

Croissance et alimentation minérale du jeune bigaradier cultivé en présence de chlorure de sodium

Effet de variations de la concentration du potassium

E. ZID*

CROISSANCE ET ALIMENTATION MINÉRALE DU JEUNE BIGARADIER CULTIVÉ EN PRÉSENCE DE CHLORURE DE SODIUM. EFFET DE VARIATIONS DE LA CONCENTRATION DU POTASSIUM

E. ZID

Fruits, Juin 1975, vol. 30, n°6, p. 403-410.

RESUME - De jeunes sauvageons de bigaradier *Citrus aurantium* L., cultivés en aquiculture stricte pendant six à dix mois, en présence de 0 à 3 g l⁻¹ de NaCl, n'ont pu en tolérer plus de 2 g l⁻¹. Cette concentration provoque une défoliation et une réduction de croissance sévères, mais n'empêche pas la formation au printemps de nouvelles feuilles saines.

Na, Cl, K et Ca, ont été dosés dans les différents organes : grosses et petites racines, tiges et feuilles de divers âges. Les feuilles jeunes et adultes accumulent des quantités importantes de Na comme de Cl, presque absents en revanche des feuilles de moins d'un mois.

L'augmentation de concentration de K dans le milieu n'a pas limité l'absorption et l'accumulation foliaire de Na, mais il en a résulté des taux de K excessifs et des taux de Ca très réduits.

INTRODUCTION

La rareté des eaux douces et la nécessité d'utiliser des eaux saumâtres pour l'irrigation posent souvent des problèmes en Tunisie. Dans les régions productrices d'agrumes en particulier, les vergers sont menacés par une salinité sans cesse croissante.

Dans le cadre d'un programme de sauvegarde de ces plantations, des études ont été entreprises afin d'apprécier les limites de tolérance au sel des Citrus en fonction de la qualité de l'eau d'irrigation, de la nature du sol et des conditions de culture (1, 11).

Parallèlement à ces travaux réalisés en verger, il nous a paru intéressant de faire, au laboratoire, une étude d'ensemble sur le comportement du jeune bigaradier en absence et en présence de chlorure de sodium (13).

Le bigaradier a été jusqu'à présent le porte-greffe le plus couramment utilisé en Tunisie et on sait que la tolérance au sel de l'arbre greffé dépend beaucoup de la nature du porte-greffe (3, 6).

Après avoir déterminé les effets du chlorure de sodium, dans nos conditions expérimentales, sur la croissance du bigaradier, nous avons étudié la distribution des éléments dans les différents organes en fonction de leur âge. Cette distribution n'est pas sans rapport avec la sensibilité au sel : les espèces les moins tolérantes sont celles qui accumulent le plus de chlore dans leurs feuilles (2, 3). Par ailleurs,

* - IRST et Laboratoire de Physiologie végétale de la Faculté des Sciences, TUNIS.

l'accumulation du sodium dans les feuilles de Citrus paraissait varier considérablement en fonction de l'âge de la plante et de l'organe (2, 4), point intéressant à préciser.

Nous avons envisagé aussi quelques aspects des interactions entre cations en milieu salé. On a essayé, en effet, de jouer sur des antagonismes en préconisant, par exemple, l'apport du potassium pour augmenter la tolérance de certaines plantes à l'égard du sodium (5). De ce point de vue, les Citrus sont encore assez mal connus.

MATERIEL ET METHODES

Les jeunes plants de bigaradier (*Citrus aurantium* L.) que nous avons utilisés, étaient issus de semis et provenaient, pour une même expérience, de graines récoltées sur le même arbre (les embryons qui se développent sont en majorité nucellaires). Ils étaient âgés d'un an environ au début des expériences.

Toutes les expériences ont été conduites en aquiculture stricte (milieux aérés en permanence). Le milieu de base avait la composition suivante :

- macroéléments (meq. l ⁻¹)		
cations		anions
K ⁺ : 2		NO ₃ ⁻ : 9
Ca ⁺⁺ : 8		PO ₄ H ₂ ⁻ : 1
Mg ⁺⁺ : 2		SO ₄ ⁻ : 2
- oligoéléments (ppm).		
Fe : 2,8	Mn : 0,55	Zn : 0,65
B : 0,32	Cu : 0,06	Mo : 0,02

Les autres milieux étaient obtenus par simple addition au milieu de base de quantités connues de NaCl ou de KCl.

La valeur du pH était de 4,8 - 4,9 (augmentation de 0,5 à 1 unité entre deux renouvellements du milieu).

Les solutions étaient renouvelées une ou deux fois par semaine selon la saison et le stade de développement des plantes.

A la fin de chaque expérience, les plantes ont été récoltées, les organes séparés, séchés à 90°C, pesés, réduits en poudre fine, puis analysés.

Les cations ont été dosés par photométrie de flamme (photomètre Eppendorf), sur le produit d'une attaque nitroperchlorique (solutions préparées avec HCl 1 p. cent).

