

VALORISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES EN ARIDOCULTURE

Pr S. A. SNOUSSI

Université de Blida – Département d'agronomie B.P. 270
Blida 09000. Algérie.

Dans beaucoup de régions du bassin méditerranéen ,notamment (Turquie, Syrie, Liban, Egypte, Jordanie, Algérie, Tunisie et Maroc) (**CHEVERRY. 1995**) les sols et les eaux présentent des niveaux de salinité de plus en plus élevés. Très souvent, cette situation résulte de la pratique d'une irrigation intensive, associée à une surestimation des besoins en eau des plantes cultivées et à l'absence d'un réseau de drainage (**KATERJI. 1995 , SNOUSSI 2001**) .

Dans les régions arides les besoins en eaux sont élevés, alors que l'eau disponible présente souvent une forte minéralisation, défavorable à son utilisation en irrigation L'enrichissement des eaux salées naturelles en nutriments peut s'avérer un phénomène intéressant du fait qu'il permet de diminuer l'effet de la salinité en accroissant à la fois la production et l'amélioration de la qualité des fruits. En outre, le cycle de développement des plantes peut devenir très proche de la croissance normale.

Mots clés :

zones arides, salinité , tomate, antagonisme, synergisme , eaux salines

Introduction

- Dans les régions arides, la pluie ne peut pas être considérée comme la source de l'eau pour la plante : son utilisation partielle est aléatoire, en raison de l'irrégularité du climat.

La réussite des productions végétales dans ces régions dépend des eaux souterraines, les nappes souterraines constituant la seule ressource utilisable.

Les besoins en eaux des cultures dans ces régions sont élevés, alors que l'eau disponible présente souvent une forte minéralisation, défavorable à son utilisation en irrigation.

De nombreux travaux (Sutcliffe, 1962 ; Rains, 1972 ; Slama, 1982 ; Hajji, 1983; Bizid et al., 1988 ; Slama, 1991) ont porté sur les effets propres au chlorure de sodium en raison de son importance dans les environnements salins. Pourtant, l'analyse des sols et des eaux d'irrigation a révélé selon (Snoussi 2001) la présence fréquente de nombreux sels autres que NaCl (MgSO₄, CaSO₄, MgCl₂, KCl, Na₂SO₄) susceptibles d'influencer le comportement et le rendement marchand d'un végétal face à un milieu donné. C'est pourquoi les normes d'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation diffère selon les pays (tableau 1) (Daoud et Halitim, 1994).

La concentration en ions minéraux de la solution a une influence sur la vitesse d'absorption de ces ions et, en conséquence sur la vitesse de croissance, la précocité et le rendement (Coïc, 1967 ; Barber, 1995).

L'objectif a été d'élaborer, à partir d'eaux jugées impropres à l'irrigation, des solutions nutritives susceptibles de convenir aux plantes.

Tableau 1 : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation en Algérie.

Conductivité électrique (dS/m)	Concentration (g/l)	Evaluation américaine	Evaluation russe	Evaluation de Durand pour l'Algérie
CE < 0.25	< 0.2	Faiblement salée	Bonne qualité	Non saline
0.25 < CE < 0.75	0.2-0.5	Moyennement salée	Risque de salinisation	Salinité moyenne
0.75 < CE < 2.25	0.5-1.5	Fortement salée		Forte salinité
2.25 < CE < 5	1.5-3	Très fortement salée	Ne peut être utilisée sans lessivage	Très forte salinité
5 < CE < 20	3-7	Salinité excessive		Salinité excessive

Source : Daoud et Halitim, (1994)

Matériels et méthodes

Conditions expérimentales: Les expériences ont été conduites en hydroponie dans des pots de capacité 3,5 l troués à la base, remplis de gravier quartzueux d'Oued de 3-8 mm

préalablement lavé, désinfecté et rincé abondamment. Un plant par pot a été mis en place. Deux espèces végétales : la tomate (variété Marmande, moyennement sensible) et le haricot (variété Contender sensible à la salinité) ont été testées. Sept solutions nutritives différentes ont été utilisées (tableaux 2 et 3).

