

Irrigation et salinité

Forges M. de

L'eau

Paris : CIHEAM
Options Méditerranéennes; n. 14

1972
pages 40-45

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI010478>

To cite this article / Pour citer cet article

Forges M. de **Irrigation et salinité**. *L'eau*. Paris : CIHEAM, 1972. p. 40-45 (Options Méditerranéennes; n. 14)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

M. de FORGES
 Professeur de Génie Rural
 à l'E.N.S.H.
 Versailles

Irrigation et salinité



Claude Vernet

La salinité peut constituer une gêne majeure au développement de la production agricole, et même, mener à la stérilité des sols. Elle se rencontre en de nombreuses zones du bassin méditerranéen et, pour des raisons qui seront exposées plus loin, il est de plus en plus fréquent d'entendre évoquer les difficultés qu'elle provoque.

Le sujet est vaste, il a donné lieu à une abondante littérature scientifique et technique : il ne saurait être traité en quelques pages. Les lignes qui suivent ne visent qu'à situer la question et à en dégager très brièvement les aspects essentiels.

La salinité est à distinguer de l'alcalinité, que nous ne ferons qu'évoquer, car c'est un phénomène assez complexe mettant en jeu des équilibres chimiques.

Nous aborderons aussi sommairement que possible le côté technique du sujet, ceci nous permettra de saisir l'importance du problème et dans une troisième partie nous verrons les recommandations établies par les spécialistes.

APERÇU SCIENTIFIQUE

Qu'est-ce que la salinité ?

On entend, en général, par salinité une teneur du sol en sels solubles préjudiciable à la production végétale ; d'une façon plus générale, il y a salinité chaque fois que la présence des sels vient modifier la vie végétale ou les caractéristiques des sols.

La liste des sels en cause varie selon le cas de salinité, le plus fréquent en zone semi-aride est d'avoir des chlorures ou des sulfates de sodium ou de magnésium.

Comment évaluer la salinité ?

Le mieux serait de pouvoir doser directement la concentration saline de l'eau existant dans les interstices du sol (solution de sol) et que les plantes ont à leur disposition ; une telle mesure est pratiquement irréalisable et, en outre, elle n'aurait pas un sens précis car, du fait que les plantes absorbent l'eau en laissant les sels, cette concentration varie dans la période séparant deux arrosages.

On préfère effectuer des mesures en laboratoire, sans doute conventionnelles mais faciles à reproduire.

Les deux façons les plus usuelles d'indiquer la valeur de la salinité sont les suivantes :

— rapporter la quantité de sel à un poids connu de sol sec (le plus souvent en grammes de sel par 100 grammes de sol sec). Il sera aisé, connaissant l'humidité du sol au champ, de calculer la concentration de la solution disponible pour la végétation.

— déterminer la conductivité électrique de l'eau s'écoulant d'un échantillon de sol saturé. Connaissant la correspondance entre conductivité électrique et concentration saline (les 2 varient dans le même sens), on peut calculer la salinité de l'eau contenue dans le sol pour une humidité donnée et, à partir de là, on peut évaluer la concentration saline réellement existante au champ. Souvent on se contente d'indiquer la conductivité électrique de l'extrait de saturation (EC, en millimhos par cm à 25 °C) ; une telle valeur ne permet, évidemment, de connaître la salinité moyenne dans le sol que si on sait également les correspondances mentionnées ci-dessus, entre conductivité électrique et teneur en sel.

