

Action du chlorure de sodium sur la composition des baies de vigne cultivées en hors-sol

par

M. GARCIA¹), J. FALLOT¹), T. CHARBAJI¹) et J. P. ROSON²)

¹) Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, France

²) INRA, Centre de Toulouse, Auzeville, France

Résumé : La variété Cabernet Sauvignon greffée sur 101-14 a été cultivée en milieu hydroponique et alimentée par une solution nutritive équilibrée (témoin) surchargée en chlorure de sodium (6, 40 et 80 meq · l⁻¹) durant trois années consécutives. A forte dose, un effet dépressif se manifeste sur le rendement en baies, accompagné par l'accélération de la maturation; aux autres doses, le NaCl provoque une augmentation du rendement. La teneur en sucres croît avec la richesse du milieu en NaCl, alors que le taux des composés phénoliques et des tanins est maximum pour les faibles doses de NaCl et l'acidité totale relativement stable.

Influence of sodium chloride on the composition of berries in hydroponically grown grapevines

S u m m a r y : Plants of *Vitis vinifera* Cabernet Sauvignon clone no. 161 grafted on rootstock 101-14 M.G. clone no. 13 were grown hydroponically for 3 years in a balanced nutrient solution, in the presence of 6, 40 and 80 meq · l⁻¹ of NaCl. 6 and 40 meq · l⁻¹ of sodium chloride in the nutrient solution had beneficial effects on the plant biomass, and also on the yield, but growth and yield of berries were impaired by 80 meq · l⁻¹ NaCl doses, whereas maturation occurred earlier. The concentration of sugar and tartaric acid increased with the sodium chloride dose whereas phenolic compounds, tannins and malic acid decreased. Total acidity was rather constant.

K e y w o r d s : sodium chloride, salinity, *Vitis* hydroponics, yield, organic composition, berry quality.

Introduction

La présence de chlorure de sodium dans le milieu nutritif détermine des effets variés sur la teneur en éléments minéraux et organiques des plantes, ainsi que sur leur développement. Chez la vigne le NaCl à faible dose (6 meq · l⁻¹) détermine une augmentation de la croissance de cette plante (CHARBAJI *et al.* 1988); à notre connaissance, ce fait n'avait jamais été signalé jusque là. En accord avec les résultats obtenues par d'autres auteurs (KHALIL 1975), nous avons montré qu'à la dose de 40 meq · l⁻¹ la croissance est réduite et que 80 meq · l⁻¹ est une dose létale pour cette plante au bout de trois mois en culture hydroponique stricte (CHARBAJI 1988). Ces perturbations sur le développement de la vigne entraînent un déséquilibre minéral important de la partie végétative (GARCIA et CHARBAJI 1989); en particulier, quelle que soit la dose de sel utilisée, l'antagonisme K⁺/Na⁺ est marqué chez ce végétal (GARCIA et CHARBAJI 1993).

Il nous a paru intéressant d'observer l'incidence de NaCl sur la partie reproductrice, notamment sur la composition organique des baies de raisin et sur le rendement. Nous avons choisi la variété Cabernet Sauvignon de *Vitis vinifera* greffée sur 101-14 M.G. En effet, ce cépage est très répandu dans le monde et le porte-greffe 101-14 M.G. (*Vitis riparia* x *Vitis rupestris*), très utilisé dans les vignobles de qualité, présente une grande sensibilité au chlorure de sodium (LAFON *et al.* 1961).

Matériel et méthodes

Notre essai a été réalisé sur Cabernet Sauvignon clone n° 161, greffé sur porte-greffe 101-14 clone n°13. Les ceps ont été taillés à deux bourgeons. L'expérimentation s'est déroulée en conditions contrôlées sous serre (température réglée entre 20-25 °C; hygrométrie: 70-85 %). Les plantes sont cultivées dans des bacs de culture remplis de pouzzolane. Ils sont irrigués deux fois par jour, à l'aide d'un système d'arrosage automatique, soit avec une solution nutritive témoin, soit avec la même solution surchargée par différentes doses de chlorure de sodium, renouvelée tous les quinze jours. Trois doses ont été testées par ajout de 6, 40 et 80 meq · l⁻¹ de NaCl durant trois années consécutives (Essai A pour la première année, essai B pour la seconde et essai C pour la troisième) et quatre répétitions ont été effectuées pour chaque traitement.

