

Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot

Sid Ahmed Snoussi¹
Amor Halitim²
Vincent Valles³

¹ Université de Blida,
Institut d'agronomie,
BP 270,
Blida 09000
Algérie

<sisnoussi@yahoo.fr>
² Université de Batna,
Département d'agronomie,
Batna,
Algérie

³ Université de Provence-Aix-Marseille I,
Laboratoire Chimie Environnement,
Case 29,
3, Place Victor Hugo,
13331 Marseille cedex 3
<valles@up.univ-mrs>

Résumé

Dans les zones arides, les besoins en eau des cultures sont élevés alors que l'eau disponible présente une forte minéralisation défavorable à son utilisation en irrigation. Une des optiques possibles pour développer des productions horticoles dans ces zones est d'utiliser les sols peu évolués (régosols) comme support inerte pour les cultures et d'assurer l'intégralité des besoins en eau et en sels minéraux des plantes par la transformation des eaux naturelles en solutions nutritives. 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 diminution du prélèvement hydrique des plantes. L'analyse de l'absorption mesurée pour quelques stades physiologiques des espèces étudiées montre que celle-ci est réduite au niveau des traitements salés naturels T₁, T₂, T₃, probablement en raison du déséquilibre ionique des eaux testées (la salinité est plus élevée pour les solutions nutritives fabriquées avec T₁, T₂, et T₃). L'addition d'éléments nutritifs aux eaux naturelles salines permet de diminuer l'effet de la salinité en favorisant l'absorption hydrique des espèces étudiées.

Mots clés : Productions végétales ; Pédologie ; Physiologie.

Summary

Water absorption in two salinity-sensitive species: the tomato and the bean

In hot arid areas, plants have greater water requirements while the natural water supply for irrigation is frequently of poor quality. One possible means of developing vegetable culture and horticulture in such regions is to utilise poor soils (Regosols) as an inert substrate which can be irrigated with locally available water into which appropriate nutrients have been added. Generally speaking, the irrigation of the natural saline waters leads to a rise of salinity in the environment and as result of this, to a decrease in the water uptake from the plants. The analysis of the absorption measured through a number of physiological stages of the species studied shows that it is reduced at natural salted treatment levels T₁, T₂, T₃, this being probably due to the ionic imbalance of the waters treated (salinity is much higher for the nutrients solutions made with T₁, T₂, and T₃). The addition of nutrients to natural salted waters allows to reduce the effects of salinity and helps water absorption in the species studied.

Key words: Vegetal Productions; Pedology; Physiology.

L'irrigation fertilisante, outre l'apport des éléments minéraux présents naturellement dans l'eau, s'accompagne d'un apport supplémentaire de sels nécessaires à la plante.

Pour le choix des cultures appropriées, il est donc indispensable d'évaluer le niveau de la salinité du sol et d'analyser les facteurs du milieu susceptibles d'affec-

ter ce niveau [1]. Le problème de salinité des eaux et des sols est important. Le développement de l'agriculture s'y trouve confronté dans l'ensemble des pays touchés. Pourtant, de par le monde, nombreuses sont les tentatives de remise en culture de sols salins et sodiques, de mise en valeur des sols salés et d'utilisation des eaux salées qui ont connu un développe-

ment rapide durant la dernière décennie (Tunisie, Inde, Pakistan, France, Arménie, Égypte, etc.) [2].

Les besoins en eau dépendent des facteurs liés au climat, au sol et à la culture [3-5]. Ces besoins peuvent s'estimer grâce à l'évapotranspiration potentielle (ETP). Les mêmes auteurs ajoutent qu'un déficit ou un stress hydrique a lieu quand la perte d'eau par transpiration dépasse la quantité absorbée.

Aussi, Rey et Costes [6] notent que le déficit hydrique en phase critique (floraison et fructification) gêne la croissance de la tomate et diminue le rendement même si les signes de dessèchement ne sont pas apparents.