Le chlore a été dosé par potentiométrie (chloridomètre Buchler-Cotlove) après calcination de la matière végétale à 440°C, en présence de CaO, et reprise des cendres avec NHO₃.

EFFET DU CHLORURE DE SODIUM SUR LA CROISSANCE

Les plantes ont été cultivées pendant dix mois (14 août - 14 juin) sous un abri recouvert de plaques de plastique translucide et ouvert sur deux côtés, en présence de 0 - 0,5 - 1 - 2 et 3 g l⁻¹ de NaCl (douze plantes par traitement).

Observations morphologiques.

Quelle que soit la dose utilisée, l'addition de NaCl au milieu de base a toujours provoqué l'apparition de symptômes foliaires typiques, à plus ou moins longue échéance selon la concentration du sel (un mois et demi à 3 g l⁻¹ et huit mois à 0,5 g l⁻¹), suivis d'une défoliation partielle (0,5 et 1 g l⁻¹) ou presque totale (2 et 3 g l⁻¹). A 2 g l⁻¹ cependant, les plantes restent capables de former au printemps de nouvelles feuilles qui demeurent saines jusqu'à la récolte (photos 1 et 2).

L'apparition des pousses de printemps a été retardée d'une quinzaine de jours à 0,5 et 1 g l⁻¹ et d'un mois à 2 g l⁻¹. A 3 g l⁻¹, les bourgeons ne se sont pas développés et ont fini par se dessécher ainsi que les parties les plus jeunes de la tige.

Les racines semblaient moins affectées que les parties aériennes. En présence des plus fortes doses de NaCl (2 et 3 g l⁻¹), elles étaient moins nombreuses et plus courtes, mais sont restées vivantes jusqu'à la récolte (photo 3).

Croissance.

La croissance des plantes, en fonction du temps et du traitement, a été appréciée par pesées successives de la même plante à intervalles de quinze jours (figure 1).

A 0,5 et 1 g l⁻¹ NaCl, les courbes suivent celle du témoin avec un léger décalage : au printemps, la reprise de croissance est retardée d'une quinzaine de jours.

A 2 g l⁻¹, la courbe suit les précédentes jusqu'au début du repos hivernal (décembre), puis s'en détache nettement après un palier qui se prolonge jusqu'au début du printemps, elle dessine un creux qui correspond à la chute des feuilles. La reprise de croissance a lieu avec un mois de retard.

A 3 g l⁻¹, la courbe a un tracé très différent. Elle se détache de la courbe témoin déjà au bout de deux mois, puis s'abaisse progressivement pour se stabiliser quand toutes les feuilles sont tombées. Aucune reprise de croissance n'a lieu au printemps.

La détermination du poids de matière sèche des différents organes à la récolte est venue compléter les données précédentes (tableau 1) :

TABLEAU 1 - Poids de récolte de matière sèche des différents organes en fonction de la concentration en NaCl du milieu (poids exprimés en pour cent du témoin : durée du traitement : dix mois).

Traitements	Racines	Tiges	Feuilles
T	100	100	100
T+0,5	79	81	87
T+1	82	77	78
T+2	42	39	27
T+3	30	21	-

Le jeune bigaradier peut donc tolérer la présence de 1 g l⁻¹ de NaCl dans le milieu et semble capable de s'adapter à des concentrations voisines de 2 g l⁻¹. Les symptômes pathologiques observés paraissent caractéristiques d'une



1

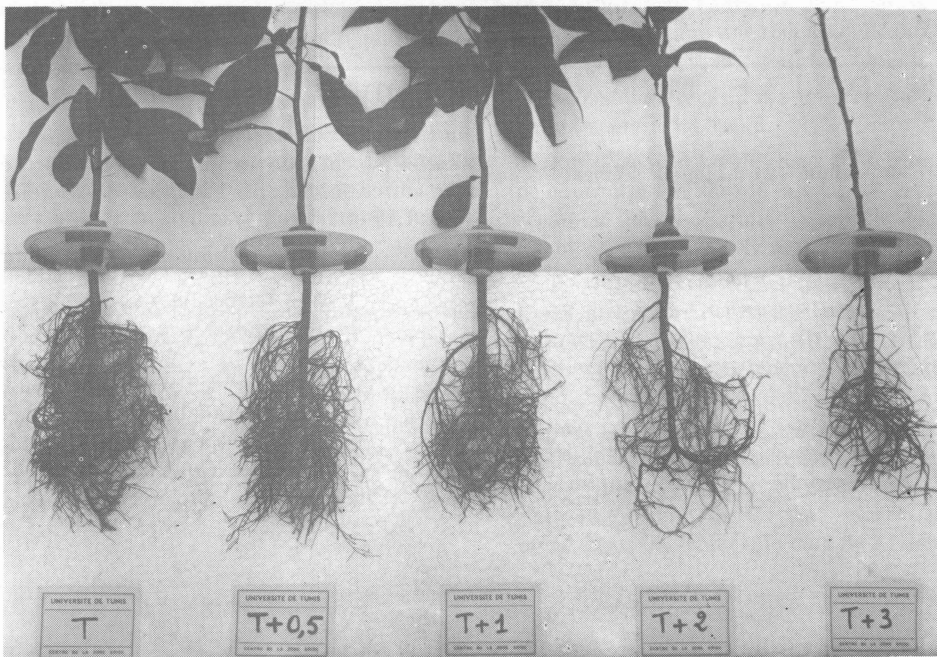


Photo 1. Effet du chlorure de sodium sur la morphologie et la croissance du jeune bigaradier cultivé en aquiculture stricte.

