



**HAL**  
open science

## Impact de la salinité de l'eau sur la qualité du sol et la betterave à sucre *Beta vulgaris* L.

Mina Aylaji, El Kbir Lhadi, Mustafa Kabil, Abdelaziz Ouaaka

### ► To cite this version:

Mina Aylaji, El Kbir Lhadi, Mustafa Kabil, Abdelaziz Ouaaka. Impact de la salinité de l'eau sur la qualité du sol et la betterave à sucre *Beta vulgaris* L.. Environnement, Ingénierie & Développement, 2001, N°24 - 4ème Trimestre 2001 (24), pp.23-27. 10.4267/dechets-sciences-techniques.1394 . hal-03180544

**HAL Id: hal-03180544**

**<https://hal.science/hal-03180544>**

Submitted on 25 Mar 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# IMPACT DE LA SALINITÉ DE L'EAU SUR LA QUALITÉ DU SOL ET LA BETTERAVE À SUCRE BETA-VULGARIS L

Mina Aylaji\*, El.Kbir Lhadi\*, Mustafa Kabil\* et Abdelaziz Ouaaka\*\*

\*Faculté des sciences d'El Jadida (Maroc) - \*\*Office régional de mise en valeur agricole des Doukkala.

La salinité des eaux et des sols limite la productivité et l'extension des cultures sensibles. La présente étude a pour objectif de caractériser la qualité du sol, la croissance et le taux de sucre de la betterave à sucre cultivée dans un milieu salin. Des cultures de betteraves à sucre irriguées par des eaux contenant 0,64 à 14,6 g/l de NaCl montrent qu'à des concentrations qui dépassent 8,76 g/l le sol présente une accumulation des sels solubles (salinisation) et de sodium (sodisation). La croissance des plants est significativement affectée suite à l'irrigation par des eaux à une concentration de 11,68 g/l en NaCl. La betterave à sucre a montré une résistance à la salinité, et si des doses modérées en NaCl se sont montrées favorables, celle-ci voit sa richesse saccharine diminuer fortement sous stress salin.

Salinity poses several problems for plant growth and development by inducing physiological disfunctions. Species and varieties are however known to vary widely in their ability to tolerate salts. The use of salt tolerant species can contribute to a best valorization of salt soil. It is well known that Sugar beet is tolerant salts, and this can serve as an alternative culture in regions affected or abandoned because of excessive salinity. The aim of this study is the characterization of the quality of soil, growth and percentage of sugar of Beet cultivated in salty environment.

A test in pot culture is effected by imposing six levels (0,64 - 2,9 - 5,8 - 8,7 - 11,68 and 14,6 g/l) of NaCl. In this treatment, the soil used is wealth in organic matters (2,12 %), and is characterized by a low initial salinity (CEs1:5 water soil extract 0,225 ds/m), a low alkaline pH (7,75) and a texture limono-sableuse. The variety of Sugar beet tested is Mribomagnapoly multigerm of type E, which was collected 170 days after the sowing. The study shows that at concentration of NaCl higher than 8,76 g/l, the soil presents an accumulation of soluble salts (salinization) and sodium (sodiation). The growth was significantly affected at 11,68 g/l of NaCl concentration. The root seems to be less affected by water salinity than shoots: the dry weight reduction percentage of shoot and root is 48 % and 39 % respectively. On the other hand, salinity stress is responsible for Sodium accumulation and

Potassium deficiency in root. The Sugar beet is tolerant to salinity in terms of yield and survival, but the sucrose content is significantly reduced under saline condition.

## INTRODUCTION

Dans les zones arides et semi-arides, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la production des végétaux [1 et 2]. Les sols salés dans le monde occupent une superficie de 954,8 millions d'hectares dont 357,3 millions d'hectares en Australie et 80 millions d'hectares en Afrique [3]. Les facteurs naturels (température, sécheresse, infiltration de l'eau de mer et contamination du sol et de la nappe phréatique) accentuent ce phénomène.