L'apport d'eau est nécessaire pour assurer un rendement maximum tant en produit frais qu'en produit sec. Il est à peu près variable pendant une bonne partie du cycle végétatif [7], et il change pendant la période de mûrissement des fruits. Il existe une relation assez étroite, dans les conditions normales de croissance, entre l'eau utilisée par la plante et la quantité de matière sèche produite [8]. On trouve dans la littérature que 500 litres d'eau sont nécessaires pour fabriquer 1 kilo de matière sèche végétale [9].

La concentration des ions minéraux dans la solution a une influence sur la vitesse d'absorption des ions et, en conséquence, sur la vitesse de croissance, la précocité et le rendement [10, 11].

Le but de cette expérience est d'évaluer, pour quelques stades de cultures, l'absorption hydrique de la tomate et du

haricot en milieux salés naturels puis corrigés en comparaison avec une solution témoin non salée

Matériel et méthode

Les expériences ont été conduites en hydroponie dans des pots de 3,5 L troués à la base, remplis de gravier quartzueux d'oued 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 : trois eaux salines naturelles existant en Algérie (T_1 , T_2 , T_3) et reconstituées sur le site expérimental, trois solutions utilisant les mêmes eaux mais corrigées ou transformées en solutions nutritives (T_{1C} , T_{2C} , T_{3C}), et un témoin T_4 (eau de Blida transformée en solution nutritive selon les normes de Coïc et Lesaint [12] (tableaux 1 et 2).

La transformation des eaux salines naturelles en solutions nutritives a été effectuée au laboratoire sur les bases suivantes (tableau 2) :

– en ajustant le pH des solutions à une valeur optimale pour le végétal en culture (pH = 5,5 à pH = 5,8) avec l'acide nitrique et phosphorique. Ce réajustement partiel de pH permettra de décomposer les bicar-

bonates et de compenser l'effet alcalinisant du milieu ;

– 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 salines naturelles (T_1 , T_2 et T_3) reçoivent du fer et des oligo-éléments. Le fer est apporté à raison de 5 ml/L de solution prête à l'utilisation, de concentration 2 g/L sous forme de séquestréne de fer 138 Fe. Les oligo-éléments sont apportés à raison de 0,1 ml/L de solution prête à l'emploi. Il s'agit d'une solution mère composée comme suit :

(0,5 g/L) de $(NH_4)_6 MO_7 O_{24} 4H_2O$
+ (15 g/L) de H_3BO_3
+ (20 g/L) de $MnSO_4 4H_2O$
+ (2,5 g/L) de $CuSO_4 5H_2O$
+ (10 g/L) de $ZnSO_4 7H_2O$.

L'évaluation des besoins hydriques des cultures a été calculé en utilisant un dispositif mis en place parallèlement à l'expérience menée. Il consiste à arroser au goutte à goutte une plante par pot avec un volume connu de solution témoin (T_4), et ce, pendant 24 heures. Dépassé ce délai, le volume de drainage est mesuré selon la relation suivante :

$$\text{volume évapotranspiré} = \frac{\text{volume donné} - \text{volume percolé}}{\text{volume donné}}$$

Celui-ci a été majoré de 30 % pour lixivier les sels en excès.

Tableau 1. Composition des eaux salines naturelles testées (mol/l).

Table 1. Composition of the natural salted waters tested (mol/L).

Références eaux	pH	CE mS/cm	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Ca/K
T_1 Gassi Touil A	7,80	3,45	0,10	0	16,75	13,25	2,21	16,50	9,10	8,40	0,50	18,20
T_2 Touil B	7,80	5,65	0,35	0	15,17	36,88	2,76	30,45	16,90	7,25	1,95	8,66
T_3 Oued Cheliff	7,80	2,87	0,35	0	9,35	14,86	6,51	9,90	9,25	9,20	0,35	26,42
Analyse eau de Blida	7,20	0,59	0,35	0	0,80	0,60	4,08	1,30	2,80	1,80	0,00	-

Tableau 2. Composition des eaux salines naturelles transformées en solutions nutritives (mol/l).