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse de variance correspondant aux dispositifs adoptés et les moyennes ont été classées selon la méthode Newman et Keuls au seuil de 5%.

Tableau 2 : Composition des eaux naturelles testées (Cmol⁺/l)

	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca/K	CE dS/m
T1 pH=7.8 Gassi Touil A	0.10	0	16.75	13.25	2.21	16.50	9.10	8.40	0.50	18.20	3.45
T2 pH=7.8 Gassi Touil B	0.35	0	15.17	36.88	2.76	30.45	16.90	7.25	1.95	8.66	5.65
T3 pH=7.8 Oued Cheliff	0.35	0	9.35	14.86	6.51	9.90	9.25	9.20	0.35	26.42	2.87
eau de Blida pH=7.2	0.35	0	0.80	0.60	4.08	1.30	2.80	1.80	0.00		0.59

Tableau 3 : Composition des eaux naturelles transformées en solutions nutritives (Cmol⁺/l)

	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CE dS/m
T1C pH=5.8 Gassi Touil A corrigée	10.20	3.3	14.75	13.80	1.80	16.50	9.10	8.40	7.60	4.20
T2C pH=5.8 Gassi Touil B corrigée	10.20	3.3	15.55	37.80	1.80	30.45	16.90	7.25	9.10	6.68
T3C pH=5.8 Oued Cheliff corrigée	10.20	3.3	8.62	13.73	1.80	9.90	9.25	9.20	4.35	3.58
T4 pH=5.8 Eau de Blida corrigée	10.20	3.3	1.50	0.60	1.80	1.30	5.10	1.80	4.25	1.56

Traitements expérimentaux :

- T1, T2, T3, représentent des eaux naturelles existant en Algérie. Elles ont été reconstituées sur le site expérimental avec l'eau de Blida.

- T1C, T2C, T3C représentent les eaux naturelles précitées mais corrigées en solutions nutritives.

- T4, représente la solution nutritive témoin synthétisée avec de l'eau de Blida selon les normes définies par Coïc et Lesaint (1983).

La transformation des eaux naturelles en solutions nutritives a été effectuée au laboratoire sur les bases suivantes (tableau 3) :

- En ajustant le pH des solutions à une valeur optimale pour le végétal en culture (pH=5.5 à pH=5.8).

- En prenant en compte les éléments minéraux utiles déjà présents dans l'eau.

- En apportant les éléments manquants en faisant jouer les antagonismes qui limitent les effets nocifs des ions en excès (sodium principalement).

Tous les traitements à l'exception des eaux naturelles (T1, T2 et T3) reçoivent du fer et des oligo-éléments.

Le fer est apporté à raison de 5 ml.l-1 de solution prête à l'utilisation, de concentration 2 g.l-1 sous forme de séquestrène de fer 138 Fe. Les oligo-éléments sont

apportés à raison de 0,1 ml.l-1. Il s'agit de :

(NH₄)₆ MO₇ O₂₄ 4H₂O (0,5 g.l-1) + H₃BO₃(15 g.l-1) + MnSO₄ 4H₂O (20 g.l-1) +

CuSO₄.5H₂O (2,5 g l-1) + ZnSO₄. 7H₂O (10 g l-1).

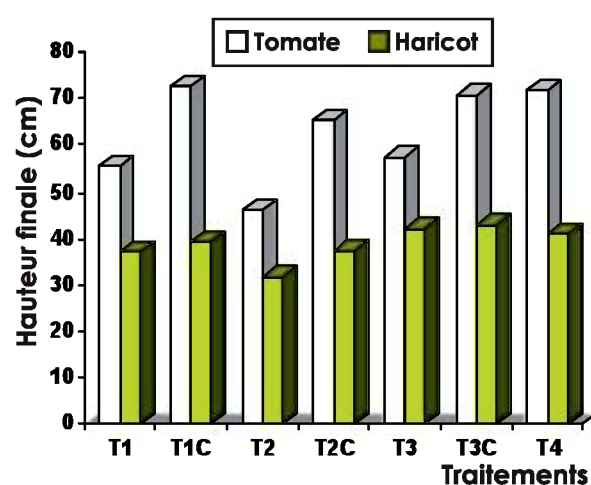


Figure 1 : Hauteur finale des plants de tomate et de haricot en fonction des traitements

