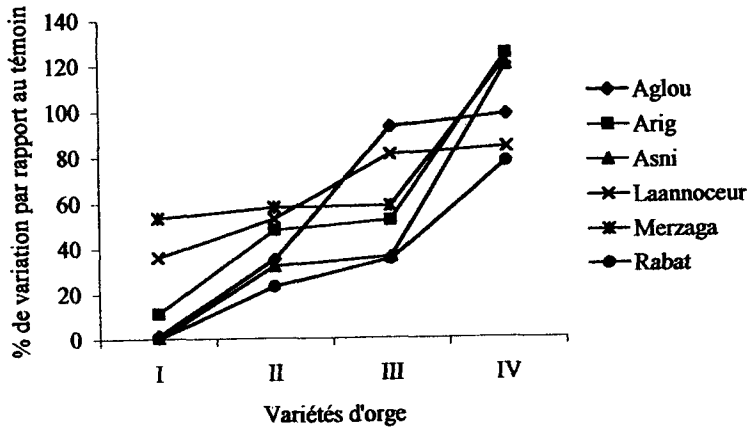


Figure 5. Variation de la teneur ionique foliaire des variétés d'orge sous différents traitements salins

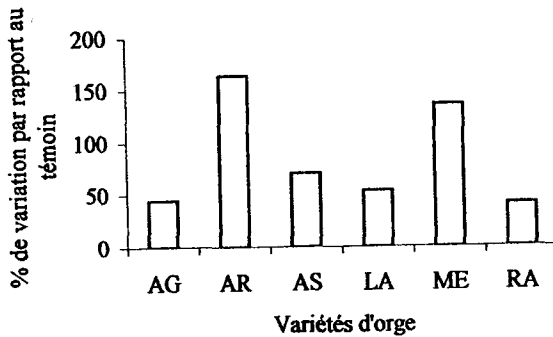


Figure 6. Variation de la teneur ionique foliaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain el Atti

A part la variété Merzaga 077, toutes les autres variétés présentent de bonnes corrélations négatives entre la diminution de la stabilité membranaire et l'augmentation de la teneur ionique foliaire (Tableau 2). Le stress salin engendre de la même façon une diminution de la stabilité membranaire et une augmentation de la teneur ionique. Parmi les trois variétés qui affichent les plus fortes augmentations des teneurs ioniques sous stress moyen (Traitement II), la variété Arig 8 possède une bonne stabilité membranaire ; alors que les variétés Laannoceur et Merzaga77 ne présentent que des valeurs moyennes de stabilité membranaire. Pour le trai-

tement III, c'est la variété Aglou qui possède la plus faible stabilité membranaire et qui montre la plus grande teneur ionique. Sous stress extrême (traitements IV), se sont les variétés Arig 8 et Asni qui montrent de bonnes valeurs de la stabilité membranaire par rapport aux autres variétés. Elles présentent en même temps les plus fortes teneurs ioniques.

Tableau 2. Corrélacion entre la stabilité membranaire et la teneur ionique chez différentes variétés d'orge sous stress salin.

	Aglou	Arig	Asni	Laannoceur	Merzaga	Rabat
+AA	-0,96	-0,79	-0,66	-0,81	-0,17	-0,83
-AA	-0,96	-0,85	-0,65	-0,87	-0,46	-0,85

Il apparaît ainsi que l'implication de la stabilité membranaire dans la capacité de la plante à maintenir de fortes teneurs ioniques au niveau foliaire semble être différente selon l'intensité du stress salin. Cette implication est plus apparente au niveau du stress extrême.

Sous les conditions de l'irrigation par l'eau de Ain el Atti, la variété Aglou, qui présente la plus forte diminution de la stabilité membranaire est en même temps parmi les variétés qui ont le moins augmentée leurs teneurs ioniques. La variété Merzaga 077, qui a la plus forte stabilité membranaire est l'une des variétés qui a enregistré la plus forte augmentation de la teneur ionique. La variété Laannoceur, bien qu'elle possède une bonne stabilité membranaire, ne montre qu'une faible augmentation de sa teneur ionique. La variété Arig 8 qui présente la meilleure augmentation de la teneur ionique ne montre qu'une stabilité membranaire moyenne. Ainsi, il apparaît que si chez les variétés Aglou et Merzaga 077 les valeurs de leurs teneurs ioniques peuvent être expliquées par les valeurs de leurs stabilités membranaires, chez les variétés Laannoceur et Arig 8, l'état de la stabilité membranaire ne semble pas influencer la teneur ionique.

