

Effet du traitement salin sur la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Abdelhak DRIOUICH¹ & Abdellatif RACHIDAI¹✧

(Reçu le 07/09/1995 ; Accepté le 09/11/1995)

تأثير الملح على نمو القمح الصلب

تمت دراسة تأثير الملوحة على النمو لدى نوعين من القمح الصلب "كريم" و "كيبورندا". استعملت أربع تركيزات للملوحة ذوي حساسية مختلفة و تمت مقارنة أربع مراحل للنمو من أجل تعيين تطور درجة الحساسية. أثبتت النتائج المحصل عليها أنه مع تقدم الدورة النباتية يزداد تأثير النمو بوجود الملح بدرجة أكبر عند "كيبورندا". تمكن المعدلات التراجعية المحدثه الرابطة بين المادة الجافة و الموصله الكهربائيه لمحلول السقي من تخمين مفعول الملوحة عند مختلف مراحل النمو و تبرز كذلك ثوابت (paramètres) مقارنة مع مختلف المراحل، و تبين أن القدرة الإنباتية تضل قليلة الحساسية، بينما في مدة 75 يوما مثلا، تنقص في النمو بنسبة 20 في المائة و 50 في المائة بنسبة 3,06 غ/ل و 6,11 غ/ل عند "كريم"، 2,47 غ/ل و 4,87 غ/ل عند "كيبورندا".

الكلمات المفتاحية : الملوحة - القمح الصلب - النمو - التخمين.

Effet du traitement salin sur la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

L'effet du traitement salin sur la croissance est étudié chez deux cultivars du blé dur (*Triticum durum* Desf.) à sensibilités différentes vis-à-vis du stress salin et cultivés au Maroc: "Kyperounda" et "Karim". Les résultats obtenus montrent qu'avec l'avancement du cycle végétatif, la croissance (mesurée par la matière sèche) est de plus en plus affectée par le traitement salin et ceci d'une manière plus marquée chez la variété "Kyperounda". Les équations de régression établies (reliant la matière sèche et la conductivité électrique de la solution d'arrosage) permettent de prédire l'effet de la salinité sur différents stades de la croissance et de déterminer des indices caractéristiques de la variété: seuil "S", taux de réduction "t", concentration provoquant 20% de réduction (C₂₀) et concentration provoquant 50% de réduction de la croissance (C₅₀). Ces deux derniers paramètres sont respectivement égaux à 20/t + S et 50/t + S. D'autre part, la comparaison des différents stades montre que la germination reste peu sensible alors qu'à la fin de la montaison par exemple des chutes de la croissance de 20% et 50% sont provoqués par 3,06 g/l et 6,11 g/l pour "Karim" et 2,47 g/l et 4,87 g/l pour "Kyperounda". Enfin, nous proposons l'approche de prédiction utilisée pour apprécier la production des espèces fourragères quand on irrigue avec une eau salée..

Mots clés: *Triticum durum* - Blé dur - Salinité- Croissance - Prédiction.

Effect of salt treatment on the growth of durum wheat (*Triticum durum* Desf.)

The effect of salt treatment on growth is studied in two durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars differing in their sensitivity to salt stress and cultivated in Morocco: "Kyperounda" and "Karim". The results show that with the advancement of vegetatif cycle, the growth (measured by dry matter) is more and more affected by salt treatment and this in a marked manner in "Kyperounda" variety. The equation of regression established (relying dry matter and the conductivity électrique of the drenching solution) permit to predict the effect of salinity on different periods of the growth and to determine the marks characteristics of the variety: Threshold "S", reduction rate "t", concentration inciting 20% reduction (C₂₀) and concentration inciting 50% reduction of the growth (C₅₀); these two last parameters are respectively equal to 20/t + S and 50/t + S. On the other hand, the comparison of different stages show that the germination remains less sensitive but at 75 days for example, growth reduction of 20 and 50% are met by 3,06 g/l and 6,11 g/l for "Karim" and 2,47g/l and 4,87 g/l for "Kyperounda". Finally, we suggest the approach of prediction used to appreciate the production of forage species when drenching water is saline.

Key words: *Triticum durum* - Durum wheat - Salinity - Growth- Prediction

¹ Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P.133, Kénitra, Maroc

✧ Auteur correspondant

INTRODUCTION

Les critères de résistance à la salinité restent largement incompris et les recherches les concernant ne sont qu'à leur tout début. Leur connaissance serait évidemment d'un grand intérêt. À peine amorcés, ils pourraient servir de base pour la sélection de la résistance des plantes au stress salin.