Résultats

Croissance et développement :

Pour l'ensemble des paramètres retenus, des différences significatives apparaissent clairement entre les eaux salines naturelles et les eaux corrigées notamment chez la tomate. Ainsi la taille finale des plants et le nombre de feuilles par plante sont réduits pour les traitements eaux naturelles T1, T2 et T3 dus au déséquilibre ionique entre les éléments mais plus sûrement à leur déficience en phosphore et oligo-éléments (Figures 1 et 2).

Ces carences provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des tissus jeunes, puis rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, provoquant des troubles des fonctions de la plante, entraînant ainsi d'une part un ralentissement et un retard de croissance (Diehl, 1975 ; Zuang, 1987 ; Morard, 1995) et d'autre part une faible activité photosynthétique induisant un nombre réduit de feuilles déformées, portant de petites taches sur les bords des feuilles (Heller, 1977). Ces dernières se nécrosent rapidement, amenant une dessiccation prématurée.

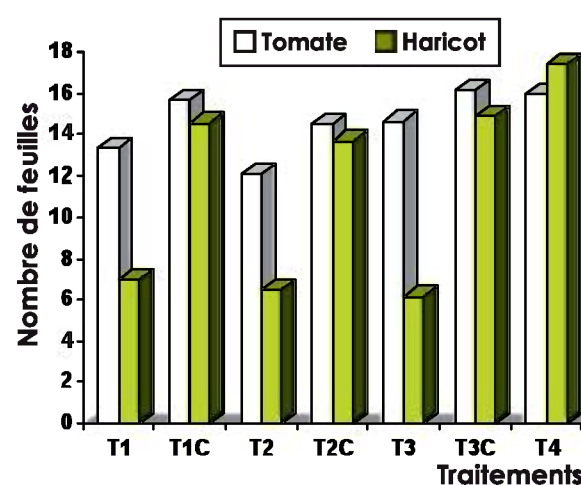


Figure 2 : Nombre de feuilles des plants de tomate et de haricot en fonction des traitements

La transformation des eaux naturelles en solution nutritive n'a pas modifié de façon significative la vitesse de croissance des plants du haricot à 37 jours après semis. Par contre 67 jours après le semis et 55 jours après repiquage respectivement pour le haricot et la tomate, la salinité et la correction des eaux exercent une action significative sur la vitesse de croissance des plants (Tableau 4).

(j1) : 25 jours après repiquage ; (j2) : 55 jours après repiquage ; (j3) : 37 jours après semis ; (j4) : 67 jours après semis

Il est à noter que les plants issus des traitements eaux salines naturelles forment un groupe statistiquement homogène, quelle que soit la période de croissance. Le ralentissement de croissance des plants est dû à l'effet direct de

la salinité des solutions. La comparaison de ces deux séries de solutions permet de conclure que, chez la tomate, les traitements solutions nutritives provoquent des accroissements de hauteurs finales élevés mais le nombre de feuilles par plant est plus faible comparativement à celui du haricot.

Les résultats obtenus concernant les paramètres de production analysés (Figure 3) montrent bien que l'addition d'éléments majeurs N, P, K et le réajustement de l'équilibre ionique ont permis un accroissement significatif du nombre de fruits et de la production totale de fruits récoltés par plant, mais aussi de la biomasse sèche totale produite, ce qui est conforme aux résultats de Nicklow et Downes (1971).