Table 2. Composition of the natural salted waters transformed into nutritive solutions (mol/L).

	pH	CE mS/cm	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Cl^-	NH_4^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
T_{1C} Gassi Touil A corrigée	5,80	4,20	10,20	3,30	14,75	13,80	1,80	16,50	9,10	8,40	7,60
T_{2C} Gassi Touil B corrigée	5,80	6,68	10,20	3,30	15,55	37,80	1,80	30,45	16,90	7,25	9,10
T_{3C} Oued Cheliff corrigée	5,80	3,58	10,20	3,30	8,62	13,73	1,80	9,90	9,25	9,20	4,35
T_4 Eau de Blida corrigée	5,80	1,56	10,20	3,30	1,50	0,60	1,80	1,30	5,10	1,80	4,25

Le bilan de l'absorption hydrique a été calculé pour quatre stades de développement des plantes sur une journée. Pour ce faire, on a placé des flacons de drainage en dessous des plantes traitées afin de recueillir la solution excédentaire journalière. Le principe consiste à les arroser avec les solutions salines à tester selon le volume correspondant à l'ETP de la veille majorée de 30 % après avoir noté la conductance électrique (CE) et le pH initiaux. La connaissance du volume de solution saline donné par plante et du volume de drainage moyen, permet de déterminer le volume de solution retenue par le substrat et évapotranspiré par la plante.

Résultats

L'absorption hydrique fluctue en fonction de la qualité des eaux d'irrigation et des exigences propres à chaque espèce et en fonction des différentes phases végétaives (tableau 3).

L'effet immédiat de la correction des eaux salines naturelles est l'accroissement de l'absorption hydrique au niveau des traitements corrigés T_{1C} , T_{2C} , T_{3C} pour la tomate à tous les stades étudiés respectivement au stade pleine croissance, nouaison, remplissage des gousses et maturation des gousses pour le haricot. La

croissance végétative constitue pour le haricot la première phase critique en raison de la forte absorption hydrique qui est observée au niveau des plantes arrosées par les solutions salines corrigées T_{1C} , T_{2C} , T_{3C} et par le témoin.

Cette phase physiologique semble être beaucoup plus importante pour le haricot que pour la tomate puisque le témoin, qui est constitué par une solution nutritive bien équilibrée et non saline, manifeste une absorption de 71,78 % pour le haricot alors qu'elle n'est que de 32,50 % pour la tomate.

Le traitement T_{3C} semble convenir aux deux espèces étudiées puisque c'est dans celui-ci que l'on enregistre l'absorption la plus élevée.

Les plantes issues des traitements salés naturels (T_1 , T_2 , T_3) présentent une absorption hydrique moins élevée que les traitements salés corrigés en raison de l'équilibre ionique parfait des milieux corrigés.

On remarque aussi que les plantes de haricot ont une absorption hydrique bien supérieure à celle de la tomate en milieux salés naturels (T_1 , T_2 , T_3) pour les trois premiers stades étudiés ; de ce fait, on peut penser que l'alimentation totalement carencée et déséquilibrée aura des conséquences importantes sur la pleine floraison et le début de la nouaison chez la tomate. En revanche, la correction de ces mêmes eaux salines naturelles peut s'expliquer par une action plus efficace des

traitements sur le métabolisme des plantes. Cette transformation semble être beaucoup plus profitable aux plantes de haricot que ceux de la tomate.

La phase de pleine floraison et de début de nouaison représentent la première phase critique pour la tomate puisque l'absorption hydrique est maximale au niveau du témoin (T_4) et de T_{3C} .

