

Rôle de la stabilité membranaire racinaire 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 Provinciale d'Agriculture de Tiznit

³ Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat

⁴ Département de biologie, Faculté des sciences, Rabat

Resumé

L'extension et la productivité des cultures sont limitées par la salinité. Une meilleure valorisation des zones affectées par ce stress nécessite la recherche de variétés tolérantes. 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 racines de plantes irriguées par des solutions de NaCl/CaCl₂ et par l'eau 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 pour maintenir une faible teneur ionique au niveau racinaire et assurer une bonne production de matière sèche racinaire. Une bonne stabilité membranaire et donc nécessaire pour le maintien du comportement inclusif de l'orge et de sa tolérance à la salinité.

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

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

Salt stress is limiting both the productivity and the area extension of many crops. The development of salt stress tolerant varieties is emphasized by many reseachers as a mean to overcome these problems. The present study aims the investigation of the mechanisme involved on salt tolerance of barley varieties grown under salt stress caused by NaCl CaCl₂ and Ain El Atti saline water (Ce=11,6 mS/cm). Results chowed the importance of the membrane stability in enhancing root dry matter production and in maintaning a low ion content in the root. The membrane stability is then necessary in maintaning the inclusion mechanism in barley along good salt tolerance.

Key words : Barley, salt stress, inclusion, membrane stability, ion selectivity

ملخص : دورة جودة غشاء خلايا الجذور في مقاومة الملوحة عند الشعير

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

1 قسم البيولوجيا، كلية العلوم والتقنيات، الراشدية، المغرب

2 المديرية الإقليمية للفلاحة، تزنيث، المغرب

3 المعهد الوطني للبحث الزراعي، الرباط، المغرب

4 قسم البيولوجيا، كلية العلوم، الرباط، المغرب

ان الملوحة من العوامل المعيقة لتوسيع و رفع إنتاجية المجال الزراعي، و هذا يحث للبحث عن أصناف نباتية مقاومة للملوحة.

تهدف هذه الدراسة إلى فهم دور بعض العوامل الفزيولوجية في إنتاج مقاومة الملوحة عند بعض أصناف الشعير المغربي، بتتبع حالة جودة غشاء الخلية عند الجذور، و ذلك تحت تأثير محلول كلوريد السديوم و الكالسيوم، و كذلك تحت تأثير ملوحة ماء عين العاطي. أظهرت النتائج أهمية حالة غشاء الخلية عند الجذور و ذلك لتمكينهم من الإبقاء على نسبة قليلة من الملح داخلهم و هذا ما يمكن من إنتاجية جيدة من المواد الجافة. ان حالة جودة غشاء الخلية من الضروريات لتمكين الشعير من مقاومة الملوحة.

Introduction

Le développement de l'agriculture dans les zones arides et semi-arides nécessite le recours à l'irrigation pour améliorer et stabiliser les rendements des cultures. En général, ces apports d'eau s'accompagnent d'une accumulation de sel surtout NaCl en grande concentration dans le sol. Les plantes qui poussent sur ces sols salins doivent maintenir un rapport K^+/Na^+ élevé dans leurs cytoplasmes malgré le déséquilibre ionique en faveur du sodium engendré par le stress salin au niveau du sol (Jeschke et al. 1983, Brown et al. 1989). Le transport ionique à travers la membrane plasmique et les membranes vacuolaires semble jouer un rôle important dans le mécanisme par lequel la cellule de l'orge maintient un rapport élevé de K^+/Na^+ dans le cytoplasme (Jeschke et al. 1983, Garbarino et Dupont 1988). Le rôle des racines est déterminant dans le contrôle sélectif de l'entrée des ions et de leur accumulation dans la plante. En effet la tolérance de l'orge sauvage *Hordeum jubatum* comparativement à l'orge cultivée *Hordeum vulgare* est due pour une grande partie à l'efficacité de la restriction de l'entrée des ions Na^+ dans la racine (Suhayda et al. 1992).