Tableau 4 : Vitesse de croissance des plants en fonction des traitements en cm.j-1

	T1	T1C	T2	T2C	T3	T3C	T4
Tomate (j1)	0,60 ± 0,08 b	0,50 ± 0,08 b	0,66 ± 0,08 b	0,57 ± 0,01 b	0,62 ± 0,05 b	0,51 ± 0,03 b	0,84 ± 0,08 a
Tomate (j2)	0,62 ± 0,02 c	1,02 ± 0,02 b	0,61 ± 0,07 c	1,03 ± 0,03 b	0,41 ± 0,03 a	1,02 ± 0,02 b	1,22 ± 0,01 a
Haricot (j3)	0,41 ± 0,02 a	0,39 ± 0,05 a	0,32 ± 0,02 b	0,45 ± 0,02 a	0,64 ± 0,05 c	0,49 ± 0,05 a	0,46 ± 0,05 a
Haricot (j4)	0,31 ± 0,02 b	0,43 ± 0,02 a	0,33 ± 0,01 b	0,48 ± 0,02 a	0,32 ± 0,02 b	0,47 ± 0,04 a	0,45 ± 0,04 a

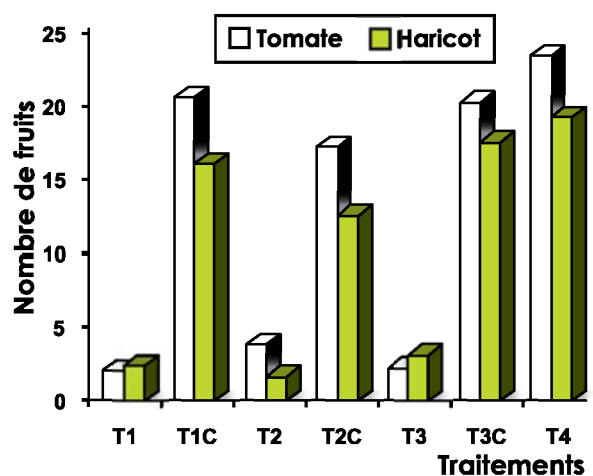


Figure 3: Nombre de fruits par plant de tomate et de haricot en fonction des traitements

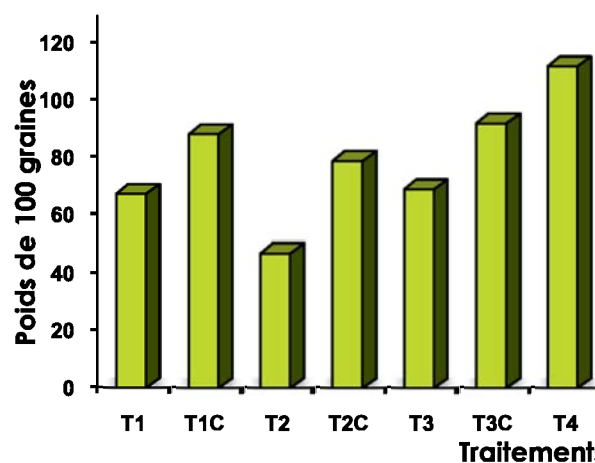


Figure 4: Poids de 100 graines de haricot en fonction des traitements

Ainsi le poids de 100 graines est réduit significativement lorsque la salinité augmente (Figure 4). Mais la salinité ne saurait à elle seule expliquer les résultats. Il faut aussi faire intervenir le phosphore qui est totalement absent des eaux non corrigées.

Cet élément est d'ailleurs reconnu comme étant un régulateur de la mise à fleur et la formation de graines (Eliard, 1987). Les concentrations élevées de calcium 16,9 Cmol+/lmeq/l et en sodium 30,45 Cmol+/l sont aussi susceptibles d'inhiber l'absorption du potassium par la plante, et contribuent sans doute à limiter la production de grains.

Si la correction des eaux naturelles augmente de manière significative la production de grains de haricot (22,99 % pour T1C, 40,72 % pour T2C et 24,74 % pour T3C), les effets de la correction des eaux sont plus marqués pour la tomate que pour le haricot.