Même si l'eau est disponible dans la région, elle reste de mauvaise qualité et son utilisation dans l'agriculture contribue largement à concentrer les sels dans le sol. C'est le cas de la zone irriguée de Sidi Bennour où les eaux souterraines connaissent une augmentation de salinité favorisée par l'irrigation par les eaux usées brutes, la fertilisation et l'infiltration des eaux de barrage, relativement salées (absence de revêtement du canal principal). La conductivité électrique des eaux souterraines de cette région peut atteindre 11,5 ms/cm [4].

Au niveau de la plante, le traitement salin se traduit par des perturbations de différentes fonctions physiologiques telles que la croissance [5, 6 et 7] l'absorption de l'eau et des éléments minéraux [8, 9 et 10].

Une meilleure valorisation des sols affectés et des eaux salées peut être obtenue par un choix des espèces et variétés adaptées à la salinité. La betterave à sucre réputée pour sa tolérance au stress salin [11], offre la possibilité d'exploitation de ces régions incultes ou abandonnées. Un essai de stress salin sur la betterave à sucre a été conduit en pots à la Faculté des sciences d'El Jadida, en vue d'étudier l'incidence de l'eau d'irrigation sur la plante et le sol. La présente étude a pour objectif de déterminer d'une part l'effet du chlorure de sodium sur l'évolution de la salinité de la solution du sol et sur la croissance, exprimée en matière sèche de la betterave

ve à sucre Bêta Vulgaris L, et d'autre part l'effet de la salinité de l'eau d'irrigation sur la richesse en sucre de la racine.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Expérimentation

L'essai de l'effet de la salinité sur la betterave à sucre et la qualité du sol a été conduit sur des cultures en pots, en plastique (diamètre externe de 33 cm et hauteur de 29 cm). Les conditions de la culture sont naturelles, la zone de la culture se situe dans l'étage semi-aride. La température fluctue entre 7,9 °C (minimum) en février et 29,5 °C (maximum) en juillet, le mois de la récolte. L'évapotranspiration moyenne est de 7 mm/j en période de pointe. L'augmentation de la salinité est induite par l'addition de NaCl dans l'eau d'irrigation. Le chlorure de sodium est choisi, parce qu'il représente le sel le plus abondant dans les terrains salés et dans les eaux d'irrigation (aussi bien au Maroc que dans d'autres régions du monde). Le semis est fait à raison de 6 graines par pot puis à la levée le nombre est ramené à deux plants par pot. La variété utilisée est Maribomagnapoly multigerme de type E récoltée 170 jours après semis. Le dispositif expérimental adopté est constitué de blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Le bloc est subdivisé en six parcelles élémentaires contenant 7 pots. Chaque solution d'irrigation est affectée à une parcelle (0,6 - 2,9 - 5,8 - 8,7 - 11,68 et 14,6) g/l de NaCl. Ce bloc est répété trois fois (chaque 7 pots représente une répétition, pour chaque solution d'irrigation et pour chaque bloc). Au total on a 126 pots soit 42 pots pour chaque bloc.

Le sol utilisé est caractérisé par une texture limono-sableuse, une salinité initiale faible et un pH faiblement alcalin. Il est bien pourvu en matière organique et pauvre en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (tableau 1).

**Tableau 1 : Caractérisation physico-chimique du sol avant plantation**

| Granulométrie (%) |       |       | Ions solubles de l'extrait aqueux 1/5 (mé/l) |                  |       |   |                 |                |                  |                  |                 |
|-------------------|-------|-------|--|------------------|-------|---|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| argile            | limon | sable | pH eau                                       | CEext aqueux 1/5 | M.O % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable ppm | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Cl <sup>-</sup> |
| 6,3               | 12,6  | 81,1  | 7,75   | 0,225            | 2,12  | 11,33   | 4,03            | 0,36           | 1,2              | 0,4              | 7               |