En réponse à la salinité, la plante réagit de différentes manières; pour cela les paramètres et les fonctions physiologiques étudiés sont divers. Concernant la nutrition minérale, plusieurs auteurs rapportent que le rapport K^+/Na^+ serait un critère possible de résistance au stress salin; ceci a été vérifié sur différentes espèces végétales: Bizid *et al.* (1988) sur les triticales; Sharma & Kumar (1992) sur le pois chiche; Ghorbanli & Asri (1993) sur quelques halophytes; Mansouret *et al.* (1993) sur le blé tendre; EL Mekkaoui *et al.* (1994) et Rachidai *et al.* (1994b) sur le blé dur.

Sur le plan biochimique, la proline est très citée comme "élément osmorégulateur" (El Haddad & O'Leary, 1994; Ullah *et al.*, 1994; El Mekkaoui *et al.*, 1994). L'accumulation de cet acide aminé est suggérée comme indice de résistance non seulement au stress salin mais également au stress hydrique (Monneveux & Nemmar, 1986; Ali Dibet *et al.*, 1992) du fait que la salinité est également une sécheresse dite "physiologique".

En ce qui concerne le blé dur (*Triticum durum* Desf.), un travail récent (Rachidai *et al.*, 1994a) a mis en évidence une variabilité intraspécifique au stade "germination".

Dans la présente étude, on se propose de comparer l'effet de la salinité sur la croissance chez deux variétés de blé dur différant par leur résistance à la salinité, avec comme objectif d'étudier la variation du degré de sensibilité de cette espèce au cours de son cycle végétatif.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Choix du matériel végétal

Pour pouvoir mener une étude comparative, il fallait choisir deux cultivars à sensibilités différentes vis-à-vis de la salinité. Récemment, neuf variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) répertoriées au Catalogue Officiel National du Maroc ont été classées suivant leur résistance à la

salinité au stade germination. Le classement établi (par ordre croissant de résistance) était comme suit: Kyperounda < Oued Zenati < Marzak < Cocorit < Acsad 65 < Zeramek < Karim < Jori < Selbera (Rachidai *et al.*, 1994a).

Tenant compte de ce classement, on a choisi deux génotypes: le plus sensible, en l'occurrence, "Kyperounda" et un des trois les plus résistants, soit "Karim", en raison de la place importante qu'il occupe dans la superficie cultivée en blé dur au Maroc. Les caractéristiques principales de ces deux variétés figurent sur le tableau 1.

Tableau 1. Principales caractéristiques des deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) étudiées

Variété	Origine	Année*	Zone**	Cycle végétatif (jours)	Productivité par rapport à Cocorit
Karim	INRAM	1956	B.F.	105	moyenne (83%)
Kyperounda	INRAM	1985	B.F., IRR	95	bonne (+ 124%)

* Année D'inscription au Catalogue Officiel National

** Zone d'adaptation

B.F.: Bour favorable, IRR: Irriguée.

INRAM: Institut National de Recherche Agronomique Marocain.

(Source: Anonyme, 1990)

2. Protocole expérimental

• Mise en germination

Les deux variétés ont été cultivées dans les mêmes conditions. Après désinfection à l'hypochlorite de sodium (1%) pendant 10 min, les graines ont été rincées abondamment à l'eau distillée, puis mises à germer dans des boîtes de pétri sur papier filtre imbibé d'eau distillée (20 graines par boîte). Les boîtes ont été placées à l'obscurité dans un germoir où la température était fixée à 20°C.

• Repiquage

Suite à l'émergence de la racine, il a été procédé à un repiquage sur des pots en plastique (surface = 15 x 15 cm², hauteur = 11 cm) remplis d'un substrat inerte constitué de sable siliceux lavé au préalable plusieurs fois à l'eau distillée. Chaque pot contient quatre plantules. Les pots sont menus d'un système de lessivage pour éviter l'accumulation des sels.

• Solutions d'arrosage

Les plantules ont été d'abord arrosées avec de l'eau distillée (pendant la 1ère semaine). Ensuite elles

ont été soumises à une irrigation avec des solutions nutritives de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1938) (Tableau 2) renfermant du Chlorure de sodium à concentration variable (Conductivités électriques indiquées sur le tableau 3). Ce dernier, en raison de son abondance dans les eaux d'irrigation et les sols, est utilisé pour simuler la salinité. Le pH de la solution, déterminé à l'aide d'un micro-pH mètre Crison 2002, était de 6,10. L'arrosage a été effectué deux fois par semaine, à raison de 400 ml par pot (soit une pluviométrie de 17,7 mm) pour chaque traitement et pour éviter les variations importantes de pH, les solutions nutritives ont été renouvelées chaque semaine.