Seuls les plants de tomate dans le milieu T2C, le plus fortement salé, manifestent clairement l'accroissement le plus faible au niveau des paramètres mesurés et ce par rapport au traitement naturel correspondant.

La comparaison des résultats obtenus entre les traitements corrigés et la solution nutritive de base (témoin) indique que les solutions corrigées T1C et T3C permettent une forte production de tomate et de haricot.

Cependant avec le traitement T2C on doit s'interroger sur l'importance de teneurs élevées en potassium (9,10 Cmol+/l qui peuvent inhiber l'absorption de magnésium,

élément indispensable à la photosynthèse, et en conséquence la fécondation, la fructification et le développement des grains (tableau 5).

(p) : Production de fruits g/plante ; (q) : Biomasse sèche totale g/plante (matière sèche feuille + matière sèche des tiges + matière sèche fruit)

On sait en effet que la toxicité des ions Mg⁺⁺ compagnons du chlore serait plus élevée que celle du Mg lié aux sulfates (Szabolcs et Darab, 1979).

■ Effet de la qualité de la solution d'irrigation sur les caractéristiques organoleptiques de la tomate:

La figure 5 permet de montrer que la correction de la qualité de l'eau a aussi un effet sur la qualité des fruits, notamment sur leur acidité, qui on le sait, peut largement être reliée à leur saveur.

L'écart par rapport aux fruits issus des solutions naturelles est de 49,51% (T1C), 70,28% (T2C) et 60% (T3C). En outre, l'acidité dans les fruits est maximale pour T2C et peut être attribuée à la concentration élevée en potassium. En revanche, la quantité de sucres totaux (sucres simple et sucres réducteurs) est légèrement plus élevée dans les fruits issus des solutions naturelles à l'exception du T3C où l'on observe une augmentation plus sensible.

■ **Tableau 5** : Production de fruits et biomasse sèche totale (g/plante).

	T1	T1C	T2	T2C	T3	T3C	T4
Tomate (p)	90,47 ± 17,60 d	1215,13 ± 151,87 b	117,50 ± 28,56 d	786,72 ± 33,70 c	80,39 ± 15,60d	1031,70 ± 173,31 bc	1803,60 ± 50,73 a
Haricot (p)	9,76 ± 2,31 c	46,07 ± 4,87a	6,14 ± 1,58 c	32,75 ± 2,80 b	7,80 ± 0,63 c	50,87 ± 4,66 a	51,72 ± 0,66 a
Tomate (q)	12,12 ± 2,29 c	172,91 ± 8,37 a	12,55 ± 2,41 c	122,51 ± 4,54 b	9,68 ± 1,73 c	154,80 ± 20,55a	172,02 ± 7,08 a
Haricot (q)	4,64 ± 1,21 c	16,57 ± 1,03 b	2,24 ± 1,35 c	13,91 ± 1,40 b	4,01 ± 0,55 c	21,17 ± 2,56 a	21,97 ± 0,17 a

L'absorption hydrominérale fluctue en fonction de la qualité des eaux d'irrigation et des exigences propres à chaque espèce en fonction des différentes phases végétatives. L'effet immédiat de la correction des eaux salines naturelles est l'accroissement important de l'absorption hydrominérale au niveau des traitements corrigés T1C, T2C, et T3C, quelle que soit l'espèce testée (tableau 6).

D'une façon générale l'irrigation avec les eaux salines naturelles conduit à l'augmentation de la salinité dans les milieux et a pour conséquence une dépression qui peut provoquer a) un ralentissement de la germination en raison de la lenteur d'absorption hydrominérale ; b) un retard dans la croissance des végétaux qui peut même s'arrêter définitivement (nanisme) ; c) une fructification hâtive et peu abondante ; d) dans les cas extrêmes, la plante meurt avant d'avoir pu se reproduire. ■