MO : matière organique

assim: assimilable

CEext aqueux 1/5 : conductivité électrique de l'extrait aqueux au 1/5

Les deux premières semaines, les plants ont été arrosés avec de l'eau distillée. Ensuite, les plantules ont été irriguées avec des solutions de chlorure de sodium à 0,6 - 2,9 - 5,8 - 8,7 - 11,68 et 14,6 g/l, soit une conductivité électrique de l'eau d'irrigation à 25 °C (CEe) respectivement de 1,2 - 4,8 - 10,4 - 13,9 - 20,4 et 24,9 ds/m. Pour les concentrations supérieures à 3 g/l, le NaCl a été apporté à la solution d'arrosage d'une manière fractionnée à raison de 3 g/l de sel toutes les 24 heures, afin de minimiser le choc osmotique. Les concentrations 5,8 - 8,7 - 11,68 et 14,6g/l de NaCl ont été obtenues après 2 - 3 - 4 et 5 jours respectivement.

L'arrosage a été effectué deux fois par semaine à raison de 2 litres par pot (soit une pluviométrie de 23,53 mm) pour

chaque traitement.

Les doses et formes d'engrais qui ont été apportées sont :  
- sulfate d'ammonium (25 %) à raison de 0,11 g/kg de sol ;  
- sulfate de potassium (48 %) à raison de 0,17 g/kg de sol ;  
- supertriphosphate (45 %) à raison de 0,17 g/kg de sol.

Le semis était réalisé simultanément avec un traitement par un insecticide et nématicide (Furadan 5 10-3 g/kg sol). Le long du cycle de la plante deux autres apports d'azote sous forme d'urée 46 % ont été effectués à raison de 0,01 g/kg sol.

### Méthodes d'analyses

#### Sol

Un échantillon composite du sol est prélevé mensuellement à partir de la plantation jusqu'à la récolte, ceci pour chaque traitement et chaque répétition. L'échantillon composite est constitué d'un mélange de 7 prélèvements du sol, chacun d'un niveau de 25 cm de profondeur. Le prélèvement du sol est effectué soigneusement avec une tarière graduée de 10 à 60 cm. la masse du sol prélevé dans chacun des 7 prélèvements est 100 g. Les analyses physico-chimiques du sol sont effectuées selon les normes Afnor. Les ions sodium et potassium sont dosés par photométrie à flamme, le pH et la conductivité électrique sont mesurés respectivement par un pH-mètre (WTW pH 522) et un conductimètre type Hach conductivity TDS mètre 4460000. Les ions chlorures, magnésium et calcium sont dosés par volumétrie.

#### Matériel végétal

Pour chaque traitement quatre plants sont prélevés 170 jours après semis. La matière sèche de la partie aérienne et racinaire est déterminée par séchage dans l'étuve à 70°C pendant 48 heures. L'analyse de la teneur en sucre et ses composantes est effectuée au centre de réception de la Sucrerie des Doukkala, les analyses chimiques sont réalisées à l'aide de la chaîne « Lisabio », sur des échantillons de betterave lavée et râpée: la richesse en sucre selon la méthode Standard (Sachs le Docte à froid) de l'ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis); le sodium et le potassium sont analysés par photométrie à flamme et l'azote - alpha - aminé est dosé à la ninhydrine.

### Traitement statistique des données

L'effet des différentes concentrations de NaCl utilisées dans cet essai est décrit par l'analyse de la variance. La comparaison des moyennes est effectuée par la méthode de Duncan.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Évolution de la salinité du sol

La figure 1 montre que la conductivité électrique de la solu-

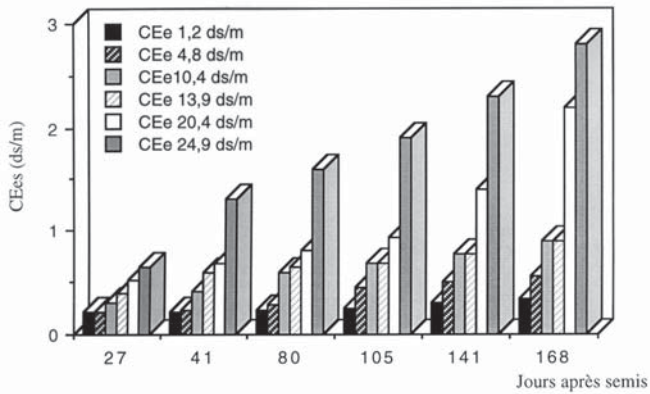


Figure 1 : Évolution de la conductivité électrique de la solution du sol (CEs) de l'extrait aqueux 1/5 en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation.

tion du sol augmente en fonction de la durée du traitement. De plus pour un même prélèvement, la conductivité électrique de la solution du sol varie dans le même sens que celle de la solution d'irrigation. Des résultats similaires ont été obtenus sur d'autres cultures [12, 13 et 14].