Tableau 2. Composition de la solution nutritive de Hoagland

Macroéléments	Quantité (en g/l)	Oligo-éléments	Quantité (en mg/l)
Ca (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1,180	H ₃ BO ₃	2,860
K H ₂ PO ₄	0,136	Mn Cl ₂ ·4H ₂ O	1,810
Mg SO ₄ ·7H ₂ O	0,246	Zn SO ₄ ·7H ₂ O	0,220
KNO ₃	0,505	Cu SO ₄ ·5H ₂ O	0,080
		H ₂ MoO ₄ ·H ₂ O	0,020
		Fe EDTA*	58,100

* Préparation du Fe EDTA (Fe Na C₁₀ H₁₄ O₈ N₂ H₂O): 33,2 g Na₂EDTA dans 89,2 ml de NaOH 1N.

24,9 g Fe SO₄·7H₂O dissoute dans 700 ml d'eau. On mélange les deux solutions et on garde le mélange pendant une nuit à l'obscurité dans un endroit aéré. Puis on complète à 1 litre. La solution du Fe EDTA est stocker à une faible température et à l'obscurité.

Tableau 3. Solutions d'arrosage: Composition et conductivité électrique (C.E.)

Traitement	Solution d'arrosage	C.E. (ms/cm)
C1	Hoagland + 0 g/l NaCl	1,66
C2	Hoagland + 2 g/l NaCl	5,63
C3	Hoagland + 4 g/l NaCl	9,34
C4	Hoagland + 6 g/l NaCl	12,70

Les expériences ont été installées dans une serre et le dispositif expérimental adopté est un bloc aléatoire complet avec 5 répétitions (chaque pot représente une répétition).

• Méthode de mesure

La croissance est estimée par la production de la matière sèche. Celle-ci a été déterminée après séchage à l'étuve à 80°C pendant 48 heures. Les plantes sont coupées à ras du sol en 4 dates: 30, 45, 60 et 75 jours.

• Analyse statistique

L'évolution de la matière sèche en fonction du traitement salin a été décrite par une régression linéaire. Pour comparer les deux génotypes étudiés, l'analyse de la variance a été faite sur les pourcentages de réduction (par rapport au témoin) de la matière sèche. Avant de faire cette analyse, les données ont été transformées en $\text{Arcsin}\sqrt{p}$ où p est la proportion.

RÉSULTATS

• Évolution de la matière sèche en fonction du traitement salin

L'évolution de la matière sèche de la partie aérienne en fonction de la conductivité électrique pour les différents âges est indiquée sur la figure 1 pour les deux génotypes étudiés. Pour pouvoir procéder à des comparaisons, on a exprimé cette évolution par rapport au témoin (Figure 2) et on a représenté l'effet du traitement salin par le pourcentage de réduction de la matière sèche (Tableau 4). Les résultats révèlent que quel que soit l'âge de la plante, la réduction de la matière sèche de la partie aérienne augmente avec le traitement salin et cette réduction est plus importante chez la variété "Kyperounda".

L'analyse de la variance de la réduction de la matière sèche de la partie aérienne est faite à 12,70 ms/cm que nous prenons comme exemple de "stress salin". Les résultats obtenus (Tableau 5) montrent qu'il y a une différence variétale, ce qui permet de classer les deux variétés selon le degré de la réduction de la matière sèche et d'après les valeurs du tableau 4, quelle que soit la phase de développement, la variété "Kyperounda" est toujours plus sensible que "Karim".

• Recherche de corrélations

Pour prédire la matière sèche en fonction de la salinité, nous avons recherché l'équation de régression linéaire reliant ces deux facteurs (Tableau 6). De ces résultats, il se dégage que:

- La corrélation entre la matière sèche et la salinité est forte (R^2 varie entre 0,94 et 0,99).
- les pentes de régression augmentent avec l'âge et ceci pour les deux cultivars.
- Les pentes de régression de la variété "Kyperounda" sont supérieures à celles de "Karim".