L'analyse de variance a été effectuée par plan aléatoire à un facteur et les moyennes ont été comparées par le test de NEWMAN et KEULS.

Composition de la solution nutritive témoin — éléments majeurs en meq · l⁻¹: Mg⁺⁺: 6,3 — Ca⁺⁺: 8,4 — K⁺: 6,9 — NO₃⁻: 14,7 — PO₄H₂⁻: 2,3 — SO₄⁻: 5,0 — NH₄⁺: 0,4; éléments mineurs en mg · l⁻¹: Mo: 0,003 — B: 0,26 — Zn: 0,11 — Mn: 0,65 — Cu: 0,63 — Fe: 5,9.

Analyse de composés organiques: On a recherché l'effet de NaCl sur quelques constituants caractéristiques des baies. Les sucres et les acides sont dosés dans le jus; les anthocyanes et les tanins, contenus essentiellement dans les pellicules et les pépins, nécessitent une extraction préalable.

Traitement des baies - extraction: Les baies (environ 200 par prélèvement) sont comptées (nombre N), pesées (poids Pg), puis placées dans le bol de l'appareil WARING avec 5 ml d'une solution de métabisulfite de Na 5 % pour prévenir l'oxydation des polyphénols; elles sont broyées durant 1,30 min, en trois fois. Les anthocyanes et les tanins sont extraits aussitôt après broyage; on pèse 20 g du broyat que l'on place dans un tube à essai de 60 ml bouché émeri, avec 20 ml d'une solution HCl 2 %; l'ensemble est porté au bain-marie à 70 °C pendant 30 min.

Après refroidissement, on centrifuge et on mesure le volume Vml de la phase liquide recueillie sur laquelle on évaluera les anthocyanes et les tanins. Les quantités extraites ne représentent pas la totalité des anthocyanes et des tanins, mais une proportion importante et représentative de leurs teneurs dans les baies de raisin.

Méthodes de dosages utilisées: Sucres réducteurs totaux: LUFF (1990); anthocyanes: AUBERT (1970); composés phénoliques totaux ou tanins totaux: GLORIES (1978); acide malique: FANKEL (1969); acide tartrique: REBELEIN (1972); acidité totale: JAULMES (1955).

Résultats

Date de floraison: Pour les trois essais (A, B, et C), la floraison en présence d'une dose de 80 meq l⁻¹ de NaCl a toujours été plus précoce que chez le témoin et chez les plantes développées avec 6 meq · l⁻¹ de NaCl (Tab. 1). Pour la dose de 40 meq · l⁻¹, la floraison a lieu à une époque intermédiaire. D'une façon générale, les plantes de l'essai C ont fleuri plus tôt que celles des essais A et B.

Maturité et poids des grappes et des baies de raisin: L'observation de la maturation des raisins montre que les grappes, en présence de 80 meq · l⁻¹, se colorent plus précocement que celles du témoin sans NaCl. La maturité en présence de 40 meq · l⁻¹ est également antérieure à celle du témoin. C'est toujours le cas pour le traitement enrichi avec 80 meq · l⁻¹ de NaCl, la récolte ayant eu lieu 25 jours avant celle du témoin pour l'essai C. En présence de 40 meq · l⁻¹, la précocité est moins marquée, une semaine pour l'essai B et trois semaines pour l'essai C par rapport au témoin.