Le sodium et les chlorures s'accumulent dans la solution du sol en fonction du temps et de la salinité de l'eau d'irrigation (tableau II). Le classement des moyennes à un niveau de probabilité 5 % montre que les conductivités électriques, de 13,9 à 24,9 ds/m, entraînent les concentrations les plus élevées en sodium et chlorures de la solution du sol pour tous les prélèvements. L'irrigation par l'eau témoin (CEe = 1,2 ds/m) réduit la concentration en potassium de la solution du sol le long du cycle de la betterave à sucre. Ceci est dû au fait que le potassium est utilisé par la plante. L'excès

de sel limite l'approvisionnement de la plante en potassium ce qui explique son accumulation dans la solution du sol parallèlement à l'augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation [15 et 16].

### Effet de la salinité sur la croissance et la teneur en sucre de la betterave à sucre

La croissance est évaluée par la mesure de la matière sèche. La figure 2 montre qu'il y a une croissance importante jusqu'à 4,8 ds/m de conductivité électrique d'eau d'irrigation. Au-delà, la masse de la matière sèche diminue progressivement. Cette chute est plus accentuée au niveau des parties aériennes que racinaires avec une réduction de 48 % et 39 % respectivement. Des résultats similaires sont notés par d'autres auteurs [17].

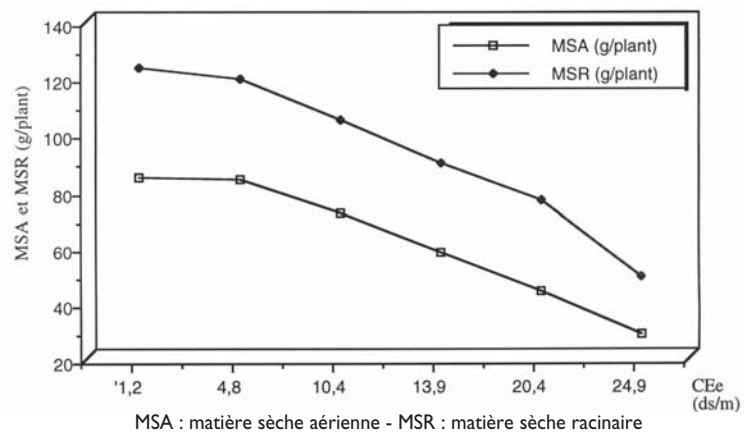


Figure 2 : Évolution de la matière sèche de la partie aérienne et racinaire de la betterave à sucre (g/plant) en fonction de la conductivité électrique de la solution d'irrigation (CEe) à 170 jours après semis

Tableau 2 : Évolution de la concentration en sodium, chlorure et potassium (mé/l) de la solution du sol (extrait aqueux 1/5) en fonction de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (CEe ds/m) et du nombre de jours après semis de la betterave à sucre