L'addition d'éléments nutritifs aux eaux salines naturelles favorise d'une façon générale l'absorption hydrique des plantes des espèces étudiées, notamment au niveau des traitements T_{1C} et T_{3C} . En revanche, pour le traitement T_{2C} , après avoir irrigué les plantes, le percolat augmente de volume. Autrement dit, l'absorption hydrique est plus ou moins freinée. Leurs valeurs représentent environ 63,51 % et 77,93 % de celles des témoins (T_4), respectivement pour la tomate et le haricot. D'une façon générale, l'absorption hydrique est plus élevée pour les témoins T_4 que pour les eaux salines ou les solutions nutritives salines, quel que soit le stade de culture. On constate qu'au fur et à mesure du développement des plantes de tomate cultivées sur les eaux salines naturelles, le taux d'absorption hydrique augmente en raison de l'adaptation des plantes aux milieux salés. Cependant, le taux d'absorption moyen observé (21,66 %) chez la tomate est inférieur à celui du haricot (38,26 %) qui semble mieux s'adapter au niveau des eaux salines naturelles.

Tableau 3. Absorption hydrique journalière en cours de culture.

Table 3. Daily hydric absorption during treatment.

	pHi	CEi mS/cm	Période 1		Période 2		Période 3		Période 4	
			Volume absorbé/volume apporté en %		Volume absorbé/volume apporté en %		Volume absorbé/volume apporté en %		Volume absorbé/volume apporté en %	
			Tomate	Haricot	Tomate	Haricot	Tomate	Haricot	Tomate	Haricot
T_1	7,78	3,79	25,00	53,92	12,97	44,50	21,33	35,96	33,00	37,00
T_{1C}	5,80	4,26	42,42	56,42	32,12	45,33	42,83	50,38	53,75	42,00
T_2	7,43	5,76	30,41	32,85	14,04	38,33	22,66	36,92	30,25	30,00
T_{2C}	5,80	6,32	46,66	38,57	35,31	43,00	40,33	40,76	52,37	37,00
T_3	7,41	2,69	40,00	52,50	12,55	45,16	21,00	41,92	28,12	38,00
T_{3C}	5,70	3,46	54,58	61,42	74,25	42,33	45,83	48,84	52,00	48,00
T_4	5,60	1,37	32,50	71,78	70,85	41,66	63,50	52,30	65,75	63,00

Période 1 : tomate (Marmande) : phase de pleine croissance, début floraison = 86 jours après semis. Haricot (Contender) : phase de pleine croissance = 38 jours après semis.

Période 2 : tomate (Marmande) : phase de pleine floraison, début de nouaison = 95 jours après semis. Haricot (Contender) : phase de nouaison = 52 jours après semis.

Période 3 : tomate (Marmande) : phase de nouaison et de grossissement des fruits = 106 jours après semis. Haricot (Contender) : phase de remplissage des gousses = 68 jours après semis.

Période 4 : tomate (Marmande) : phase de maturation des fruits = 138 jours après semis. Haricot (Contender) : phase de pleine maturité des gousses = 80 jours après semis.

CE : conductance électrique.

La phase de maturation des fruits constitue la seconde phase critique pour les deux espèces étudiées. Le paramètre mesuré enregistre encore une valeur maximale observée au niveau des eaux salines corrigées. Pour la tomate au stade de maturation des fruits, l'absorption d'eau est nettement supérieure, respectivement pour le témoin T_4 et pour les solutions salines (T_{1C} , T_{2C} , T_{3C}). Pour le haricot au stade de pleine maturation des gousses, l'absorption est supérieure pour T_4 et équivalente et légèrement inférieure pour les autres traitements (eaux salines ou solutions salines).

En fin de cycle végétatif, les plantes cultivées sur le milieu le plus salé corrigé (T_{2C}) voient leur absorption hydrique se rapprocher des valeurs des autres traitements T_{1C} et T_{3C} .