A 6 meq · l⁻¹, aucun effet n'a été constaté pour les essais A, B et C (Tab. 1). Le poids total des grappes fraîches par souche, pour les doses de 6 et surtout 40 meq · l⁻¹, est supérieur à celui

des grappes témoin pour les essais A, B et C, alors qu'à 80 meq · l⁻¹, il est inférieur à celui des témoins pour les trois essais (Tab. 2). Le poids de 200 baies obtenu en présence de 40 meq · l⁻¹ de NaCl est légèrement supérieur à celui du témoin pour l'essai A et significativement supérieur à celui du témoin pour l'essai B; mais pour l'essai C, ce poids est significativement inférieur à celui du traitement témoin (Tab. 3). Par contre, les baies des plantes cultivées avec 80 meq · l⁻¹ présentent un poids de matière fraîche légèrement (essai A) ou significativement inférieur (essais B et C) au témoin. L'addition de 6 meq · l⁻¹ de NaCl n'a pas d'effet significatif sur le poids des baies.

Tableau 1

Dates de floraison et de récolte des raisins des plantes cultivées en présence ou non de NaCl à diverses doses (meq · l⁻¹). La récolte correspond à l'arrêt de l'enrichissement en sucres.

Dates of flowering and harvest of grapes grown in the presence or absence of various doses of sodium chloride (meq · l⁻¹). The harvest corresponds to discontinuation of sugar enrichment.

Stades	Floraison				Récolte			
	Te	6	40	80	Te	6	40	80
Essai A 1 ^o année	13/06	13/06	13/06	29/05	13/10	13/10	13/10	29/09
Essai B 2 ^o année	14/05	10/05	10/05	10/05	04/10	04/10	27/09	10/09
Essai C 3 ^o année	27/04	25/04	18/04	18/04	27/08	27/08	19/08	02/08

Tableau 2

Poids des grappes fraîches en g par plante en présence ou non de NaCl à diverses doses (meq · l⁻¹).

Fresh weight (g) of grape clusters in the presence/a absence of various doses of NaCl (meq · l⁻¹).

Doses	Te	6	40	80
Essai A	223,2	311,9*	311,0*	138,2*
Essai B	265,1	283,0°	435,7*	223,2°
Essai C	365,5	420,3*	426,2*	362,7°

° non significatif par rapport au témoin, * significatif

Les sucres : D'une façon très générale et dans les trois essais, le taux de sucres du jus de baies augmente en fonction de la richesse en NaCl dans le milieu nutritif, sauf pour la dose de 6 meq · l⁻¹ de NaCl de l'essai A (Fig. 1). En ce qui concerne l'étude statistique, les résultats obtenus en présence des fortes doses de NaCl diffèrent significativement par rapport à ceux des plantes cultivées avec des faibles doses dans les trois essais. Le taux de sucre croît avec l'âge de la vigne, quels que soient les traitements.

Les anthocyanes : Il est impossible de tirer une conclusion générale sur les variations de quantités d'anthocyanes des baies. Pour les plantes cultivées en présence de NaCl dans la solution nutritive, la teneur en ces composés peut être légèrement inférieure (essai A) ou significativement inférieure à celles des plantes témoin (essai B). Par contre, la quantité d'anthocyanes dosée dans les plantes cultivées en présence de NaCl, après trois ans de surcharge, est supérieure à celle du témoin (essai C), mais ces différences ne sont pas significatives. En général, le taux d'anthocyanes des baies après trois ans de traitement (essai C) est plus élevé qu'après un ou deux ans (essais A et B) : à la dose de 6 meq · l⁻¹ de NaCl, les baies renferment 0,931 g · kg⁻¹ pour l'essai C au lieu de 0,755 g · kg⁻¹ pour l'essai A.

Tableau 3

Poids frais de 200 baies en g récoltées sur des plantes cultivées en présence ou non de NaCl à diverses doses ($\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$).

Fresh weight (g) of 200 berries harvested on grapevines grown in the presence or absence of NaCl at various doses ($\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$).

Doses	Te	6	40	80
Essai A	207,1	220,8°	215,3°	190,8°
Essai B	195,1	200,2°	217,6*	149,0*
Essai C	242,9	241,4°	210,0*	154,1*

° non significatif par rapport au témoin, * significatif

Les tanins : La quantité des tanins des baies augmente généralement en fonction de la richesse en NaCl de la solution nutritive (Fig. 2). Après deux ou trois ans de traitement, à la dose de $80 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1}$ de NaCl, la teneur en tanins est toujours significativement supérieure à celle des plantes témoins et des plantes cultivées en présence de 6 et $40 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1}$ de NaCl. Par contre, aucun effet significatif n'est observé dans l'essai A. La teneur en tanins augmente avec la durée du traitement.