(T : solution nutritive de base ; NaCl:0,5 , 1 , 2 et 3 g. l⁻¹)

Photo 2. Symptômes pathologiques d'intoxication par le chlorure de sodium et morphologie des nouvelles feuilles de printemps (NaCl : 2 g l⁻¹).

Photo 3. Aspect des racines de bigaradier aux différentes concentrations de NaCl utilisées.



3

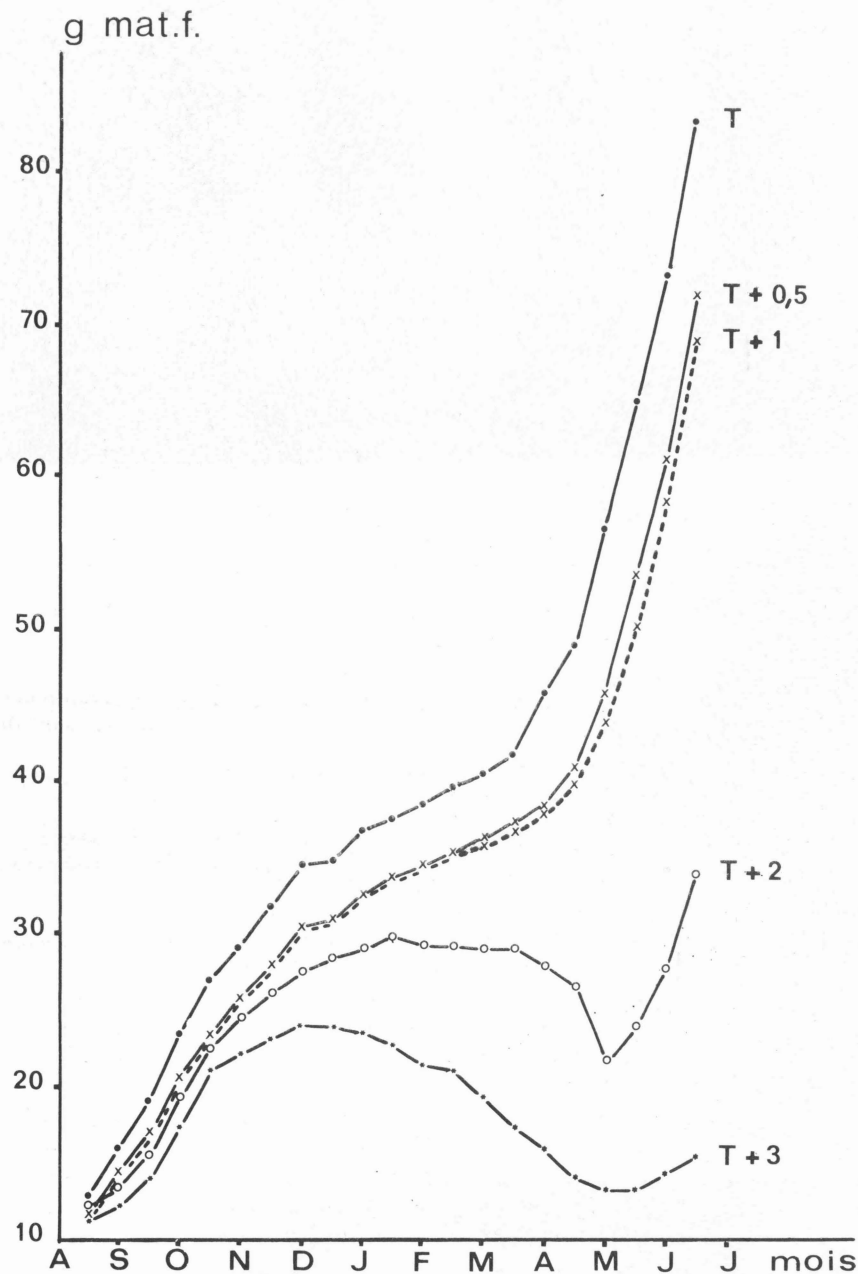


Figure 1 - Évolution, au cours du temps, du poids de matière fraîche de la plante entière (poids exprimés en grammes).

accumulation excessive de sodium (2) à laquelle le bigaradier résisterait mal (13).