| J. a. S       | 27              |                |                 | 80              |                |                 | 141             |                |                 | 168             |                |                 |
|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| CEe ds/m      | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup> |
| 1,2           | 4,04<br>e       | 0,34<br>a      | 6,9<br>f        | 4,37<br>e       | 0,2<br>f       | 7<br>f          | 4,4<br>d        | 0,14<br>e      | 7,1<br>f        | 4,65<br>f       | 0,13<br>d      | 7,2<br>f        |
| 4,8           | 5,54<br>d       | 0,34<br>b      | 7,1<br>e        | 6,07<br>d       | 0,28<br>d      | 7,4<br>e        | 6,3<br>d        | 0,13<br>e      | 8<br>e          | 6,37<br>e       | 0,12<br>d      | 8,7<br>e        |
| 10,4          | 7,2<br>c        | 0,28<br>f      | 7,2<br>d        | 8,1<br>c        | 0,27<br>e      | 7,9<br>d        | 8,42<br>c       | 0,32<br>d      | 8,4<br>d        | 8,42<br>d       | 0,33<br>c      | 9<br>d          |
| 13,9          | 7,6<br>c        | 0,29<br>e      | 7,9<br>c        | 8,4<br>c        | 0,32<br>c      | 10,5<br>c       | 8,9<br>c        | 0,34<br>c      | 12,5<br>c       | 9,13<br>c       | 0,34<br>c      | 13<br>c         |
| 20,4          | 14,5<br>b       | 0,21<br>c      | 8,4<br>b        | 16,23<br>b      | 0,51<br>b      | 14,<br>b        | 17,7<br>b       | 0,89<br>b      | 18,4<br>b       | 17,97<br>b      | 0,89<br>b      | 18,6<br>b       |
| 24,9          | 17,75<br>a      | 0,3<br>d       | 10,8<br>a       | 22,38<br>a      | 0,69<br>a      | 15,2<br>a       | 31,1<br>a       | 1,5<br>a       | 19,6<br>a       | 33,73<br>a      | 1,37<br>a      | 19,7<br>a       |
| CV %          | 2,45            | 2,79           | 0,68            | 5,05            | 0,98           | 0,74            | 8,6             | 3,82           | 0,71            | 2,27            | 4,29           | 0,66            |
| P.P.D.S à 5 % | 0,42            | 0              | 0,1             | 1               | 0              | 0,14            | 2               | 0              | 0,16            | 0,55            | 0,06           | 0,15            |

a, b, c, ... : comparaison des moyennes d'après le test multiple de Duncan.

CV : coefficient de variation

P.P.D.S. : la plus petite différence significative du test multiple de Duncan.

J. a. S. : jours après semis

En présence d'eau salée, la richesse en saccharose (figure 3) (exprimée en % de la matière fraîche) diminue à partir de 4,8 ds/m de conductivité électrique de l'eau d'irrigation. Cette richesse est fortement réduite en présence des fortes concentrations en sel dans l'eau d'irrigation. Elle peut atteindre 54 % de réduction quand la plante est irriguée par une eau de 24,9 ds/m. Norman a montré que sous l'effet de la salinité, il y a une diminution de la croissance qui se traduit par une réduction de la surface foliaire et par conséquent une diminution de la synthèse des sucres au niveau des feuilles [18]. L'approvisionnement de la racine par ces composés via le phloème se trouve diminué ce qui explique en partie la chute de la teneur en saccharose, observée dans la racine. Pour établir le taux de réduction de la richesse en sucre, nous avons utilisé la formule suivante :

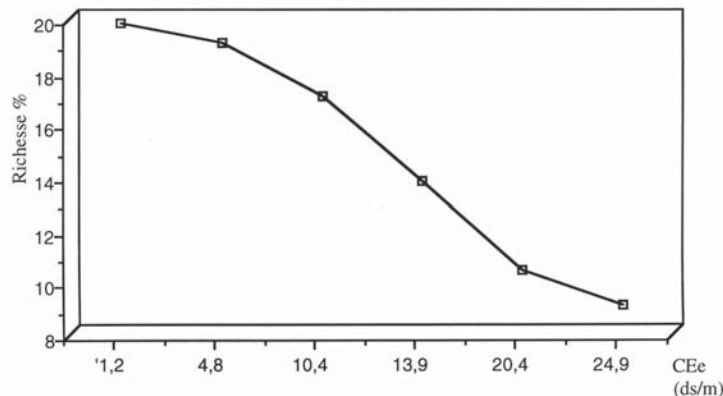
$$\% R_{red} = 100 - \frac{R_{NaCl}}{R_{témoin}} \times 100$$

$R_{red}$  : taux de réduction de la richesse en sucre

$R_{NaCl}$  : richesse en sucre de la racine arrosée avec une solution de NaCl.