Discussion et conclusion

Pour l'évaluation de l'absorption hydrique, une technique a été utilisée qui permet de déterminer la consommation des végétaux à un moment précis : il s'agit d'un système à percolation sur substrat qui permet de mesurer l'absorption hydrique par la différence de volume de la solution nutritive avant et après son passage à travers le substrat. L'absorption hydrique de la tomate et du haricot a été évaluée pour différents stades de culture en utilisant des eaux salines brutes et des solutions nutritives fabriquées à partir de celles-ci et en les comparant avec une solution témoin non salée. La possibilité d'employer pour l'irrigation des eaux salines est étroitement limitée en raison de leur forte teneur en sels nocifs pour les végétaux. Elle est fonction d'abord de la concentration et de la nature des sels que les eaux salines renferment en solution, puis du degré de résistance des plantes considérées à l'égard de ces sels. Dans les eaux naturellement salines, le degré de sensibilité et de résistance des végétaux varie selon la teneur du sol en sels (carbonates, chlorures, sulfates, etc.) dont chacun correspond à un type déterminé de salinité.

Le haricot et la tomate sont considérés, respectivement, comme des espèces sensibles et moyennement sensibles à la salinité liée à une forte concentration en sels totaux. Mais il apparaît une légère différence de réaction selon le type d'élément minéral qui provoque la salinité.

La croissance et la nutrition des espèces étudiées, plantes glycophytes sont perturbées en milieux salés par la présence de fortes concentrations en sodium et en chlore qui modifient fortement les rapports entre les cations ou les anions : Na^+/K^+ , Na^+/Ca^{2+} , et Cl^-/NO_3^- [13-15].

Durant les quatre phases physiologiques étudiées, les espèces étudiées présentaient la plus faible absorption hydrique au niveau du traitement le plus salé corrigé (T_{2C}) par rapport aux autres traitements salés corrigés, cela en raison des rapports entre les cations et anions les plus élevés, à savoir : $Na^+/K^+ = 3,34$, $Na^+/Ca^{++} = 1,80$ et $Cl^-/NO_3^- = 3,70$.

Les variétés Marmande (tomate) et Contender (haricot) possèdent la meilleure absorption hydrique quand les milieux ont les teneurs les plus faibles en $NaCl$.

Le traitement T_2 constitue aussi le milieu naturel le plus salé (5,81 Ms/cm) et présente, au niveau des plantes des espèces étudiées, l'absorption hydrique la moins importante. Cela ne peut être dû qu'au type de salinité lié à l'ion chlore (37,00 mol/L) où l'intensité de la transpiration est diminuée.

Les phases de pleine croissance (38 jours après semis), et de maturation des gousses (80 jours après semis), constituent pour le haricot les périodes critiques pour son développement puisque l'absorption hydrique atteint le même niveau pour le témoin (T_4) et les eaux salines corrigées T_{1C} , T_{2C} , T_{3C} . En revanche, pour la tomate, elles correspondent à la pleine floraison et au début de nouaison (95 jours après semis) ainsi qu'à la maturation des fruits (138 jours après semis). La variation de l'absorption hydrique des plantes est fonction des milieux nutritifs et des différents stades physiologiques. Les variations aboutissent à des différences importantes entre la conductivité de la solution saline avant et après son passage à travers le substrat, suite à l'accumulation notable des sels non absorbés.

L'analyse de l'absorption à chaque phase physiologique des espèces étudiées montre que celle-ci est réduite au niveau des traitements salés naturels T_1 , T_2 , T_3 , en raison de l'accroissement de la salinité et du déséquilibre ionique des eaux testées.