TAUX DU CHLORE, DU SODIUM, DU POTASSIUM ET DU CALCIUM DANS LES DIFFÉRENTS ORGANES EN FONCTION DE LEUR AGE ET DE LA CONCENTRATION DU CHLORURE DE SODIUM

Pour cette expérience, les plantes ont été cultivées pendant six mois et demi en éclairage artificiel (15.000 lux au niveau des plantes ; photopériode : 16 h) dans un local

climatisé (température : $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) ; humidité relative : 40 à 60 p. cent) sur trois milieux : le milieu de base (T) et deux autres obtenus par l'addition de 20 à 40 mM. l^{-1} de NaCl (1,17 et 2,34 g l^{-1}).

A la récolte, les organes ont été séparés comme suit :

Racines	[R	racines fines
		P	grosses racines (pivots)
Tiges	[T ₀	tiges de l'année précédente
		T ₁	tiges adultes (5-6 mois)
		T ₂	tiges adultes (3 mois 1/2)
		T ₃	tiges jeunes (1 mois 1/2)
		T ₄	tiges très jeunes (20 jours maximum).

Feuilles	F1	feuilles adultes (5-6 mois)
	F2	feuilles adultes (3 mois 1/2)
	F3	feuilles jeunes (1 mois 1/2)
	F4	feuilles très jeunes (20 jours maximum).

(Les feuilles de l'année précédente avaient été éliminées au début de l'expérience).

A 20 mM l⁻¹ de NaCl, seules quelques feuilles adultes présentaient des symptômes pathologiques, mais la croissance des plantes était très peu affectée.

A 40 mM l⁻¹, le diamètre de la tige principale était nettement plus faible et les ramifications plus courtes. Les feuilles adultes étaient atteintes de «brûlures», mais les feuilles très jeunes apparemment saines. Le poids de récolte de matière sèche (plante entière) était réduit de 50 p. cent par rapport au témoin.

Le tableau 2 rassemble les résultats des dosages.

Le jeune bigaradier absorbe des quantités importantes de sodium et de chlore qui migrent facilement vers les parties aériennes (où on retrouve, à 20 mM, 72 p. cent de la masse totale absorbée et, à 40 mM, 83 p. cent). A 40 mM, les taux les plus élevés sont atteints dans les feuilles jeunes et adultes, taux comparables, pour le chlore, à ceux enregistrés sur un sol argilo-calcaire renfermant deux parties pour mille de chlorure de sodium (12).

L'accumulation est importante aussi au niveau des racines fines et des tiges jeunes. D'une manière générale, on observe, comme chez l'arbre adulte en verger (7), que les taux d'éléments vont en décroissant des racines fines vers les parties âgées de la tige principale, puis, de là, en croissant vers les feuilles.

Les feuilles très jeunes présentent les taux de Na⁺ et de Cl⁻ les plus faibles de toute la plante, plus faibles en particulier que ceux des tiges de même âge qui les portent (figure 2). On peut penser qu'il s'agit là d'un effet de dilution, sans pour autant exclure l'existence de mécanismes de régulation permettant une limitation efficace de l'accumulation de ces deux éléments. Cette limitation n'est que provisoire : nous avons vu qu'elle ne se rencontre plus chez les feuilles âgées de plus d'un mois.

Na⁺ et Cl⁻ s'accumulent dans un rapport (en meq.) légèrement supérieur à l'unité, avec généralement prédominance du cation (prédominance moins marquée toutefois par rapport à Cl⁻ que lorsqu'on remplace Na⁺ par K⁺ ou Ca⁺⁺ (13). Il n'y a donc aucune exclusion d'un des deux ions par rapport à l'autre comme c'est le cas, en revanche, chez les Citrus adultes greffés en verger (2, 4).

Les taux de K⁺ et de Ca⁺⁺ dans les différents organes sont affectés par la présence du NaCl. Le taux de K⁺ diminue dans les racines et les tiges, alors qu'il tend à augmenter dans les feuilles. Le taux de Ca⁺⁺ diminue partout, mais surtout dans les feuilles, ce qui s'observe aussi chez les Citrus adultes irrigués à l'eau salée (4, 10).

INTERACTIONS ENTRE CATIONS. EFFET DE VARIATIONS DE LA CONCENTRATION DU POTASSIUM ET DU SODIUM

Afin de mieux préciser l'importance et le sens de ces interactions, nous avons réalisé une expérience où nous avons fait varier conjointement la concentration du Na⁺ et du K⁺ dans le milieu, dans la zone des concentrations normalement bien tolérées par le bigaradier (0-20 meq. l⁻¹). Neuf milieux ont été utilisés :

K ⁺ / Na ⁺	0	10	20
2	K ₂ Na ₀	K ₂ Na ₁₀	K ₂ Na ₂₀
10	K ₁₀ Na ₀	K ₁₀ Na ₁₀	K ₁₀ Na ₂₀
20	K ₂₀ Na ₀	K ₂₀ Na ₁₀	K ₂₀ Na ₂₀

Le milieu K₂Na₀ correspond à la solution nutritive de base. Les autres milieux ont été obtenus par l'addition de NaCl et de KCl à cette solution.