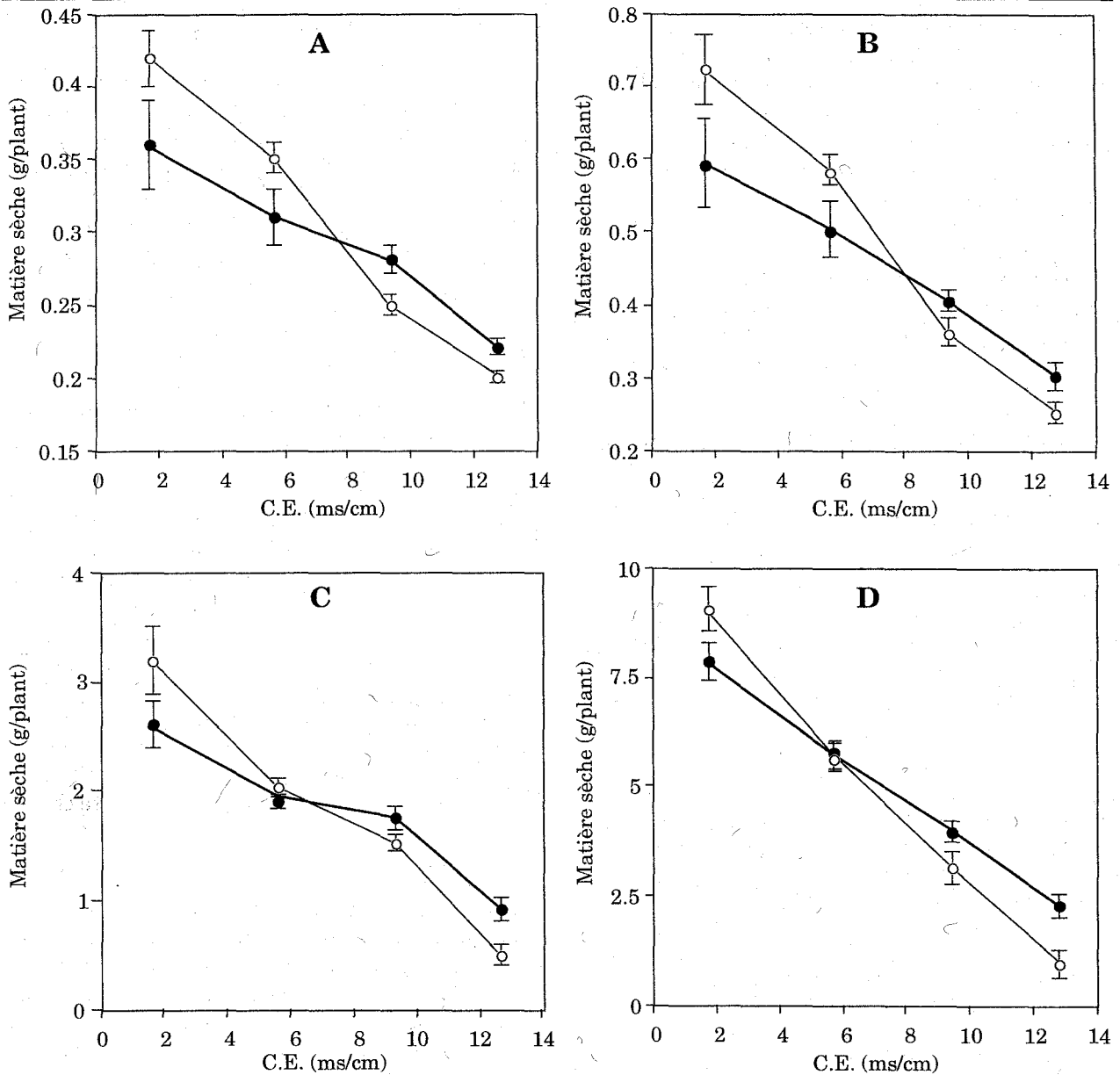


Figure 1. Évolution de la matière sèche de la partie aérienne en fonction de la conductivité électrique (C.E.) à différents stades 30 (A), 45 (B) et 75 (D) jours pour les deux variétés étudiées : Karim (•) et Kyperounda (o)

Pour interpréter les équations de régression obtenues (Tableau 6) et en vue d'établir un modèle simple qui caractérise l'effet de la salinité sur la croissance, nous nous sommes inspirés d'une approche que nous avons établie sur la germination (Rachidai *et al.*, 1994a). En effet, Ces équations de régression ont la forme:

$$Y = a - tX \quad [1]$$

où :

Y = Matière sèche (en % du témoin)

a et t = Constantes

X = Salinité (en ms/cm)

Il s'agit donc d'une fonction décroissante, mais puisque nous avons exprimé la matière sèche par rapport au témoin, la constante "a" doit être égale à 100. En vue d'expliquer cette différence, l'équation (1) peut s'écrire:

$$Y = 100 - t \left(X - \frac{a-100}{t} \right) = 100 - t(X-S) \quad [2]$$

avec:

$$S = \frac{(a-100)}{t}$$

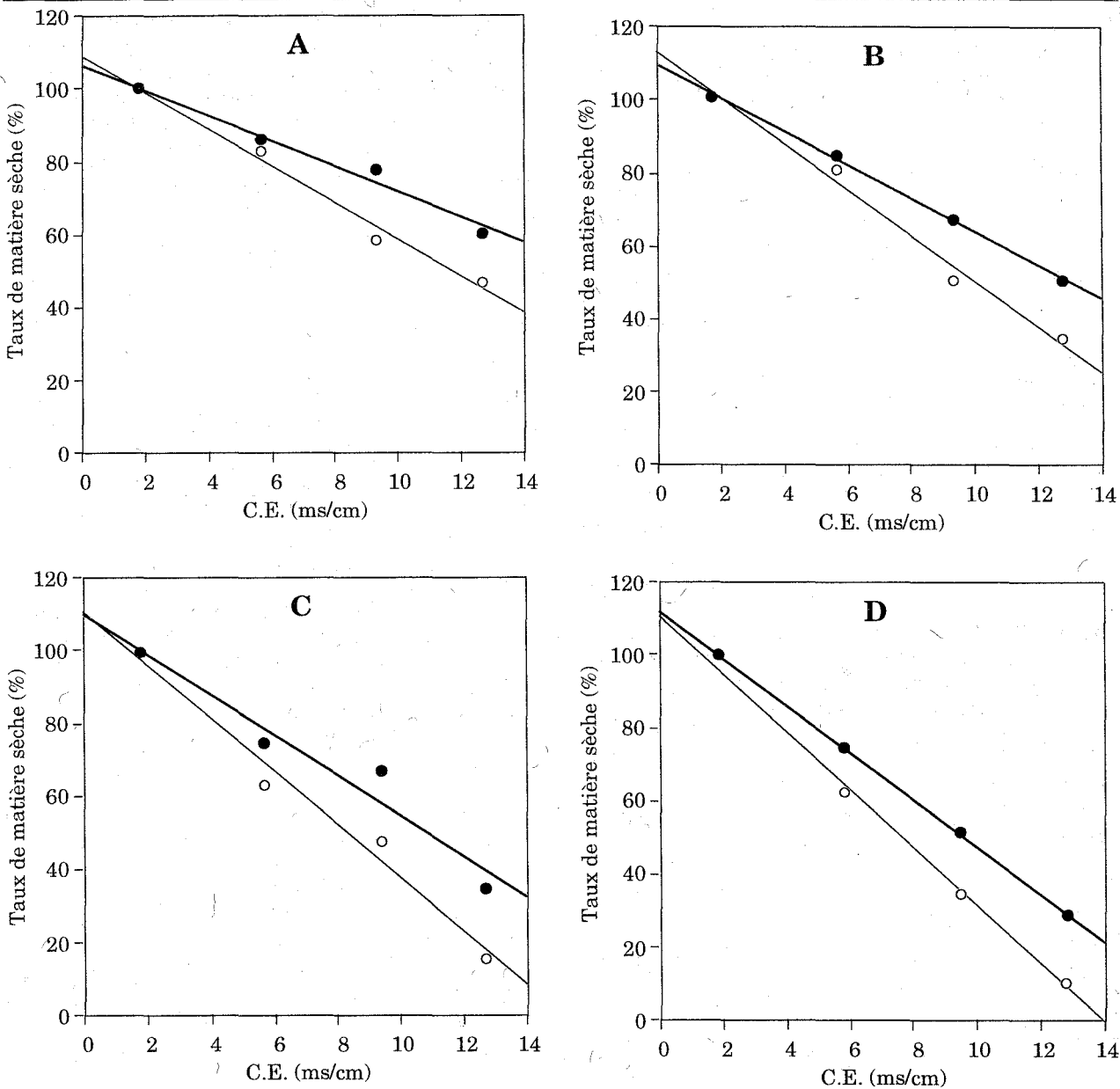


Figure 2. Évolution du taux de matière sèche (en % de M.S. du témoin) de la partie aérienne en fonction de la conductivité électrique (C.E.) à différents stades 30 (A), 45 (B) et 75 (D) jours pour les deux variétés étudiées : Karim (•) et Kyperounda (o)

Cette forme met en évidence deux paramètres caractéristiques:

- Le **seuil (S)** de tolérance à la salinité à partir duquel la matière sèche commence à diminuer. Ce seuil est égal à $(a-100)/t$. "a" et "t" sont des coefficients qui dépendent de la variété.
- Le **taux de diminution** de la matière sèche: il est égal à "t" (il correspond à la réduction de la matière sèche lorsque la salinité augmente d'une unité à partir du seuil).

Les valeurs de ces 2 paramètres pour les deux variétés étudiées (Tableau 7) montrent qu'avec

l'avancement du cycle végétatif, la valeur de "t" augmente c'est à dire que le taux de la chute de la matière sèche est de plus en plus important.

• **Déterminations de valeurs particulières**

Au niveau de la croissance, deux concentrations en sels semblent présenter à notre avis un intérêt particulier et permettent de nous renseigner sur le comportement d'une variété: celle qui provoque une réduction de 20% et celle qui provoque une réduction de 50%.