$R_{témoin}$  : richesse en sucre de la racine arrosée avec la solution témoin (CEe = 1,2 ds/m).

Au niveau de la racine de la betterave à sucre les

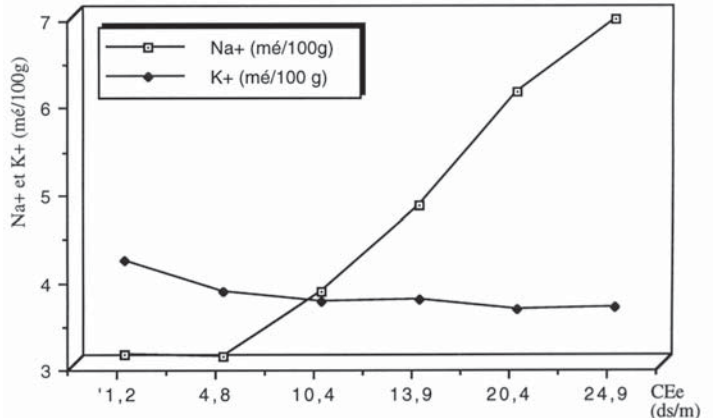


**Figure 3 : Effet de la salinité d'eau d'irrigation (CEe) sur la richesse en sucre (%) de la racine de la betterave à sucre à 170 jours après semis.**

**Tableau 3 : Effet de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation sur la teneur en azote-alpha-aminé de la racine en mé/100 g de râpure**

| CEe ds/m    | N- α -N |
|-------------|---------|
| 1,2         | 2,4 b   |
| 4,8         | 2,33 b  |
| 10,4        | 2,5 b   |
| 13,9        | 2,5 b   |
| 20,4        | 2,54 b  |
| 24,9        | 3,04 a  |
| cv %        | 7,56    |
| p.p.v.s l % | 0,5     |

principales impuretés qui réduisent la quantité du sucre blanc extractible, à l'usine, sont le potassium, le sodium et l'azote-alpha-aminé. L'augmentation de NaCl dans l'eau d'irrigation entraîne une accumulation du sodium qui se traduit par une diminution du potassium dans la racine (figure 4). Ceci reflète les niveaux de concentration du potassium dans la solution du sol pour les traitements appliqués. Il a été observé chez la Betterave à sucre que le sodium est très peu mobile (92,4 % du total absorbé en 48



**Figure 4 : Évolution du sodium et du potassium (mé/100 g) dans la râpure de la racine en fonction de la salinité d'eau d'irrigation (CEe) à 170 jours après semis**

heures restent au site d'application). La recirculation est considérable chez d'autres espèces traitées et en particulier chez le haricot qui exporte 47,2 % vers les autres parties de la plante dont 14,1 % se trouvent au niveau de la solution extérieure [19]. Le sodium peut se substituer fortement à  $K^+$  chez la betterave : Marschner et al étudiant l'effet du remplacement de  $K^+$  par  $Na^+$  constatent que, malgré une absorption préférentielle de  $K^+$  chez la betterave à de fortes concentrations en  $Na^+$ , une quantité importante est remplacée par le sodium [20]. D'autres études sur le blé ont montré que la variété tolérante (Karim) a retenu plus de sodium que la variété sensible (Hyperounda) [21]. Suite aux résultats du tableau 3, il s'est avéré que la salinité d'eau d'irrigation n'a pas d'effet très significatif sur l'azote-alpha aminé. Généralement se sont les apports de fumure azotée minérale du sol qui font croître la teneur en azote soluble alpha-aminé dans les racines, surtout la teneur en glutamine et acide glutamique.

### CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que :

- au niveau du sol, la présence du chlorure de sodium dans l'eau d'irrigation entraîne une augmentation de la salinité du sol à partir d'une conductivité électrique de l'eau d'irrigation de 13,9 ds/m soit 8,76 g/l de NaCl.
- la betterave à sucre a montré une tolérance à la salinité, une concentration de 8,76 g/l de NaCl affecte peu sa croissance. À une concentration de 14,6 g/l de NaCl (soit