La durée de l'expérience a été de six mois (huit plantes par traitement).

Les plantes, âgées de sept mois au départ, ont été cultivées successivement dans le temps dans deux endroits différents. D'abord à Tunis, pendant une période de cinq mois, dans des conditions d'environnement non contrôlées. Ensuite au Phytotron du CNRS à Gif-sur-Yvette pendant un mois (température : jour 24°C, nuit 17°C ; photopériode : 16 h ; éclairage naturel et artificiel d'appoint ; humidité relative : 60 p. cent environ).

Au terme de l'expérience, un lot homogène de quatre plantes a été récolté pour chaque traitement. Les différents organes ont été séparés (racines fines, grosses racines, tiges et feuilles).

A la récolte les plantes ne présentaient aucun symptôme pathologique, même aux concentrations les plus élevées (K₂₀Na₂₀), mais l'addition de K⁺ ou Na⁺ au milieu de base a toujours entraîné une réduction de poids de matière sèche de 20 à 50 p. cent par rapport au témoin.

Les résultats relatifs aux taux de Na⁺, K⁺ et Ca⁺⁺ sont groupés dans le tableau 3.

D'une façon générale, dans tous les organes et à égalité de concentration dans le milieu, K⁺ est toujours absorbé et accumulé en plus grande quantité que Na⁺ (quantité retenue par plante en six mois trois fois plus élevée).

L'addition de Na⁺ au milieu de culture provoque une légère stimulation de l'absorption du K⁺, probablement due à un effet d'accompagnement du Cl⁻, également absorbé en grande quantité pour maintenir l'équilibre électrostatique (8).

Dans les racines fines, comme dans les grosses racines, la présence de Na⁺ entraîne toujours une baisse du taux de K⁺ (figure 3A). Au niveau des tiges, l'interaction Na⁺ - K⁺ s'estompe et l'interaction Na⁺ - Ca⁺⁺ apparaît plus nettement. Dans les feuilles, le taux de K⁺ semble exclusivement