Plusieurs auteurs ont mentionné le comportement inclusif de l'orge dans les conditions du stress salin ; c'est à dire qu'elle accumule de grandes quantités d'ions Na^+ dans les feuilles alors qu'elle maintient ce taux relativement bas dans les racines (Zid et Grignon 1991, El Mekaoui et al. 1994). D'autres auteurs ont rapporté que les ions Na^+ sont séquestrés dans les vacuoles des racines d'orge sous stress salin (Martiniola 1986, Garbarino et Dupont 1988, Matasumoto et

Chung 1988). Tous les détails du mécanisme du transport de K^+ et Na^+ à travers les membranes plasmiques et vacuolaires ne sont pas encore élucidés. Cependant, le but de ce mécanisme est de garder les ions K^+ dans le cytoplasme et d'exclure Na^+ vers les vacuoles (Garbarino et Dupont 1988), ou vers l'apoplaste (Hartwig et al. 1990). L'activité d'un transporteur Na^+/H^+ ATPasique a été détectée au niveau des racines d'orge ayant poussé sous stress salin (Garbarino et Dupont 1988). L'accumulation extracellulaire de Na^+ entraîne une déshydratation cellulaire partielle (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 Hafide 1995). Magdy et al. (1993) ont mentionné la perturbation de la stabilité membranaire au cours du stress salin chez l'orge et le blé.

L'objectif du présent travail est de suivre la stabilité membranaire des racines d'orge marocaines ayant subi différents degrés de stress salin et d'identifier l'importance de son rôle dans la tolérance à la salinité.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Six variétés d'orge marocaines inscrites au catalogue officiel : Aglou, Arig 08, 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 Laannoceur sont considérées comme tolérantes au stress salin. Les variétés Asni et Aglou sont intermédiaires alors que les variétés Arig 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 $CaCl_2$ dans les proportions 1 : 2.

- Traitement non stressé : TNS
- Traitement avec une solution de 50 mM de NaCl, 25 mM de $CaCl_2$
- Traitement avec une solution de 100 mM de NaCl, 50 mM de $CaCl_2$
- Traitement avec une solution de 150 mM de NaCl, 75 mM de $CaCl_2$
- Traitement avec une solution de 200 mM de NaCl, 100 mM de $CaCl_2$

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

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

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 24 h à 4°C de traitement par le PEG 600, les morceaux de racine 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 racinaires. Ce même milieu avec les morceaux de racine 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 racine n'ont pas subi de traitement par le PEG 600 a été réalisé.

La stabilité membranaire est calculée 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 des plantes prélevées au stade début tallage (après 30 jours de traitement salin) est estimée après passage à l'étuve à 70°C pendant 48 h.

Dosage des ions

Les échantillons de matières fraîches des racines sont séchés à l'étuve à 70°C pendant 48 h. 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

Les résultats (Figures 1 et 2) montrent que la plupart des variétés traitées par les différentes solutions salines ainsi que par l'eau de Ain El Atti présentent une amélioration de la stabilité membranaire par rapport aux témoins non stressés. Cependant, les variétés Aglou et Arig 08 présentent une chute significative de la stabilité membranaire lorsque des stress de moyenne et forte intensité sont appliqués (Traitements III et IV). La variété Laannoceur présente la meilleure stabilité membranaire pour les différents degrés du stress salin. Lorsque les plantes sont irriguées par l'eau de Ain El Atti, les variétés Merzaga 077, Aglou et Laannoceur montrent les augmentations les plus marquées de la stabilité membranaire. Bien que la variété Aglou montre une amélioration de sa stabilité membranaire quand elle est traitée avec l'eau de Ain El Atti, elle présente cependant une chute significative quand elle est traitée avec les différentes solutions salines. La variété Arig 08 présente la plus faible stabilité membranaire par rapport aux autres variétés pour les deux traitements.