L'acide malique : Quelle que soit l'année de l'expérimentation, la teneur en acide malique diminue dans le jus des baies avec l'augmentation de NaCl dans la solution nutritive (Tab. 4). En présence de fortes doses de NaCl, les teneurs en acide sont significativement inférieures à celles des témoins.

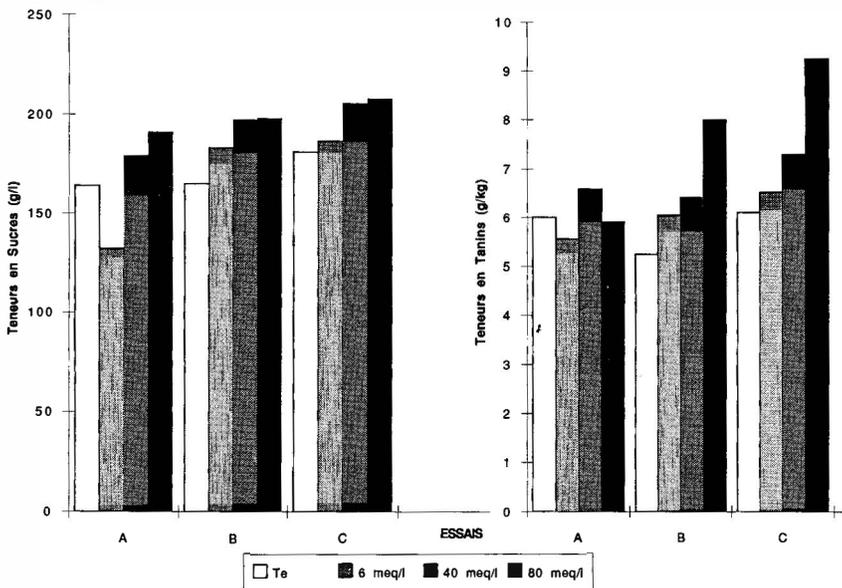


Fig. 1 (left): Teneurs en sucres en $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ dans le jus des baies des plantes cultivées en présence ou non de NaCl à diverses doses.

Sugar content ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) of berry juice of grapevines grown in the presence or absence of NaCl at various doses.

Fig. 2 (right): Teneurs en tanins en $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ des baies de plantes cultivées en présence ou non de NaCl à diverses doses.

Tannin content ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) of berry juice of grapevines grown in the presence or absence of sodium chloride at various doses.

L'acide tartrique : Dans les essais A et B, la quantité d'acide tartrique augmente quand la dose de NaCl croît dans la solution nutritive (Tab. 5). Par contre, dans l'essai C, cette quantité est pratiquement constante.

L'acidité totale : Le dosage de l'acidité totale du jus des baies montre que les résultats des trois essais A, B et C sont voisins (Tab. 6). En effet, les deux premières années d'expérimentation, l'acidité varie entre 3,7 et 4,2; les témoins se situant à 4,1 et 4,2. La troisième année, les fluctuations sont plus importantes (3,2 à 4,9), ceci pouvant être attribué à un nombre moindre de grappes ou à une certaine dispersion de l'échantillon.

Tableau 4

Quantité d'acide malique en meq · l⁻¹ dans le jus des baies des plantes cultivées en présence ou non de NaCl à diverses doses (meq · l⁻¹).

Malic acid (meq · l⁻¹) in berry juice of grapevines grown in the presence or absence of sodium chloride at various doses (meq · l⁻¹).

Doses	Te	6	40	80
Essai A	119,50	101,98°	88,88*	79,96*
Essai B	117,01	104,47°	91,50*	67,25*
Essai C	101,49	98,50°	64,17*	72,38*

° non significatif par rapport au témoin, * significatif

Tableau 5

Quantités d'acide tartrique en meq · l⁻¹ dans le jus des baies des plantes cultivées en présence ou non de NaCl à diverses doses (meq · l⁻¹).