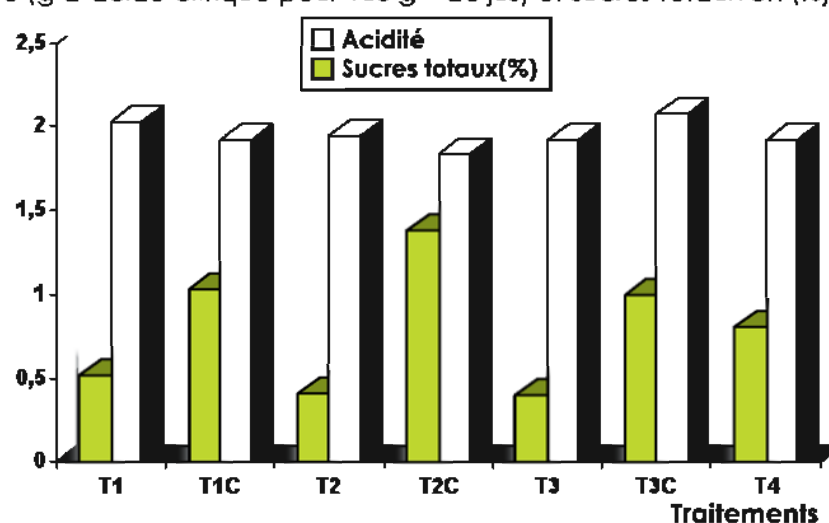
■ Discussion et conclusion :

Les résultats expérimentaux illustrent les effets très positifs de la correction des eaux naturelles sur la production de la tomate, variété Marmande (espèce moyennement sensible) et du haricot, variété Contender (espèce sensible à la salinité).

Il n'existe aucune différence significative pour la majorité des paramètres mesurés entre les résultats obtenus avec les eaux naturelles (T1, T2, et T3) ni entre les traitements corrigés entre eux (T1C, T2C et T3C) avec le témoin (T4)

L'addition d'éléments nutritifs majeurs et mineurs des eaux salines a conduit à une augmentation de la croissance des plantes. Cet accroissement pour la tomate et le haricot respectivement a été respectivement de 23.97% et 6.25 % pour T1C, de 29.34% et de 15.01% pour T2C et de 19.05% et 2.5% pour T3C.

■ **Figure 5** : Acidité (g d'acide citrique pour 100 g⁻¹ de jus) et sucres totaux en (%) de la tomate



■ **Tableau 6** : Absorption en (%) en cours de culture des espèces testées

	tomate 86 j	haricot 38 j	tomate 95 j	haricot 52 j	tomate 106 j	haricot 68 j	tomate 138 j	haricot 80 j
T1	25,00	53,92	12,97	44,50	21,33	35,96	33,00	37,00
T1C	42,08	56,42	32,12	45,33	42,83	50,38	53,75	42,00
T2	30,41	32,85	14,04	38,04	22,66	36,92	30,25	30,00
T2C	46,66	38,57	35,31	43,00	40,33	40,76	52,37	37,00
T3	40,00	52,50	12,55	45,16	21,00	41,92	28,12	38,00
T3C	54,58	61,42	74,25	42,33	45,83	48,84	52,00	48,00
T4	32,50	71,78	70,85	41,66	63,50	52,30	65,75	63,00

La correction de la qualité de l'eau change le schéma morphogénétique des plantes, puisque le nombre de feuille des plantes issues des eaux corrigées est statistiquement différent de celui des plantes alimentées par des eaux naturelles. En revanche la salinité naturelle réduit la croissance en diminuant la biomasse totale et fait chuter le nombre de feuilles. Ceci peut être attribué à une forte accumulation en ions Na^+ toxiques (Lachaâl et al, 1996). Cette évolution qui est observée pour les eaux naturelles (T1, T2, et T3) pourrait aussi être associée à des rapports $\text{Ca}^{++}/\text{K}^+$ très élevés (tableau 3), susceptibles d'aboutir à un état de sénescence foliaire (Yéa et Fliwwers, 1986).