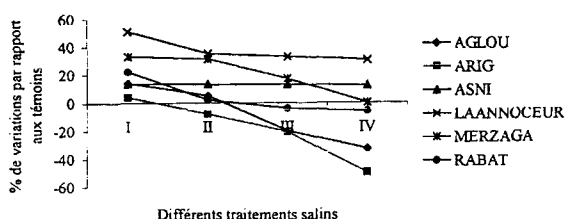


Figure 1. Variation de la stabilité membranaire racinaire des variétés d'orge sous différents stress salins

I : traitement avec une solution de 50 mM de $NaCl$, 25 mM de $CaCl_2$

II : traitement avec une solution de 100 mM de $NaCl$, 50 mM de $CaCl_2$

III : Traitement avec une solution de 150 mM de $NaCl$, 75 mM de $CaCl_2$

IV : Traitement avec une solution de 200 mM de $NaCl$, 100mM de $CaCl_2$

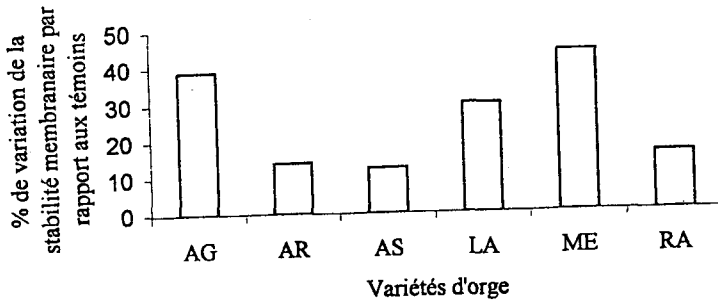


Figure 2. Variation de la stabilité membranaire racinaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain El Atti

AG : Aglou, AR : Arig, AS : Asni, LA : Laannoceur, ME : Merzaga, RA : Rabat

Relation entre la stabilité membranaire et les différents paramètres physiologiques

Relation avec la sélectivité ionique

Toutes les variétés présentent une diminution de la valeur du rapport K^+/Na^+ avec l'augmentation de l'intensité du stress salin imposé par les solutions salines (Figure 3). Sous stress extrême (traitement IV), seule la variété Rabat 071, se différencie des autres variétés par une chute plus importante de sa sélectivité ionique. Pour le traitement avec l'eau de Ain El Atti (Figure 4), la plupart des variétés présentent un rapport de sélectivité ionique entre 1,5 et 2. Seule la variété Arig 8 présente un rapport plus élevé qui est de 2,5.

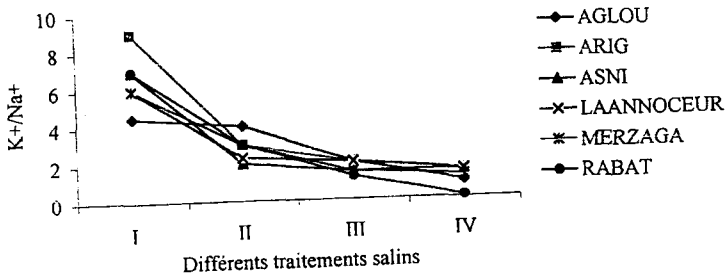


Figure 3. Variation de la sélectivité ionique racinaire des variétés d'orge sous différents traitements salins

I : Traitement avec une solution de 50 mM de NaCl, 25 mM de $CaCl_2$

II : traitement avec une solution de 100 mM de NaCl, 50 mM de $CaCl_2$

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

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

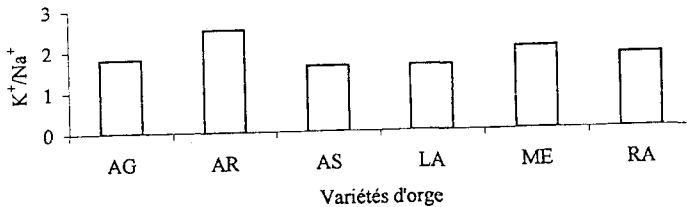


Figure 4. Variation de la sélectivité ionique racinaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain El Atti