Tartaric acid (meq · l⁻¹) in berry juice of grapevines grown in the presence or absence of sodium chloride at various doses (meq · l⁻¹).

Doses	Te	6	40	80
Essai A	84,50	90,39°	97,83°	82,00°
Essai B	72,25	86,50°	107,50*	117,00*
Essai C	82,60	77,33°	80,00°	79,33°

° non significatif par rapport au témoin, * significatif

Tableau 6

Acidité totale en g · l⁻¹ dans le jus des baies des plantes cultivées en présence ou non de NaCl à diverses doses (meq · l⁻¹).

Total acidity (g · l⁻¹) in berry juice of grapevines grown in the presence or absence of sodium chloride at various doses (meq · l⁻¹).

Doses	Te	6	40	80
Essai A	4,21	4,18°	3,76°	3,72°
Essai B	4,10	4,05°	4,00°	3,70°
Essai C	4,32	4,92°	3,28°	4,33°

° non significatif par rapport au témoin, * significatif

Conclusion et discussion

L'effet dépressif que nous avons parfois observé sur la partie végétative de la plante (CHARBAJI *et al.* 1988) se manifeste aussi sur la partie reproductrice. L'adjonction à la solution nutritive de NaCl à forte dose (80 meq · l⁻¹) a une incidence sur le poids des grappes qui diminue de 60 % par rapport au témoin. Par contre, une dose intermédiaire de 40 meq · l⁻¹ et une faible dose de 6 meq · l⁻¹ entraînent une augmentation de la récolte. Il nous paraît très intéressant de noter que l'augmentation de la salinité a un effet sur la précocité de la floraison et surtout de la maturité, la vendange ayant lieu 25 jours avant le témoin pour les plantes ayant reçu 80 meq · l⁻¹ de NaCl.

Les teneurs en certains composés organiques, qui jouent un rôle important dans la qualité du raisin, ont été modifiées de façon remarquable surtout par les fortes doses de NaCl. Ainsi la quantité de sucres dans le jus de baies est fortement augmentée à 80 meq · l⁻¹ de NaCl par rapport au témoin. Ce résultat peut être dû à la réduction de la vigueur des souches ou à un effet spécifique du NaCl.

Comme on pouvait s'y attendre, les teneurs élevées en sucres sont accompagnées d'un faible taux d'acide malique, fait connu en viticulture (CHAMPAGNOL 1984). Selon cet auteur, l'arrêt plus précoce de la croissance des souches, dû dans nos expériences à une salinité importante, bloque la synthèse de cet acide, alors que les réactions de dégradation, en particulier par respiration cellulaire, se poursuivent. De plus, la diminution régulière de la teneur en acide malique, selon la richesse de la solution nutritive en NaCl, peut être reliée à la teneur importante en cation Na⁺, qui est accrue dans les divers organes de la plante et surtout dans les baies (JOURET et BENARD 1965).

L'acide tartrique présente un comportement différent de l'acide malique, son taux augmentant quand la richesse du milieu en NaCl croît. Dans ces conditions, l'acidité totale due essentiellement à la somme des acides malique et tartrique libres du jus varie peu dans notre expérimentation. Par contre, l'augmentation de la salinité dans les vignobles situés au bord de la mer entraîne une augmentation de l'acidité totale dans le jus (JOURET et POUX 1961). Ces mêmes auteurs constatent que l'augmentation de l'acidité totale est alors accompagnée d'une diminution du taux de sucre dans le jus.

En ce qui concerne les composés phénoliques dans les baies, leur teneur est augmentée en présence de faibles doses de NaCl, résultat en accord avec ceux de HAWKER et WALKER (1978); ces auteurs ont trouvé qu'à la dose de 20 meq · l⁻¹ de NaCl, la concentration de matière colorante des baies augmente de 10 % par rapport au témoin; par contre, les fortes concentrations de NaCl diminuent cette teneur. Dans le même ordre d'idée, le doublement de concentration des sels minéraux dans une solution nutritive diminue la teneur des anthocyanes et des tanins dans le jus des baies; ce fait ne serait pas dû à une action spécifique du NaCl, mais simplement à une augmentation de la concentration du milieu nutritif (POUGET 1984).