noter : les horizons supérieurs sont indemnes de sels au début de la mise à l'irrigation, les eaux employées ne sont pas riches en sel — moins de 1 g/l — mais il existe des couches sous-jacentes salées. Or, il est inévitable en irrigation que l'eau percole en profondeur : même si la dose à l'hectare correspond exactement à la consommation de la culture, il est impossible de la répandre de façon rigoureusement uniforme, ce qui signifie que certains points seront sous-alimentés, tandis qu'en d'autres endroits de l'eau s'infiltrera au delà de la zone prospectée par les racines. A partir de ce schéma, nous voyons que si le sous-sol n'est pas assez perméable, une nappe d'eau souterraine va se constituer et son niveau s'élèvera avec le temps, un jour viendra où une communication capillaire s'établira entre cette nappe salée et les horizons cultivés. Ainsi une migration d'humidité vers le haut va entraîner vers les couches supérieures les sels contenus dans la solution ; l'eau s'évaporerait, directement ou en transitant à travers la végétation, et la couche arable deviendrait de plus en plus salée. Dans une telle situation, on peut dire que les apports d'eau d'irrigation ont permis la mobilisation des réserves de sel du proche sous-sol.

Origines de la salinité

Il est commode de distinguer trois hypothèses.

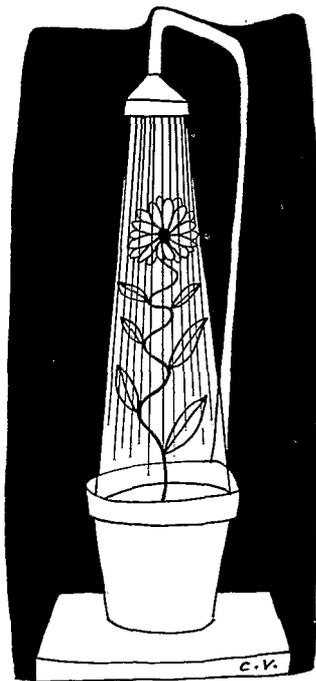
Dans un premier cas, les horizons supérieurs du sol sont salés avant toute intervention humaine. Il est hors de sujet de traiter ici la genèse de cette salinité qui peut avoir diverses causes, marines ou continentales.

Un second cas provient de l'emploi d'eau salée sur des sols initialement sains. Il est aisé de comprendre que si le sol reçoit, par irrigation et par pluie, la quantité d'eau correspondant exactement à la consommation des végétaux et à l'évaporation du sol, les sels que la végétation n'absorbent pas s'accumuleront, car une eau d'irrigation, qu'elle soit de surface ou de profondeur, est toujours minéralisée ne serait-ce que très faiblement.

Il n'est besoin que d'observer ce qui se passe dans la plupart des cas avec une plante en pot, gardée en appartement : après un certain temps, des efflorescences blanchâtres se forment mais elle disparaissent si on apporte un excès d'eau et qu'on le laisse ensuite s'écouler librement.

La salinisation par irrigation n'apparaît pas en zone humide car les eaux employées ne sont pas riches en sels, sauf cas exceptionnel et, qu'en outre, les pluies sont assez abondantes pour lessiver les sols. Il n'en est pas de même en zone aride ou semi-aride car la concentration en sel des eaux utilisées est souvent non négligeable du fait d'une faible pluviométrie, conjuguée à une forte évaporation, et les pluies ne provoquent pas un lessivage suffisant.

Une troisième situation, enfin, est à

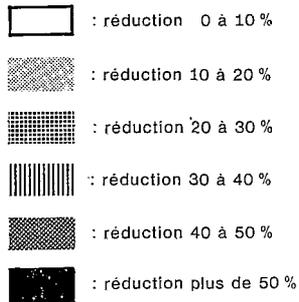


Effets de la salinité

Il faut distinguer deux séries d'effets de la salinité : les uns portent sur les végétaux, les autres sur le sol.

En ce qui concerne la réduction de production due à la salinité, voici à titre d'exemple des résultats observés en Tunisie (extrait d'un rapport technique UNESCO/UNDP intitulé : Recherche et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées).