AG : Aglou, AR : Arig, AS : Asni, LA : Laanoceur, ME : Merzaga, RA : Rabat

Toutes les variétés arrosées avec les solutions salines NaCl/CaCl₂ présentent de bonnes corrélations entre la stabilité membranaire et la sélectivité ionique (Tableau 1). Ces corrélations indiquent que les deux phénomènes varient dans le même sens dans le contexte d'un stress salin. La variété Rabat 071 qui s'est détachée des autres variétés sous stress extrême (traitement IV) par une diminution plus importante de la sélectivité présente une diminution moyenne de la stabilité membranaire pour le même stress par rapport aux autres variétés. Dans le cas du traitement avec l'eau de Ain El Atti, la seule variété Arig 08 qui se différencie des autres variétés par un rapport K⁺/Na⁺ plus élevé, montre en même temps une augmentation de la stabilité membranaire moins importante par rapport aux autres variétés.

D'après les résultats obtenus, l'état de la stabilité membranaire ne semble pas influencer la discrimination ionique au niveau racinaire dans les conditions du stress salin.

Tableau 1. Coefficients de corrélation entre la stabilité membranaire et la sélectivité ionique chez les différentes variétés d'orge soumises au stress salin

	Aglou	Arig 08	Asni	Laanoceur	Merzaga077	Rabat 071
+AA	0,4	0,49	0,71	0,98	0,59	0,78
-AA	0,99	0,76	0,69	0,98	0,88	0,98

+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.

Relation avec la teneur ionique

Toutes les variétés présentent une augmentation de leur teneur racinaire en ions K⁺ et Na⁺ avec l'augmentation de l'intensité du stress salin (Figure 5). Au niveau du stress extrême (traitement IV), les variétés Aglou et Rabat sont celles qui présentent les teneurs ioniques les plus élevées. Elles sont suivies des variétés Arig 08, Merzaga 077 et Asni ; alors que la variété Laan-

noceur est celle dont la teneur ionique a le moins augmenté. Pour le traitement avec l'eau de Ain El Atti (Figure 6), c'est la variété Rabat 071 qui présente l'augmentation la plus remarquable de sa teneur ionique alors que la variété Laannoceur montre l'augmentation la plus faible.

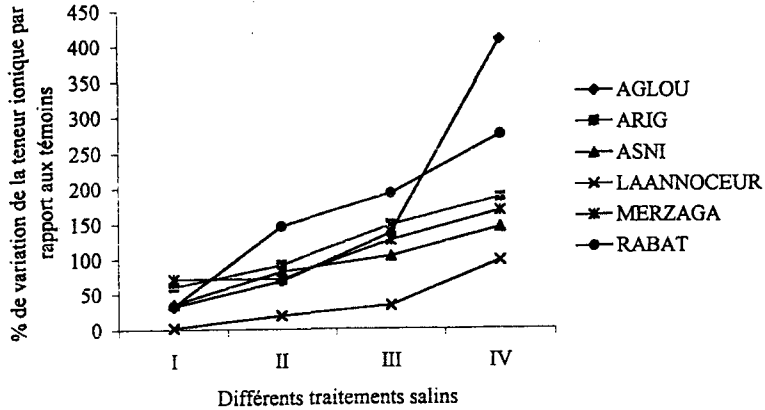


Figure 5. Variation de la teneur ionique racinaire de deux variétés d'orge sous différents traitements salins

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

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

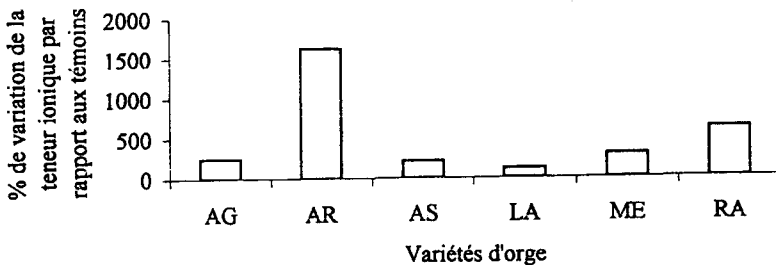


Figure 6. Variation de la teneur ionique racinaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain El Atti