L'augmentation de la teneur en sucres des baies et la stimulation de la précocité devraient être étudiées de manière plus approfondie. En effet, certains producteurs de raisin de table cultivant leurs vignes en hors-sol, pourraient obtenir des raisins primeurs possédant un taux de sucre important. Ils devraient déterminer la quantité optimale de NaCl permettant un enrichissement suffisant en sucres des baies sans réduction notable de récolte. En outre, ces résultats conduisent à penser que la vigne pourrait être cultivée dans des zones où l'irrigation fait appel à des eaux chargées en sels minéraux.

Bibliographie

- AUBERT, S.; 1970: Méthodes usuelles d'évaluation des anthocyanes et tanins dans les vins. Ann. Fals. Exp. Chim. **690**, 107-117.
- CHAMPAGNOL, F.; 1984: *Éléments de Physiologie de la Vigne et de Viticulture Générale*. Champagnol Ed., St. Gély du Fesc, France.

- CHARBAJ, T.; 1988: Effet du chlorure de sodium sur la vigne en culture hors-sol (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon cv. 101-14 M et G). Thèse INP Toulouse, France.
- —; GARCIA, M.; FALLOT, J.; 1988: Effet du chlorure de sodium sur la croissance de la vigne en culture hydroponique et sur la répartition des deux éléments constitutifs de ce sel. *Agrochimica* **32**, 418-429.
- FANKEL, R.; 1969: Détermination Enzymatique de l'Acide Malique. Feuillet vert no. 312. O.I.V., Paris.
- GARCIA, M.; CHARBAJ, T.; 1989: Influence de la teneur en chlorure de sodium du milieu sur la composition minérale de la vigne. *Agrochimica* **33**, 412-423.
- —; — —; 1993: Effect of sodium chloride salinity on cation equilibria in grapevine. *Plant Nutrition* **16**, 68-76.
- GLORIES, Y.; 1978: Recherches sur la matière colorante des vins rouges. Thèse Univ. Bordeaux II, France.
- HAWKER, J. S.; WALKER, R. R.; 1978: The effect of sodium chloride on the growth and fruiting of Cabernet Sauvignon. *Amer. J. Enol. Viticult.* **29**, 172-176.
- JAULMES, P.; 1955: La mesure de l'acidité totale des vins. *Ann. Falsif. Fraudes* **48**, 157-167.
- JOURET, C.; BENARD, P.; 1965: Influence des porte-greffes sur la composition minérale des vins de vignes des terrains salés. *Ann. Technol. Agric.* **14**, 349-355.
- —; POUX, C.; 1961: Notes sur les teneurs en potassium, sodium et chlore des vignes des terrains salés. *Ann. Technol. Agric.* **10**, 369-374.
- KHALIL, A.; 1975: Etude de l'action du NaCl sur la croissance et la composition minérale des vins de vigne cultivée en solution hydroponique. Thèse 3^e cycle Univ. de Bordeaux, France.
- LAFON, J.; COULLAUD, P.; HUDE, P.; 1961: *Maladies et Parasites de la Vigne. Tome II*. Ed. J. B. BAILLIERE et Fils, Paris, France.
- LUFF, P.; 1990: Dosage des sucres réducteurs. In: *Recueil des Méthodes Internationales d'Analyse des Vins et des Moûts*, 91-96. O.I.V., Paris, France.
- POUGET, R.; 1984: Action de la concentration de la solution nutritive sur quelques caractéristiques physiologiques et technologiques chez *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon: vigueur, rendement, qualité du moût et du vin. *Agronomie* **4**, 437-442.
- REBELEIN, H.; 1972: Méthode Rapide de Détermination de l'Acide Tartrique. Feuillet vert no. 392. O.I.V., Paris, France.

Reçu le 28 Janvier, 1993