Production de matière sèche

Toutes les variétés présentent une chute de la production de matière sèche foliaire qui augmente avec l'augmentation de l'intensité du stress salin (Figure 7). La variété Aglou se détache des autres variétés (traitement I, II et III) par une plus grande diminution de la production de matière sèche foliaire. Lorsque le stress d'intensité extrême (Traitement IV) est appliqué, se sont les deux variétés Aglou et Asni qui sont les plus affectées.

Dans le cas du traitement par l'eau de Ain el Atti (Figure 8), les variétés Merzaga 077 et Laannoceur se distinguent des autres variétés par une plus faible diminution de la production de matière sèche.

Toutes les variétés affichent de bonnes corrélations entre la stabilité membranaire et la production de matière sèche (Tableau 3). Les deux paramètres subissent une diminution avec l'augmentation du stress salin. La variété Aglou qui montre la plus faible valeur de stabilité membranaire est celle qui présente la plus forte diminution de la production de matière sèche.

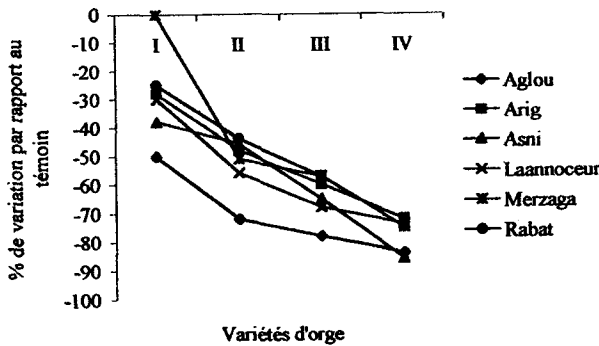


Figure 7. Variation de la production de matière sèche foliaire des variétés d'orge sous différents traitements salins

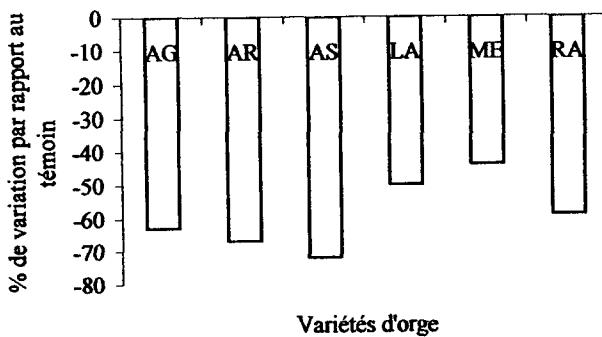


Figure 8. Variation de la production de matière sèche foliaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain el Atti

Dans le cas du traitement avec l'eau de Ain el Atti, les variétés Merzaga 077 et Laannoceur qui présentent les meilleures valeurs de stabilité membranaire sont celles qui affichent les plus faibles diminutions de la production de matières sèches. Ainsi dans ce cas l'état de la stabilité membranaire foliaire semble jouer un rôle dans la limitation de la diminution de la production de matières sèches dans les conditions de stress salin. Cependant, dans le cas du traitement avec les solutions de NaCl/CaCl₂, à part la variété Aglou, les autres variétés ne montrent pas de grandes différences dans la diminution de la production de matière sèche foliaire. Ainsi nous ne pouvons pas affirmer que la stabilité membranaire joue un rôle dans le maintien de la production de la matière sèche chez toutes les variétés.

Tableau 3 . Corrélation entre la stabilité membranaire et la production de matière sèche foliaire chez différentes variétés d'orge sous stress salin.

	Aglou	Arig	Asni	Laannoceur	Merzaga	Rabat
+AA	0,97	0,98	0,71	0,87	0,79	0,88
-AA	0,99	0,97	0,70	0,97	0,97	0,92

+AA : Les résultats du traitement par les différentes solutions de NaCl, CaCl₂ plus le traitement par l'eau de Ain el Atti sont utilisés.

-AA : Seuls les résultats des traitements par les différentes solutions de NaCl, CaCl₂ sont utilisés.