AG : Aglou, AR : Arig, AS : Asni, LA : laannoceur, ME : Merzaga, RA : Rabat

Chez chacune des variétés traitées avec les différentes solutions salines NaCl/CaCl₂, il y a de bonnes corrélations négatives entre l'état de la stabilité membranaire et l'augmentation de la teneur ionique racinaire (Tableau 2). Ceci indique que le stress salin influence de façon inversement proportionnelle les deux paramètres. De plus, les variétés telles que Laannoceur et Asni qui présentent les meilleures stabilités membranaire, sont celles qui montrent les plus

faibles augmentations de la teneur ionique. De la même façon les variétés Aglou et Rabat 071 qui montrent les plus grandes augmentations de la teneur ionique, présentent en parallèle des diminutions importantes de la stabilité membranaire. Toutefois nous constatons que les variétés Arig 08 et Merzaga 077 qui présentent des augmentations semblables de la teneur ionique possèdent par contre des comportements de la stabilité membranaire complètement différents.

Tableau 2. Coefficients de corrélation entre la stabilité membranaire et la teneur ionique chez les différentes variétés d'orge soumises au stress salin

	Aglou	Arig 08	Asni	Laannoceur	Merzaga077	Rabat071
+AA	-0,38	-0,51	-0,76	-0,74	0,22	0,08
-AA	-0,89	-0,97	-0,94	-0,73	-0,99	-0,94

+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.

Quand les résultats du traitement avec l'eau de Ain El Atti sont incorporés (Tableau 2), il y'a disparition de cette corrélation chez la plupart des variétés. Ceci indique que la relation entre la stabilité membranaire et la teneur ionique est différente selon que le stress salin est engendré par les solutions de NaCl, CaCl₂ ou par l'eau salée de Ain El Atti. Nous constatons que les variétés Aglou, Laannoceur et Merzaga 077 qui présentent les plus fortes augmentations de la stabilité membranaire, montrent toutes de faibles augmentations de la teneur ionique. La variété Arig 08 qui présente la plus forte augmentation de la teneur ionique est une variété qui n'a subi qu'une légère amélioration de sa stabilité membranaire. La variété Rabat 071 présente une amélioration modérée dans les deux cas. Enfin, la variété Asni, bien qu'elle ne montre qu'une légère amélioration de la stabilité membranaire, présente cependant une faible augmentation de la teneur ionique.

Ces résultats indiquent qu'en général est pour les deux types de stress (solutions de NaCl/CaCl₂ et eau de Ain El Atti), la stabilité membranaire semble être un facteur positif dans la limitation de l'augmentation de la teneur ionique racinaire sous stress salin, mais l'importance de cette influence est différente selon la nature de l'eau qui a engendré le stress salin.

Relation avec la production de matière sèche

Chez toutes les variétés arrosées par les solutions salines on observe une diminution de la production de matière sèche parallèlement à l'augmentation de l'intensité du stress (Figure 7). De la même façon on observe avec le traitement par l'eau de Ain El Atti (Figure 8) une diminution générale de la production de matière sèche, avec cependant une plus grande diminution chez les variétés Arig 08 et Rabat 071. La variété Merzaga 077 présente par contre la diminution la plus faible.

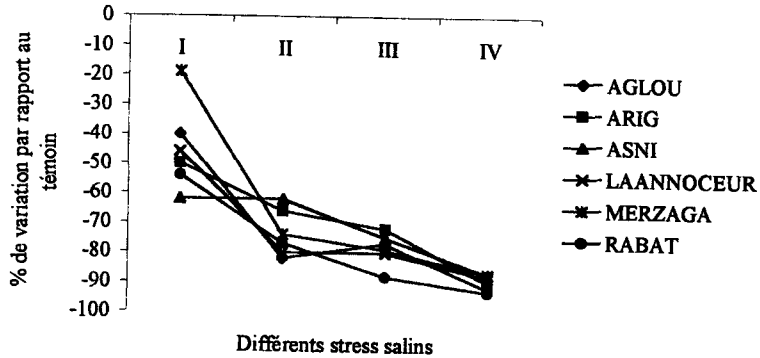


Figure 7. Variation de la production de matière sèche racinaire des variétés d'orge sous différents traitements salins