Au niveau des eaux corrigées, la biomasse produite constitue le même groupe homogène avec le témoin (tableau 5). Cela veut dire qu'une production de biomasse suffisante est maintenue avec les eaux très fortement salées corrigées, tandis qu'elle est fortement réprimée au niveau des eaux salines naturelles. La baisse de biomasse relevée dans les eaux naturelles très fortement salées est due surtout au dessèchement précoce et chute des feuilles des plants alimentés par ces eaux. (Snoussi, Halifim, 1998)

L'influence de la correction des eaux naturelles sur la production en fruits est significative (tableau 5). La comparaison des productions obtenues en milieu corrigé révèle que la tomate présente une aptitude à produire treize à seize fois environ dans les eaux corrigées les moins salées (T1C et T3C), et seulement six fois environ dans l'eau corrigée très salée (T2C) et cela par rapport à la production dans les eaux naturelles correspondantes. Cependant, le haricot dans les eaux corrigées n'améliore que de six fois la production en fruit et cela quelque soit le milieu de culture testé.

La concentration de 30.45 Cmol/l dans les milieux T2 et T2C induit inévitablement des phénomènes de toxicité. Néanmoins la présence marquée de l'élément Ca^{++} à raison de 16.9 Cmol/l dans ces deux traitements, intervient en limitant l'entrée du sodium, du potassium et du magnésium lorsqu'ils sont en excès (Lesaint et Coic, 1982).

Selon ces mêmes auteurs, des troubles de l'assimilation des éléments minéraux engendrent en même temps un déséquilibre dans l'absorption d'autres éléments tels que Mg, B, Zn, Fe et Mn et aboutissent ainsi au phénomène de chlorose avec ralentissement de la photosynthèse et par voie de conséquence réduction de la vitesse de croissance. Par contre, dans le traitement T2C, la présence de potassium à raison de 9.1 Cmol/l , dans le milieu, accroît l'efficacité de la fumure azotée, en favorisant la régulation de la synthèse des protéines de la plante.

D'une façon générale, l'irrigation avec les eaux salines naturelles conduit à l'augmentation de la salinité dans les milieux et a pour conséquence une chute des prélèvements hydrominéraux des plantes. L'analyse de l'absorption à chaque phase physiologique des espèces étudiées illustre l'existence d'une relation de proportionnalité entre la réduction de l'évapotranspiration au niveau des traitements salés naturels T1, T2, T3 due à l'accroissement de la solinité et du déséquilibre ionique des eaux et la consommation hydrique et minérale.

Durant le cycle de développement des plantes irriguées par les traitements les plus salés T2 et T2C, un volume de drainage important est recueilli, traduisant un déficit hydrominéral conséquent. Cette situation n'a pas affecté rapidement les plantes du fait que ces dernières osmotiquement adaptées gardent leur turgescence et continuent à croître en présence de sel. Ceci peut être expliqué comme une adaptation à une nouvelle situation dans laquelle, comme le dit Gale (1975) : « l'ajustement osmotique et la réduction de la transpiration se conjuguent pour vaincre toute augmentation de la résistance des racines » au passage de l'eau. Il en résulte que la plante parvient à extraire l'eau des milieux salés et à la conserver, ce qui permet le maintien de la turgescence. Chez les plantes incapables de réaliser un ajustement osmotique complet, probablement en raison d'une absorption insuffisante de sel, la plante s'effondre malgré la diminution de la transpiration.

Au terme de cette expérience, on peut conclure que la transformation des eaux salines naturelles en solutions nutritives permet d'entrevoir des perspectives intéressantes pour

la croissance végétale en milieu salé. L'accroissement de la production végétale dans les zones arides, caractérisées par des potentialités hydriques importantes mais salées et la présence de sols sableux, pourrait être un terrain d'application d'une telle technique.