Discussion

Les résultats obtenus montrent que bien que le stress salin de faible intensité induit une amélioration de la stabilité membranaire, cette dernière subit une diminution proportionnelle à l'augmentation de l'intensité du stress. Ceci indique une dégradation de l'état de la structure membranaire foliaire sous stress salin. Cramer et al. (1985) ont indiqué que l'installation de fortes doses de sel dans l'espace apoplastique est l'une des causes de l'endommagement des surfaces membranaires. L'accumulation extracellulaire de Na⁺ entraîne la déshydratation cellulaire partielle et la diminution de la turgescence cellulaire (Flowers et al. 1991, Speer et Kaiser 1991). Le stress hydrique imposé à la cellule a pour conséquence une détérioration de la structure et de la composition lipidique de la membrane cellulaire (El Hafid L. 1995). De plus, nous constatons que la stabilité membranaire est influencée différemment selon que le stress salin ait pour origine les solutions de NaCl/CaCl₂ ou l'eau de la source de Ain el Atti. La stabilité membranaire se présente comme un facteur essentiel à une bonne production de matière végétale. Ceci peut être attribué à l'influence de la stabilité membranaire sur la sélectivité ionique et sur la capacité de tolérer de grandes teneurs ioniques au niveau foliaire.

Plusieurs auteurs ont mentionné que les plantes qui poussent sur un sol salin doivent maintenir un rapport K⁺/Na⁺ élevé dans leur cytoplasme (Jeschke et al. 1983, Jeschke 1984, Brown et al. 1989). Il est aussi suggéré que l'un des facteurs importants du mécanisme par lequel les cellules de l'orge maintiennent un rapport K⁺/Na⁺ élevé dans leur cytoplasme est le contrôle du transport ionique à travers la membrane plasmique (Martiniola et al. 1986, Garbarino et Dupont, 1988). Wolf et al. (1990) ont mentionné que la tolérance de l'orge à la salinité est due en partie à la limitation du transport de Na⁺ du xylème vers les parties aériennes. Ainsi la vitesse de transport de Na⁺ n'augmente ni en fonction de la salinité ni avec l'âge de la feuille.

Nos résultats montrent chez plusieurs variétés que la sélectivité ionique est influencée par l'état de la structure de la membrane pendant le stress salin et qu'une bonne stabilité membranaire dans ces conditions intervient comme un facteur positif pour le maintien d'une bonne sélectivité ionique. Cependant, chez des variétés comme Asni et Merzaga 077, cette condition ne semble pas être suffisante pour garantir une bonne sélectivité ionique.

Zid et Grignon (1991) ont indiqué que la résistance à la salinité chez l'orge est liée à l'aptitude de transporter de grandes quantités de NaCl dans les feuilles ainsi la compartimentation vacuolaire des ions Na⁺ et Cl⁻ est un déterminant important de la tolérance à la salinité. Cette

compartimentation met les organites cytoplasmiques à l'abri de la toxicité de ces ions (Levignot et al. 1995). L'implication de la stabilité membranaire comme facteur positif pour tolérer de grandes teneurs ioniques au niveau foliaire n'est mise en évidence que sous de très fortes intensités imposées par les solutions de NaCl, CaCl₂ ainsi que par l'eau de la source de Ain el Atti. Cependant, il est constaté dans le cas du stress par l'eau de Ain el Atti que les variétés comme Laannoceur et Arig 8 qui possèdent de bonnes stabilités membranaires ne montrent pas de grandes augmentations de leurs teneurs ioniques.

En conclusion, bien que le rôle joué par la stabilité membranaire dans la tolérance à la salinité semble varier d'une variété d'orge à une autre et selon la composition de l'eau salée qui a engendré le stress salin, on peut dire qu'en général la stabilité membranaire dans les conditions de stress salin joue un rôle dans le renforcement du comportement inclusif de l'orge ainsi que dans sa sélectivité ionique et par conséquent dans le maintien d'une production de matière sèche végétale.

Remerciements

Nous tenons à remercier Monsieur le directeur et le personnel de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Tafilalt (ORMVAT), ainsi que le chef du domaine expérimental de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) à Errachidia pour leur précieuse collaboration.