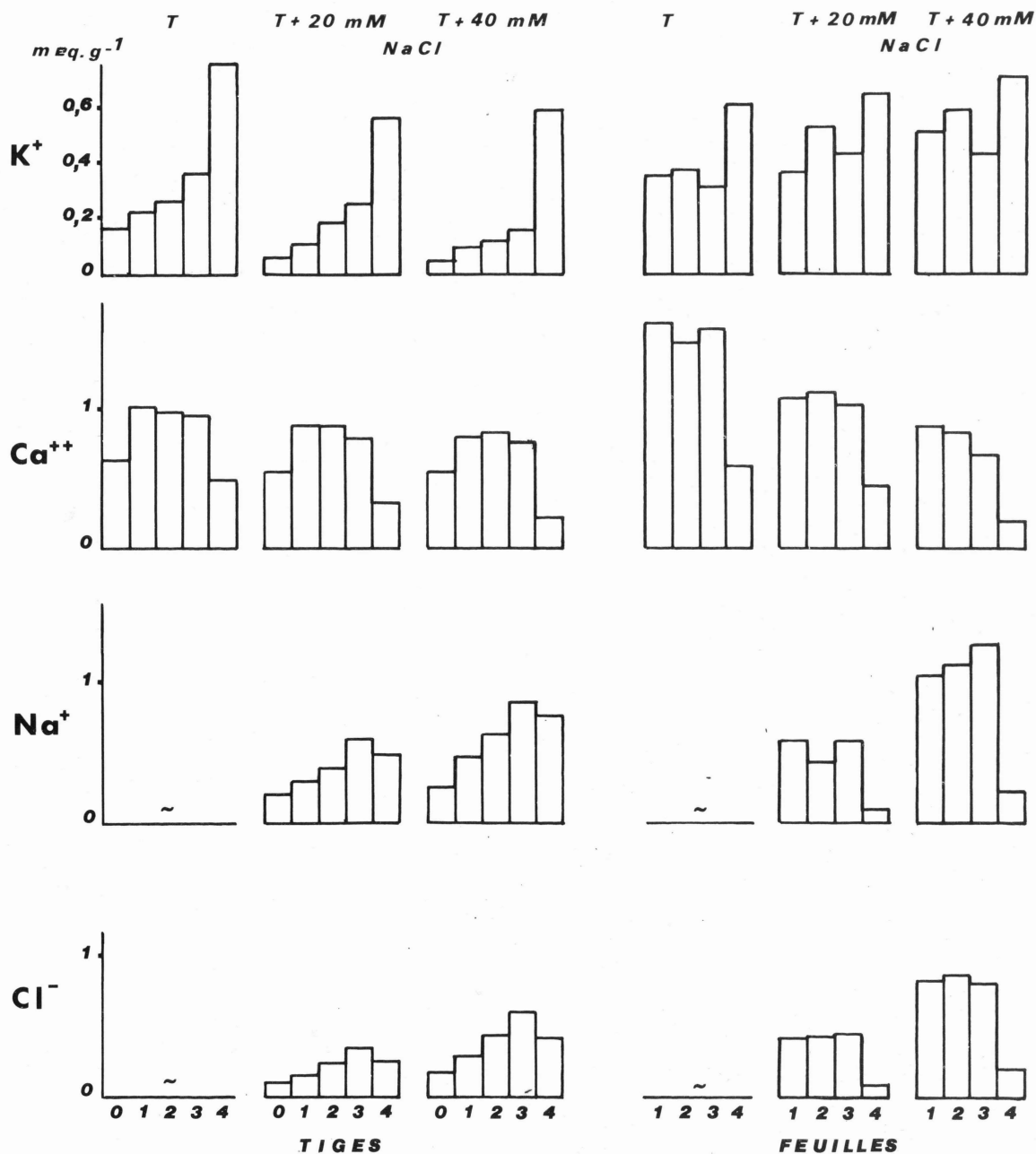


Figure 2 - Taux des éléments dans les tiges et les feuilles en fonction de leur âge et de la concentration du chlorure de sodium dans le milieu (taux exprimés par rapport à la matière sèche ; durée du traitement : six mois et demi ; désignation des échantillons (0 à 4) : comme dans le tableau 2).

fonction de sa concentration dans le milieu et ne paraît pas influencé par la présence de Na^+ (figure 3B), quand la concentration de ce dernier ne dépasse pas $20 meq.l^{-1}$.

Si on considère maintenant l'effet inverse, on constate que l'absorption de Na^+ par la plante entière n'est pas sensible à l'addition de K^+ .

Au niveau des racines fines, l'augmentation de la concentration de K^+ dans le milieu provoque une baisse du taux de Na^+ (figure 3A), mais cette interaction s'estompe dans les grosses racines et les tiges pour laisser place à l'interaction $K^+ - Ca^{++}$. Dans les feuilles, le taux de Na^+ est fonction de sa concentration dans le milieu et ne paraît pas influencé