Tableau 4. Pourcentage de réduction de la matière sèche de la partie aérienne par rapport au témoin en fonction de la conductivité électrique pour les différents âges (jours)

Âge de culture	Pourcentage de réduction de la matière sèche/ témoin	
	Karim	Kyperounda
30 jours		
5,63	13,89	16,67
9,34	22,22	40,48
12,70	38,89	52,89
45 jours		
5,63	15,25	19,44
9,34	32,20	49,30
12,70	49,15	64,79
60 jours		
5,63	24,90	35,94
9,34	32,57	51,88
12,70	64,75	84,06
75 jours		
5,63	25,58	37,36
9,34	48,34	64,84
12,70	70,03	88,79

Tableau 5. Analyse de la variance du pourcentage de réduction de la matière sèche à 12,7 ms/cm par rapport au témoin pour les différents âges (jours)

Source de variation	d.d.l.	S.C.E.	C.M.	F observé
30 jours				
Variété	1	126,64	126,64	46,04***
Résiduelle	6	16,50	2,75	
45 jours				
Variété	1	161,37	161,37	52,00***
Résiduelle	6	18,62	3,10	
60 jours				
Variété	1	356,71	356,71	62,89**
Résiduelle	6	66,99	11,16	
75 jours				
Variété	1	373,46	373,46	51,08***
Résiduelle	6	43,87	7,31	

d.d.l. = Degré de liberté ; S.C.E. = Somme des carrés des écarts ; C.M. = Carré moyen; F = Valeur de Fischer Snédécor. F observé est comparée à F limite lue dans la table

N.S. = Différence non significative;

** , *** différence significative respectivement au seuil de 5% et 1%.

L'équation de régression [2] permet de calculer ces concentrations. Elles sont notées C_{20} et C_{50} :

$$C_{20} = \frac{20}{t} + S \quad \text{et} \quad C_{50} = \frac{50}{t} + S$$

Le tableau 8 présente les concentrations correspondantes pour les deux variétés. Dans une étude antérieure (Rachidai *et al.*, 1994a), les seuils de tolérance au sel et les conductivités électriques qui ont entraîné une réduction du taux de germination (par rapport au témoin) de 20% et 50% figurent sur le tableau 9.

Tableau 6. Équations de régression linéaire de la matière sèche (en % de la M.S. du témoin en fonction de la salinité pour les différents âges de culture (en jours) pour deux variétés du blé dur: "Karim" et "Kyperounda"

Âge de culture	Équations de régression linéaire	R ²
30 jours		
Karim	Y = 106 - 3,382 X	0,97
Kyperounda	Y = 108 - 4,918 X	0,98
45 jours		
Karim	Y = 108 - 4,454 X	0,99
Kyperounda	Y = 111 - 6,090 X	0,98
60 jours		
Karim	Y = 109 - 5,456 X	0,94
Kyperounda	Y = 110 - 7,276 X	0,98
75 jours		
Karim	Y = 110 - 6,322 X	0,99
Kyperounda	Y = 111 - 7,997 X	0,99

R² = Coefficient de détermination

Y = Matière sèche (en % du témoin), X = Salinité (en ms/cm)

Tableau 7. Valeurs du seuil de la salinité (en ms/cm) et du taux de diminution de matière sèche (en %) chez les deux variétés étudiées pour les différentes âges de culture

Âge de culture	Seuil	Taux de diminution
30 jours		
Karim	1,77	3,38
Kyperounda	1,77	4,91
45 jours		
Karim	1,91	4,45
Kyperounda	1,86	6,09
60 jours		
Karim	1,72	5,45
Kyperounda	1,43	7,27
75 jours		
Karim	1,65	6,32
Kyperounda	1,36	7,99

Par conséquent, le tableau 10 nous renseigne sur le comportement de la plante au cours de son cycle végétatif (germination et croissance). Il met en évidence qu'avec l'avancement du cycle, la plante devient de plus en plus sensible vis-à-vis du stress salin.

Ce tableau montre également que la variété "Karim" est plus tolérante à la salinité que "Kyperounda" et cette tolérance se maintient tout le long du cycle végétatif de la plante (depuis la germination jusqu'à l'âge de 75 jours soit la fin de la montaison).

DISCUSSION ET CONCLUSION

La croissance est donc très affectée par le traitement salin. Si, pour la germination, la

Tableau 8. Valeurs de C₂₀ et C₅₀ (ms/cm) pour les deux géotypes à différentes phases de croissance

Âge de culture	C ₂₀	C ₅₀
30 jours		
Karim	5,84	16,55
Kyperounda	7,68	11,94
45 jours		
Karim	6,40	13,14
Kyperounda	5,14	10,07
60 jours		
Karim	5,30	10,88
Kyperounda	4,18	8,30
75 jours		
Karim	4,81	9,56
Kyperounda	3,86	7,61

Tableau 9. Seuils de tolérance (ms/cm) et valeurs de C₂₀ et C₅₀ (ms/cm) au stade "germination"