La diminution du flux d'eau à travers les plantes étudiées irriguées par les solutions salines naturelles montre cependant que l'action du sel présente des similitudes avec celle de la sécheresse. Le sel diminue la transpiration des glycophytes [16-18]. Conséquence ou cause de la dimi-

nutrition de la transpiration, l'absorption hydrique par les racines est également réduite. Ce fait a été bien établi chez les plantes de résistances différentes [19-21]. Durant le cycle de développement des plantes irriguées par les traitements les plus salés, T_2 et T_{2C} , un volume de drainage important est recueilli, traduisant un déficit hydrique 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, indiquant sans doute une adaptation progressive à une augmentation du potentiel osmotique du milieu. C'est ce que confirme Gale [22] lorsqu'il écrit : « 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 du sel, le cycle de développement ne se poursuit pas correctement malgré la diminution de la transpiration [16] ■

Références

1. Van Hoorn JW. Développement de la salinité du sol dans la zone racinaire. *CR Acad Agr Fr* 1995 ; 81 : 61-72.
2. Hachicha M. *Mise en valeur des sols salés. Organisation, fonctionnement et évolution de sols salés du nord de la Tunisie*. Thèse doctorat ENSAR Rennes, 1998, 228 p.
3. Brun R, Settembrino A. Le pilotage de la fertilisation des cultures hors sol. *Rev PHM* 1994 : 8-15.
4. Cornillon P, Maisonneuve. Effet des basses températures appliquées aux parties aériennes ou racinaires de la tomate sur l'absorption d'élément minéraux et la fertilité pollinique. *Agronomie* 1985 ; 5 : 33-8.
5. Snoussi SA. *Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées*. Thèse doctorat d'État en sciences agronomiques INA El-Harrach, Alger, 2001, 152 p.
6. Rey Y, Costes C. *La physiologie de la tomate. Étude bibliographique*. Paris : Inra éditions, 1965 ; 111 p.
7. Ayers RS, Westcot DW. La qualité de l'eau en agriculture. *Bull FAO Irrigation et Drainage* (Rome) 1984 ; 29 : 95-7.
8. Coïc Y, Lesaint C. *La nutrition minérale et en eau des plantes en horticulture avancée*. Doc. Tech. S.C.P.A. n° 23. Versailles : Inra éditions, 1975 ; 21 p.
9. Lesaint C. *Évolution de la fertilisation et de l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrées. Évaluation de l'état actuel des techniques et perspectives*. Versailles : Inra éditions, 1974 : 2-10.

10. Barber S, Stanley A. *Soil nutrient bioavailability : a mechanistic approach*. 2nd ed. New York : Wiley and Sons, 1995.
11. Coïc Y. Principes de la fertilisation minérale en cultures sous serre. *Bull Tech Info Inra* 1967 ; (217) : 1-6.
12. Coïc Y, Lesaint C. *Culture hydroponique, technique d'avenir*. Paris : Ed. Maison Rustique, 1983 ; 300 p.
13. Grattan SR, Grieve CM. Mineral nutrient acquisition and response by plant grown in saline environments. In : Pessarakli ed. *Handbook of plant and crop stress*. New York : Dekker, 1993 : 203-26.
14. Morard P. Les cultures végétales en hors-sol. Paris : Pub. Agri, 1995 ; 301 p.
15. Musard M. Qualité de la tomate de serre : conduite de l'alimentation hydrominérale en culture sur substrat. *CTIFL Infos* 1990 ; (HS) : 21-6.
16. Gale J. Changes in the water balance and photosynthesis of onion, bean and cotton plants under saline conditions. *Plant* 1967 ; 20, 2 : 408-20.
17. Meiri A, Poljakoff-Mayber A. Effect of various salinity regime on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. *Soil Sci* 1970 ; 109.1 : 26-34.
18. Strogonov BP. *Physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various type of salinity*. London : Oldbourne Press, 1964 : 163-204.
19. Hoffman GJ, Phene CJ. Effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. *Trans ASAE* 1971 ; 14 : 1103-6.
20. Leary RA. A multidimensional model of even-aged forest growth. *Diss Abstr* 1969 ; Sect b 29, II : 39-86.
21. Kaplan A, Gale J. Effect of sodium chlorite salinity on the water balance of *Atriplex halimus*. *Aust J Biol Sci* 1972 ; 25 : 895-903.
22. 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* 1975 ; 26 : 702-4.