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

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

AG : Aglou, AR : Arig, AS : Asni, LA : laanoceur, ME : Merzaga, RA : Rabat

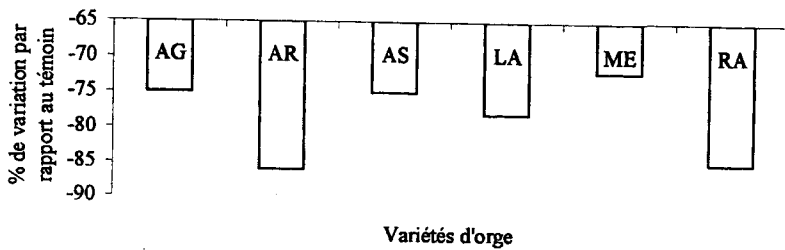


Figure 8. Variation de la production de matière sèche racinaire des variétés d'orge sous l'effet de l'eau de Ain El Atti

La stabilité membranaire semble être bien corrélée avec la production de matière sèche racinaire dans le cas du traitement avec les différentes solutions salines NaCl/CaCl₂ (Tableau 3). Cependant, comme nous n'observons pas de différences entre les valeurs de diminution de la production de matière sèche racinaire entre les différentes variétés, nous ne pouvons pas conclure si le niveau de stabilité membranaire pendant le stress salin a une influence sur la production de matière sèche. L'incorporation des résultats du traitement avec l'eau de Ain El Atti entraîne la disparition de cette corrélation chez plusieurs variétés (Tableau 3). Ceci indique que la relation entre les niveaux de la stabilité membranaire et le niveau de production de matière sèche sont différents selon que le stress salin est réalisé avec les solutions de NaCl

et CaCl_2 ou bien avec l'eau de Ain El Atti. Dans ce dernier cas malgré que toutes les variétés montrent une amélioration de la stabilité membranaire elles présentent cependant une diminution générale de la production de matière sèche racinaire. Dans le cas du stress avec l'eau de Ain El Atti nous constatons que les variétés Merzaga 077 et Aglou qui présentent les meilleures valeurs de stabilité membranaire par rapport aux autres variétés, sont aussi celles qui présentent les plus faibles diminutions de la production de matières sèches. Alors que les variétés Arig 08 et Rabat 071 qui montrent les plus faibles améliorations de la stabilité membranaire sont celles qui présentent les plus grandes chutes de la production de matières sèches. Nous pouvons conclure que dans le cas du traitement avec l'eau de Ain El Atti l'état de la structure de la membrane est important dans la limitation de la diminution de la production de matière sèche.

Tableau 3. Coefficients de corrélation entre la stabilité membranaire et la production de matière sèche racinaire chez les différentes variétés d'orge soumises au stress salin

	Aglou	Arig 08	Asni	Laannoceur	Merzaga077	Rabat071
+AA	0,47	0,43	0,88	0,96	0,37	0,77
-AA	0,76	0,98	0,89	0,98	0,69	0,98

+AA : Les résultats du traitement par les différentes solutions de NaCl , CaCl_2 plus le traitement par l'eau de Ain El Atti sont utilisés.

-AA : Seuls les résultats des traitements par les différentes solutions de NaCl , CaCl_2 sont utilisés.

Discussion

Les stress salins de faible et moyenne intensités imposés par les solutions de $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$ ainsi que le stress par l'eau d'Ain El Atti entraînent une amélioration de la stabilité membranaire. Cependant, les stress de plus fortes intensités entraîne une diminution de la stabilité membranaire. Chez quelques variétés comme Aglou et Asni, la stabilité membranaire n'est pas seulement influencée par la concentration en NaCl mais aussi par la composition ionique spécifique à l'eau de Ain El Atti.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence une influence de la stabilité membranaire sur la sélectivité ionique. La sélectivité ionique semble dépendre en priorité du fonctionnement d'un transporteur ionique qui a pour fonction de rejeter les ions Na^+ vers l'extérieur de la cellule ou bien de les séquestrer dans les vacuoles (Martinola 1986, Garbarino et Dupont 1988, Matsumoto et Chung 1988, Hartwig et al.1990).