Références bibliographiques

- Ashraf, M.Y. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Rev. Plant.Science*. 13(1) : 17-42.
- Borochoy-Neori H. and Borochoy A. 1991. Response of Melon Plants to Salt : 1.Growth, Morphology and Root Membrane Properties. *J.Plant Physiol*. 139 : 100-105.
- Brown D.J. and Dupon F.M. 1989. Lipide composition of plasma membranes prepared from roots of barley (*Hordum vulgare* L.) Effect of salt. *Plant. Physiol*. 90 : 955-961.
- Chretien D., Guillot-Salomon T., Bahl J., CANTREL C. and DUBACQ J.P. 1992. *Physiol.Plant*. 86 : 372-380.
- Cramer G.R., Lynch J., Läuchi A., and Polito E. V.S. 1985. Displacement of Ca⁺⁺ by Na⁺ from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress. *Plant. Physiol*. 79 : 207-211.
- Durand M. and Lacan D. 1994. Sodium partitioning within the shoot of soybean. *Physiol. Plant*. 91 : 65-71.
- El Hafid L. 1995. Action de la sécheresse sur le métabolisme des lipides membranaires des feuilles de soja (*Glycine max* L.). Thèse de Doctorat Es Science. Université Mohamed I oujda.
- F.A.O. 1988. Salt affected soils and their management. F.A.O. Soils Bulletin n°39 (eds) by ABROL J.P., J.S.P.YADAV and F.I. MASSOUD.

- Flowers T.J., Hajibagheri M.A. and Yeo A.R. 1991. Ion accumulation in the cell walls of rice plants growing under saline conditions, evidence for the Oertli hypothesis. *Plant Cell Environment*, 14 : 319-325.
- Garbarino J. and Dupont F. 1988. NaCl induces a Na⁺/K⁺ antiport in tonoplast vesicles from barley roots. *Plant. Physiol.* 86 : 231-236.
- Hogland D.R. and Arnon D.I. 1950. The water culture method for growing plant without soil. In *Mineral nutrition of plant : principales and perspectives* (ed) EPSTEIN E. 29-49.
- Idihia F. 1995. Caractérisation agro-morphologique de la tolérance à la salinité chez l'orge (*Hordeum vulgare*). Thèse de troisième cycle. Université Cadi Ayyad, Faculté des sciences Semlalia, Marrakech.
- Jeschke W.D., Reising B. and Behl R. 1983. Vacuolar Na⁺/K⁺ exchange, its occurrence in root cells of *Hordeum*, *Atriplex* and *Zea* and its significance for K⁺/Na⁺ discrimination in roots. *J.Exp. Bot.* 34 : 964-979.
- Jeschke W.D. 1984. K⁺/Na⁺ exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In *Salinity Tolerance in plants : Strategies for crop improvement ?* JOHN WILEY and son, New York, 37- 65.
- Levignon A., Lopez F., Vansuty G. Berthomieu P., Fourcroy P. and Casse-Delbart F. 1995. Les plantes face au stress salin. *Cahiers Arg.* 4 : 263-273.
- Magdy M.F.M., OK Young L. and Stadelmann E.J. 1993. Salinity stress and cytoplasmique factors. A comparison of cell permeability and lipid partiality in salt sensitive and salt resistant cultivars and lines of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. *Physiol.Plant.* 88 : 141-148.
- Martinola E., Schramm M.J., Kaiser G., Kaiser W.M. and Heber U. 1986. Transport of ions in isolated baley vacuoles. *Plant. Physiol.* 80 : 895-901.
- Ouassou A. 1991. Sélection d'indices morpho-physiologiques et choix de parents pour l'utilisation de la résistance à la sécheresse et au hautes températures chez le blé dur.
- Rh'rib K. 1992. Caractérisation de la tolérance à la salinité chez certaines variétés de céréales d'automne. Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie, I.A.V. Hassan II.
- Speer M. and Kaiser W.M. 1991. Ion relations of symplastic and apoplastic space in leaves from *Spinacia oleracea* L. and *Pisum sativum* L. under salinity. *Plant. Physiol.* 97 : 990-997.
- Subbaro G.V. and C.Johansen. 1994. Strategie for improving salinity tolerance in crop plant. In *Handbook of plant and crop stress* (ed) by MOHAMMED PESSARAKLI.
- Maas E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agri. Res.* 1 : 12-26.
- Sullivan C.Y. and Ross W.M. 1979. Selecting for drought and heat resistance in grain Sorghum. In "Stress physiology in crop plant" ed. MUSSEL H. and STAPEL R.C. (JOHN WILEY and sons, New York) 263-281.
- Wolf O., Munns R., Tonnet M.L. and Jeschke W.D. 1990. Concentration and transport of solutes in xylem and phloem along leaf axis of NaCl treated *Hordeum vulgare*. *J. Exp. Bot.* 41 : 1133-1141.
- Zid E. et Grignon C. 1991. Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. IIème Journées Scientifiques du Réseau de Biotechnologies végétales. L'amélioration des Plantes pour l'Adaptation aux Milieux Arides. AUPELF/UREF. J.LIBBEY ed. Eurotext. Paris et Londre. 91-108.