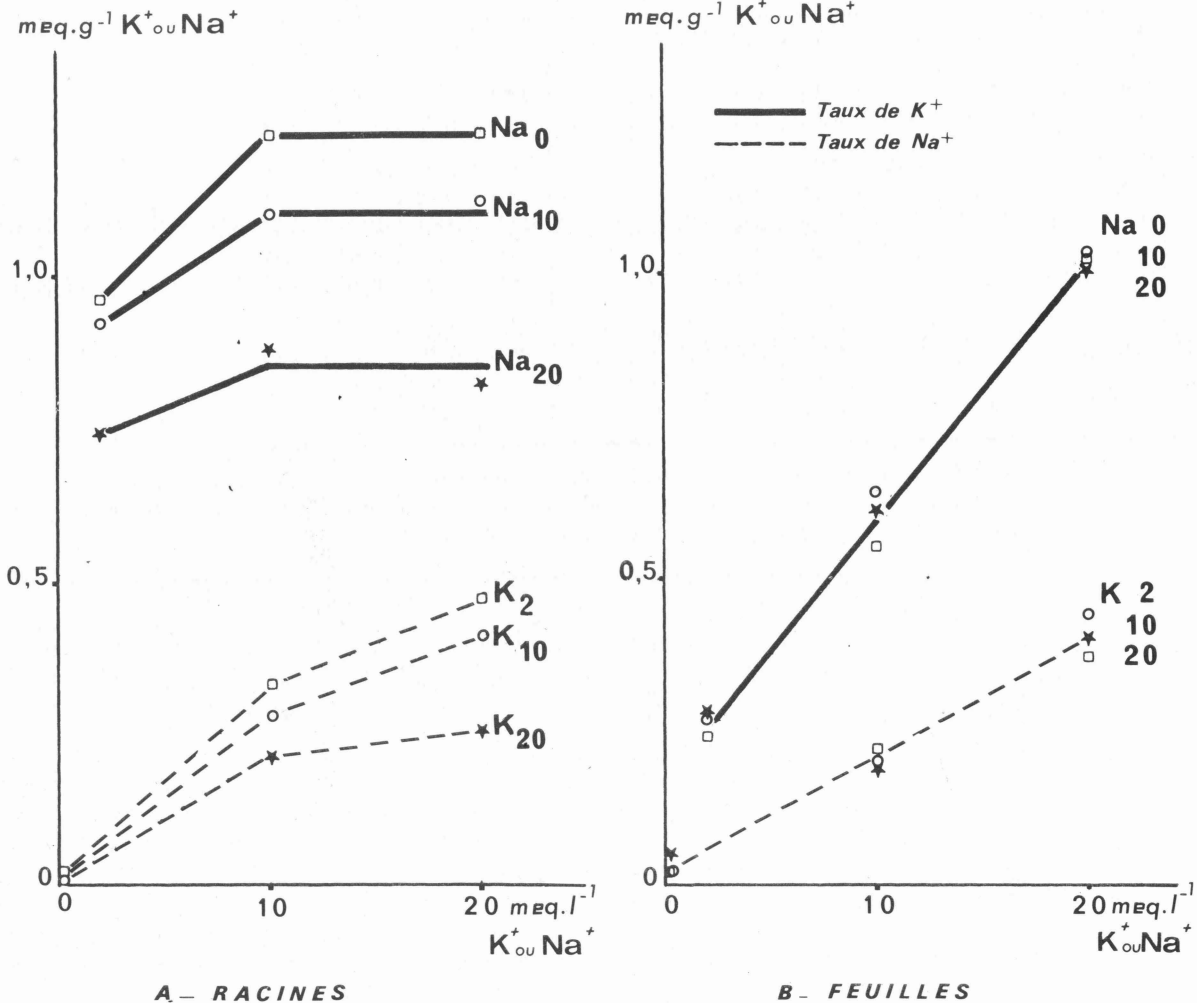


Figure 3 - Taux de Na⁺ et de K⁺ dans les racines et les feuilles en fonction de leur concentration dans le milieu (taux exprimés par rapport à la matière sèche ; durée du traitement : six mois).

par l'addition de K⁺ (figure 3B). Le taux de Ca⁺⁺ par contre diminue nettement en fonction de la concentration de Na⁺ et surtout de K⁺ dans le milieu. Chez les Citrus adultes greffés sur bigaradier, les apports de K⁺ provoquent également une diminution significative du taux de Ca⁺⁺ dans les feuilles, avec répercussion sur la teneur en Ca⁺⁺ des fruits et des écorces (9). L'interaction entre les cations alcalins et le calcium apparaît donc beaucoup plus marquée au niveau de la migration qu'à celui de l'absorption.

CONCLUSIONS

Cultivé en aquiculture stricte, le jeune bigaradier peut tolérer la présence de 1 g l⁻¹ de NaCl dans le milieu sans réduction notable de croissance. A 2 g l⁻¹, la plante subit

une défoliation sévère, mais reste capable de former de nouvelles feuilles saines. Les troubles observés paraissent en rapport avec l'accumulation du sodium et du chlore dans les feuilles.

Contrairement à ce qui se passe chez les Citrus adultes qui semblent exclure Na⁺ de leurs feuilles, le jeune bigaradier y accumule d'importantes quantités de Na⁺ comme de Cl⁻. Cette accumulation est cependant considérablement restreinte chez les feuilles très jeunes (moins d'un mois).

Sur le plan pratique, l'étude des interactions entre cations laisse penser que les apports d'engrais potassiques peuvent être nocifs pour les Citrus irrigués à l'eau salée : en effet l'addition de K⁺ au milieu non seulement ne permet pas de limiter l'absorption et l'accumulation de Na⁺ par la plante, mais de plus, en entraînant une forte augmentation du taux de K⁺, provoque une importante réduction de celui de Ca⁺⁺ dans les feuilles.

TABLEAU 2 - Taux des éléments dans les différents organes en fonction de leur âge et de la concentration du chlorure de sodium dans le milieu (taux exprimés en meq. g⁻¹ de matière sèche ; durée du traitement : six mois et demi ; se reporter au texte pour la désignation des différents organes).

Org.	T				T+ 20 mM NaCl				T+ 40 Mm NaCl			
	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻
R	0,86	2,02	0,01	0,02	0,49	1,89	0,74	0,47	0,42	1,55	0,85	0,56
P	0,26	0,52	0,01	0,01	0,12	0,54	0,27	0,19	0,13	0,46	0,37	0,31
T ₀	0,17	0,63	0,01	0,01	0,06	0,56	0,21	0,10	0,05	0,57	0,26	0,18
T ₁	0,23	1,04	<0,01	0,01	0,11	0,91	0,31	0,16	0,10	0,82	0,48	0,31
T ₂	0,27	0,99	<0,01	<0,01	0,19	0,90	0,39	0,24	0,12	0,85	0,65	0,45
T ₃	0,37	0,97	<0,01	<0,01	0,26	0,81	0,61	0,36	0,16	0,78	0,88	0,62
T ₄	0,77	0,51	<0,01	<0,01	0,57	0,34	0,49	0,26	0,60	0,23	0,78	0,43
F ₁	0,36	1,64	<0,01	<0,02	0,37	1,09	0,61	0,43	0,52	0,89	1,07	0,85
F ₂	0,38	1,51	<0,01	<0,01	0,54	1,14	0,44	0,44	0,60	0,84	1,15	0,89
F ₃	0,32	1,60	<0,01	<0,01	0,44	1,05	0,61	0,46	0,44	0,68	1,31	0,83
F ₄	0,62	0,60	<0,01	<0,01	0,66	0,46	0,10	0,09	0,72	0,20	0,23	0,20

TABLEAU 3 - Taux du K⁺, Ca⁺⁺ et du Na⁺ dans les différents organes en fonction de la concentration du K⁺ et du Na⁺ dans le milieu (taux exprimés en meq. g⁻¹ de matière sèche ; durée du traitement : six mois ; chaque valeur représente la moyenne de quatre dosages individuels).