Nous avons pu mettre en évidence une influence de la stabilité membranaire sur la limitation de l'augmentation de la teneur ionique racinaire. Ceci contribue au renforcement de son caractère inclusif.

La tolérance de l'orge à la salinité est attribuée à son caractère inclusif. Cette caractéristique lui permet d'exporter de grandes quantités de NaCl vers les feuilles, ce qui permet de maintenir une faible quantité dans le phloème et les cellules racinaires (Zid et Grignon 1991). Suhayda et al. (1992) mentionnent une plus grande efficacité de la restriction de l'entrée des ions Na^+ dans la racine chez l'orge sauvage *Hordeum jubatum* qui est plus tolérante à la salinité

par rapport à l'orge cultivée *Hordeum vulgare*. Stassart et Bogemans (1990) expliquent la meilleure tolérance à la salinité de l'orge de printemps par rapport à l'orge d'hiver par une meilleure restriction au niveau des racines de l'entrée des ions Na^+ ainsi que par une meilleure séquestration de ces ions dans les vacuoles.

Nos résultats montrent que les variétés qui présentent les meilleures valeurs de stabilité membranaire sont aussi celles qui arrivent à maintenir les plus faibles teneurs ioniques au niveau des racines et à limiter la diminution de la production de matière sèche racinaire dans les conditions de stress salin.

Conclusion

Le maintien d'une bonne stabilité membranaire dans les conditions du stress salin contribue au renforcement du caractère inclusif de l'orge et par conséquent à sa tolérance à la salinité. Les variétés d'orge qui sont plus aptes à maintenir une bonne stabilité membranaire dans les conditions du stress salin seront plus avantageuses pour tolérer ce stress.

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

- Brown D.J. and Dupon F.M. 1989. Lipide composition of plasma membranes prepared from roots of barley (*Hordeum vulgare* L.) Effect of salt. *Plant. Physiol.* 90 : 955-961.
- 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.
- El Mekaoui M., AGBANI M. et MONNEVEUX Ph. 1994. Rôle de la sélectivité K/Na et de l'accumulation de proline dans l'adaptation à la salinité de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) et du blé (*Triticum durum* Desf.). *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 14(2) : 27-36.
- 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.
- Hartwig M., Benjamin J. and Marschner H. 1990. Is Sodium Proton Antiport Ubiquitous in Plant Cells? *J.Plant Physiol.* 137 : 180-183.

- 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 Caddi 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.
- Magdy M.F.M., OK Young L. and Stadelmann E.J. 1993. Salinity stress and cytoplasmique factors. Acomparision 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.
- matasumoto H. and Chung G.C. 1988. Increase in proton transport activity of tonoplast vesicles as an adaptative reponse of barley roots to NaCl stress. *Plant Cell Physiol.* 29 : 1133-1140.
- Ouassou A. 1991. Sélection d'indice morpho-physiologiques et choix de parents pour l'utilisation de la résistance à la sécheresse et aux hautes températures chez le blé dur. mémoire pour le concours d'ingénieur en chef , Institut National de la Recherche Agronomique.
- 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.
- Stassart J.M. and Bogemans J. 1990. Physiological differences between barley cultivars under salt stress, xylem exudation and phloem flow of different cations. In Genetic aspects of drought resistance in plants (eds) PALEG L.G. and Aspinal D. Academic press. New York. 206-241.
- Suhayda C.G., Redman R.E., Harvy B.L. and CIPYWNYK A.L. 1992. Comparative response of salt cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. *Crop.Sci.* 32 : 154-163.
- Sullivan C.Y. and Ross W.M. 1979. Selecting for drought and heat resistance i, grain Sorghum. In "Stress physiology in crop plant" ed. MUSSEL H. and STAPEL R.C. (JOHN
- Zid E. et Grignon C. 1991. Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. 11ème 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.