BIBLIOGRAPHIE

- Barber S.**, Soil nutrient bioavailability : A mechanistic approach. 2nd ed John Wiley and Sons, Inc.(1995).
- Bizid E, Zid E, Grignon C.** Tolérance à NaCl et sélectivité K⁺/Na⁺ chez les triticales. *Agronomie* 8(1) : 23-7. (1988).
- Cheverry C. 1995.** Extension et diversité des phénomènes mettant en jeu les sels solubles. *C. R. Acad. Agric.F2.* , 81. N°2. pp 42-46.
- Coïc Y.**, Principes de la fertilisation minérale en culture sous serre. Extrait du bulletin technique d'information ; n° 217 p1-6.(1967).
- Coïc Y., Lesaint C.**, Culture hydroponique, technique d'avenir. Ed Maison Rustique. Paris 300p.(1983).
- Daoud Y., Halitim A.**, Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* ; 3 (5) : 151-60.(1994).
- Diehl R.** *Agriculture générale* . ed. J.B.BAILLIERE, 396p (1975).
- Eliard J.L.** *Manuel d'Agriculture générale* .ed. J.B.BAILLIERE; 415p (1987).
- Gale.J.**, Systematic errors in measurement of transpiration and photosynthesis by infrared gas analyses with varying oxygen: nitrogen ratios in the background gas. *J.exp.Bot.*,t 26, 94, p702-704. (1975).
- Hajji M.** Mécanismes des effets du milieu salé sur la nutrition minérale d'une plante ripicole : interaction des transports d'ions et d'eau chez le laurier rose. Thèse Doctorat d'Etat. Tunis, 278p.(1983).
- Heller R.** *Nutrition. Abrégé de physiologie végétale* . Tome 1. Ed. Masson et Ci . Paris, 244p.(1977).
- Katerji N.** Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline : approches empiriques et mécanistes . *C.R Acad. Agric. Fr.* 81(2) : 73-86.(1995).
- Lachaâl M, Abdelly C, Grignon C, Soltani A, Hajji M.** Variation de la sensibilité au sel en fonction du stade de développement chez la Lentille (*Lens culinaris L*). *Agronomie* ; 16 : 381-390 ; (1996).
- Lesaint Ch, Coïc Y.** *Cultures hydroponiques*. La Maison Rustique ; 119p.(1983).
- Morard P.** *Les cultures végétales hors-sol*. SARL Publications Agricoles ; 301p.(1995).
- Nicklow C H, Downes J D.** Influence of nitrogen, potassium and plant-population on the maturity of field seeded tomatoes for once-over harvest. *J. An. Soc. Hort. Sci.* 96 : 46-49. (1971).
- Rains D W.** Salt transport by plants in relation to salinity. *Ann Rev Plant Physiology*;23:367-88p. (1972).
- Slama F.** Effet du chlorure de sodium sur la croissance et la nutrition minérale : étude comparative des espèces cultivées . Thèse Doctorat d'Etat . Tunis ; 214p.(1982).
- Slama F.** Transport de Na⁺ dans les feuilles et sensibilité des plants à NaCl. Evaluation d'un effet piège au niveau des tiges . *Agronomie* ; 11 : 275-81. (1991).
- Snoussi. S.A, Halitim A. 1998** . Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées: cas de la tomate et du haricot. *Etude et Gestion des sols* 5,4 , pp.289-298 .
- Snoussi. S.A, 2001.** Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées . Thèse Doctorat. d'état en sciences agronomiques I.N.A El- Harrach .Alger. Algérie . 152 p.
- Sutcliffe J.B.** *Mineral salts absorption in plants*. Pergamon Press Oxford London Newyork; 194p.(1962).
- Szabolcs I, Darab K.** Water quality for irrigation and salinisation problems. *Proceedings 3. Symposium of CIEC Benghazi Libya* ; 51-69p.(1979).
- Yeo AR, Fliwwers TJ.** Salinity resistance in rice (*Oryza sativa L*) and pyramiding approach to breeding varieties for saline soils. *Aust J Plant Physiol.* ; 13 : 163-173 (1986).
- Zid E** . Mécanismes de la nutrition minérale de la feuille de citrus et de son agression par le sodium. Thèse Doctorat d'Etat Tunis ; 419p.(1983).
- Zuang H.** *Les cultures légumières sur substrat. Installation et conduite* . CTIFL Paris ; 276p. (1987). ■