Trait.	racines			pivots			tiges + pétioles			feuilles		
	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Na ⁺
K ₂ Na ₀	0,96	1,26	0,02	0,29	0,30	0,01	0,22	0,57	0,01	0,24	0,97	0,02
K ₂ Na ₁₀	0,92	1,30	0,33	0,35	0,29	0,08	0,25	0,53	0,14	0,27	0,90	0,22
K ₂ Na ₂₀	0,74	1,24	0,47	0,29	0,37	0,11	0,21	0,52	0,21	0,28	0,64	0,37
K ₁₀ Na ₀	1,23	1,14	0,01	0,52	0,32	0,01	0,47	0,46	0,01	0,55	0,60	0,02
K ₁₀ Na ₁₀	1,10	1,28	0,28	0,42	0,32	0,06	0,44	0,44	0,12	0,64	0,60	0,20
K ₁₀ Na ₂₀	0,88	1,19	0,41	0,39	0,36	0,10	0,42	0,47	0,18	0,61	0,47	0,44
K ₂₀ Na ₀	1,23	1,13	0,01	0,47	0,34	0,01	0,66	0,44	0,01	1,02	0,41	0,05
K ₂₀ Na ₁₀	1,12	1,02	0,21	0,49	0,34	0,06	0,58	0,37	0,13	1,03	0,44	0,19
K ₂₀ Na ₂₀	0,82	0,89	0,25	0,31	0,32	0,07	0,56	0,43	0,18	1,00	0,43	0,40

BIBLIOGRAPHIE

- BELKHODJA (K.) et KHALFALLAH (S.).
Rapport sur la tolérance des agrumes à l'eau salée d'irrigation en fonction de la qualité du sol et des conditions culturales.
D.R.E.S. Tunis, E.S. 83, p. 90, 1972.
- CHAPMAN (H.D.).
The mineral nutrition of Citrus.
in : *The Citrus Industry, II.*, REUTHER (W.), BATCHELOR (L.D.), WEBER (H.J.)
Ed. Univ. California Press. Berkeley, 127-289, 1968.
- COOPER (W.C.).
Toxicity and accumulation of salts in Citrus trees on various rootstocks in Texas.
Proc. Fla. State Hort. Soc., 74, 95-104, 1962.
- HAMZA (M.).
Etude par la méthode du diagnostic foliaire de la nutrition d'orange irrigués à l'eau douce et à l'eau salée.
C.R. 1er Coll. europ. Contrôle Nutr. min. Fertilisation Viticul. Arboricult. médit., Montpellier 1964, 316-22, 1965.
- HEIMANN (H.) et RATNER (R.).
Influence du potassium sur l'absorption du sodium par les plantes en conditions salines.
Rev. int. Potasse, Berne, 24, 55-62, 1962.
- MALET (Ph.) et RIVE (J.P.).
Comparaison entre clémentiniers irrigués à l'eau salée et à l'eau douce.
Bull. E.N.S.A.T., Tunis, 12-13, 63-87, 1966.
- MARCHAL (J.) et LACOEUILHE (J.J.).
Bilan minéral du mandarinier 'Wilking'. Influence de la production et de l'état végétatif de l'arbre sur sa composition minérale.
Fruits, 24, 6, 299-318, 1969.
- MARSCHNER (H.) et OSSENBERG-NEUHAUS (H.).
Significance of the accompanying anion on the interactions between K⁺ and Ca⁺⁺ in the high concentration range (résumé).
Z. Pflanzenenernahr. Bodenkunde, 126, 217-228, 1970.
- NADIR (M.).
Influence des éléments fertilisants du milieu sur la composition minérale du fruit et de l'écorce chez les Citrus.
Rev. int. Potasse, Berne, 8, 4, 1-5, 1974.
- ORTUNA (A.), PARRA (M.) et HERNANSAEZ (A.).
Rapports physiologiques de bio-éléments dans la feuille de *Citrus sinensis*.
Fruits, 26, 6, 435-444, 1971.
- VERNET (A.).
Organisation et premiers résultats du Centre d'Etude de l'eau en Tunisie.
Ann. Serv. Bot. et Agron., Tunis, 30, 72-116, 1957.
- YANKOVITCH (L.).
Résistance aux chlorures des plantes cultivées.
Ann. Serv. Bot. et Agron., Tunis, 22, 21-76, 1949.
- ZID (E.).
Influence du chlorure de sodium sur la croissance, l'économie de l'eau et la nutrition minérale du *Citrus aurantium* L. cultivé en aquiculture stricte.
Thèse Doctorat Troisième cycle, Univ. Tunis, 163 p., 1974.