	Seuil	C ₂₀	C ₅₀
Karim	5,54	13,69	25,93
Kyperounda	2,32	7,45	15,14

Tableau 10. Seuils de tolérance (ms/cm) et valeurs de C₂₀ et C₅₀ (ms/cm) pour différents stades du cycle végétatif du blé dur

	Germination				
	30 jours	45 jours	60 jours	75 jours	????
Karim					
Seuil	5,54	1,77	1,91	1,72	1,65
C ₂₀	13,69	7,68	6,40	5,30	4,81
C ₅₀	25,93	16,55	13,14	10,88	9,56
Kyperounda					
Seuil	2,32	1,77	1,86	1,43	1,36
C ₂₀	7,45	5,84	5,14	4,18	3,86
C ₅₀	15,14	11,94	10,07	8,30	7,61

conductivité électrique qui entraîne une chute de 50% est de 25,93 ms/cm pour "Karim" et de 15,14 ms/cm pour "Kyperounda" (soit approximativement 16,5 et 9,6 g/l de NaCl respectivement), au stade 60 jours, ces concentrations ne sont plus que de 10,88 et 8,30 ms/cm (soit 6,9 et 5,3 g/l) et au stade 75 jours, elles passent à 9,56 et 7,61 ms/cm (soit 6,1 et 4,8 g/l).

D'autre part, il ressort que la variété "Karim" est toujours plus résistante à la salinité que "Kyperounda" et il faut surtout noter que dans le cas des deux variétés, avec l'avancement du cycle végétatif (au fur et à mesure que le traitement salin se prolonge) la plante devient plus affectée.

Mais pour une comparaison plus valable, au lieu de faire un traitement salin continu, il faudrait

analyser le comportement de la plante quand on commence l'application des sels à partir du stade étudié. La réduction de la croissance en milieu salin a été rapportée par Ouerghi Abidi & Ayadi (1991) sur le blé et le maïs, Mansour *et al.* (1993) sur *Triticum aestivum* L., Houchi & Coudret (1994) sur les triticales et par El Mekkaoui *et al.* (1994) sur *Triticum durum* Desf. et *Hordeum vulgare* L.

D'un autre côté, il est connu que la croissance est très liée aux composantes du rendement et sa perturbation entraîne une réduction du rendement grain. Par conséquent, en raison de son effet dépressif sur la croissance, l'effet négatif de la salinité sur le rendement grain peut être avancé. Pour confirmer cette conclusion, cette étude doit être complétée par l'analyse de l'effet du stress salin sur l'épiaison, la maturation et même la qualité des graines. Selon El Mekkaoui & Agbani (1994), la perturbation de la croissance par le chlorure de sodium se repercute particulièrement sur le nombre de sites de remplissage. De même, les résultats d'une étude réalisée sur 15 géotypes de blé dur, 12 géotypes d'orge et 4 géotypes de triticales ont montré que le nombre de grains par épi est affecté d'une façon importante par le sel. Une diminution de 50% par rapport au témoin a été enregistrée chez certaines variétés sensibles (El Mekkaoui, 1992).

Quant au déterminisme de la réduction de la croissance en milieu salin, il n'est pas encore établi. Différentes hypothèses ont été formulées sur le rôle d'une inhibition de la photosynthèse ou d'une intervention plus spécifique dans la multiplication cellulaire ou dans les équilibres hormonaux ou dans les activités enzymatiques.

Feigin (1985) pense que le NaCl altère le métabolisme et les sites de réception des hormones impliquées dans la division et l'expansion cellulaire. Selon Shover-Ilam *et al.* (1979), c'est le ralentissement de la synthèse des protéines qui déterminerait la perte de la croissance en présence d'une salinité excessive. De même, la stabilité des protéines enzymatiques et leur activité catalytique peuvent être aussi affectées par NaCl (Stewart & Ahmad, 1983). Pour Pessaraki & Turker (1985 ; 1988), Pessaraki *et al.* (1989) et Rachidai *et al.* (1994), l'inhibition de la croissance serait liée à une perturbation de la nutrition hydrominérale qui est très entravée par la salinité. Delane *et al.* (1982), quant à eux, ont surtout insisté sur le déficit en potassium et Rapp *et al.* (1983) ont souligné que le stress salin entraîne une réduction du potentiel photosynthétique.

Cependant, il y a lieu de remarquer que la conduite du présent essai, malgré les mesures de drainage

installées, serait plus probante dans des conditions naturelles où il y aurait toutes les interactions du sol ou dans un milieu hydroponique où la conductivité électrique du milieu serait constante et où l'effet cumulatif de l'apport des sels serait évité.

Enfin, l'approche utilisée pour prédire l'effet dépressif de la salinité sur la croissance pourrait servir pour étudier le rendement en grains ou encore la production d'une plante fourragère en conditions de stress salin.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Ali Dib T., Monneveux P. & Araus J.L. (1992) Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II. Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie* 12: 381-393
- Anonyme (1990) Les variétés de céréales d'automne cultivées au Maroc. M.A.R.A., Maroc
- Bizid E., Zid E., & Grignon C. (1988) Tolérance à NaCl et sélectivité K^+/Na^+ chez les triticales. *Agronomie* 8 (1) : 23-27
- Delane R. Greenway H., Munns R. & Gibbs J. (1982) Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgare* L. growing at high external sodium chloride. I. Relationship between solute concentration and growth. *J. Exp. Bot.* 33:557-573
- El-Haddad E.H.M. & O'leary J.W. (1994) Effect of salinity and K^+/Na^+ ratio of irrigation water on growth and solute content of *Atriplex amnicola* and *Sorghum bicolor*. *Irrig Sci.* 14:127-133
- El Mekkaoui M. (1992) Étude des caractères physiologiques d'adaptation à la salinité chez trois céréales: le blé dur, l'orge et le triticale. Thèse de Doctorat ès-Sciences Agronomiques, I.A.V. Hassan II, Rabat.
- El Mekkaoui M., Agbani M. & Monneveux P. (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 dur (*Triticum durum* Desf.). *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 14 (2) : 27-36
- El Mekkaoui M. & Agbani M. (1994) Effet du chlorure de sodium sur le pouvoir fécondant du pollen de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de triticale (*Triticum durum* x *Secal cereale*). *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 14 (2): 37-43
- Feigin A., (1985). Fertilization management of crops irrigated with saline water. *Plant and Soil* 89: 285-299
- Ghorbanli M. & Asri U. (1993) Variations saisonnières de la composition minérale chez six halophytes. Relation avec le gradient de salinité du sol. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* 5 : 71-82
- Hoagland D. & Arnon D. (1938) The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Stn.* (Berkeley), Circ n° 347, 39 p
- Houchi R. & Coudret A. (1994) Essai d'utilisation de l'ajustement osmotique comme critère physiologique pour la sélection variétale de triticales tolérants au chlorure de sodium. *Rev. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* 6 : 99-109
- Mansour M., Stadelmann E. & Lee-Stadelmann O., (1993) Salt acclimation of *Triticum aestivum* L. by choline chloride: Plant growth, mineral content, and cell permeability. *Plant. Physiol. Biochem.* 31 (3) : 341-348
- Monneveux P. & Nemmar M., (1986) Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.): Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie* 6: 583-590
- Ourghi Abidi Z. & Ayadi A., (1991) Effet du NaCl sur le comportement photosynthétique du blé et du maïs plantes respectivement en C3 et en C4. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie* 20-21:116-121
- Pessaraki M. & Turker T. (1985) Uptake of nitrogen-15 by cotton under salt stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 149-152
- Pessaraki M. & Turker T., (1988). Dry matter yield and nitrogen-15 uptake by tomato under sodium chloride stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52 : 698-700
- Pessaraki M., Haber J.T. & Turker T.C. (1989) Dry matter yield, nitrogen absorption and water uptake by sweet corn under salt stress. *J. Plant Nutrition* 12: 279-290
- Rachidai A., Driouich A., Ouassou A. & El Hadrami I. (1994a) Effet du traitement salin sur la germination du blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Rev. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* 6:209-228
- Rachidai A., Driouich A., Ouassou A. & El Ismaili M. (1994 b) Interaction entre le potassium et le sodium en conditions de stress salin chez deux variétés à résistance différente de blé dur (*Triticum Durum* Desf.). *Rev. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* 6, 229-239
- Rapp J.C., Ball M. & Terry N. (1983) A comparative study of effects of NaCl salinity on respiration, photosynthesis and leaf extension growth in *Beta vulgaris* L. (Sugar beet). *Plant Cell Environ.* 6: 675-677
- Sharma S. & Kumar S. (1992) Effect of salinity on Na^+ , K^+ and Cl^- content in different organs of Chickpea and the basis of ion expression. *Biologia Plantarum.* 34 (3-4): 311-317
- Shover-Ilam A., Samish Y.B., Kipnis T., Elmer D. & Waizel Y. (1979) Effects of salinity, N-nutrition and humidity on photosynthesis and protein metabolism of *Chloris gayana* Kunth. *Plant and Soil* 53 :477-486
- Stewart G.R. & Ahmad I. (1983) Adaptation to salinity in angiosperm halophytes. In: Metals and Micronutrients: Uptake and Utilisation by plants. Ed. D.A. Robb and W.S. Bierpoint. Acad. Press, Ch. 3, 33-50
- Ullah S.M., Soja G. & Gerzabek M.H. (1994) Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. *J. Für Landwirtschaftliche Forschung* 291-301