Légende



Réduction des rendements en fonction de la salure

Culture Rendement par ha égal à 100 %

Artichauts (2 ^e année)	60 000 capitules
Luzerne	68 t de matière verte
Ray-grass	55 t de matière verte
Bersim	55 t de matière verte
Fèves	15 t de gousses vertes
Pastèques	10 t marchandes
Sorgho fourrager	91 t de matière verte
Piments	34 t marchandes
Trèfle de Perse	27 t de matière verte
Maïs	13 t d'épis
Tomates	43 t marchandes

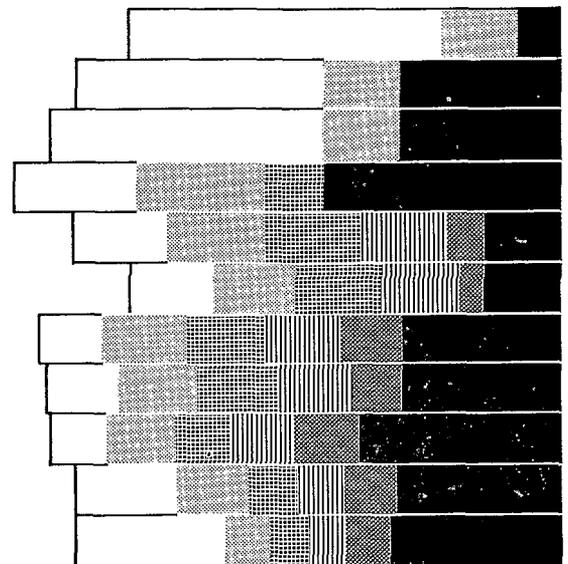
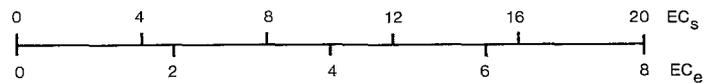
Salure moyenne de l'eau d'irrigation



Culture

Artichauts (2 ^e année)
Luzerne
Ray-grass
Bersim
Piments
Fèves
Pastèques
Trèfle de Perse
Sorgho fourrager
Maïs
Tomates

Salure moyenne du sol



EC_s = Conductivité calculée de la solution du sol exprimé en millimhos par centimètre
 EC_e = Conductivité de l'extrait de saturation exprimé en millimhos par centimètre.

On notera que les réductions sont variables selon les cultures ; on trouve d'ailleurs dans les ouvrages spécialisés une classification de végétaux selon leur résistance au sel.

Le mécanisme de cette action défavorable semble être double, d'une part l'accroissement de tension osmotique dû à la présence du sel gêne l'alimentation hydrique de la plante et vient donc augmenter les risques inhérents à la sécheresse, d'autre part les ions peuvent avoir un effet spécifique sur le métabolisme du végétal qui se trouve ainsi perturbé. De nombreuses études sont en cours dans ce domaine.

Des échanges chimiques ont lieu entre la solution remplissant les interstices du sol et les éléments solides de ce milieu : les ions sodium notamment peuvent être fixés en abondance par le sol et ainsi le terrain devient alcalin. En d'autres termes, la salinité peut, dans certaines conditions de sol et d'eau, donner naissance à l'alcalinité qui va avoir une très mauvaise influence sur la structure du sol. Le phénomène est pratiquement inexistant en terrain très sableux, mais il peut se développer de façon catastrophique en terrain argileux : le sol devient imperméable, bloqué, et il est très difficile de le remettre en état.

IMPORTANCE DE LA SALINITÉ

Différentes raisons font que l'attention se porte davantage sur la salinité aujourd'hui que dans le passé.

Tout d'abord, chacun est conscient de l'urgente nécessité de lutter contre la faim dans le monde et d'améliorer les conditions d'existence et tout particulièrement en faisant croître la production dans les régions semi-arides ; or, la salinité est dans cette partie du monde un facteur défavorable fréquemment rencontré.

Des progrès considérables ont été accomplis en matière de sélection, de fertilisation, de protection des végétaux... ils ont permis de repousser nombre de limitations et ceci a eu pour résultat de mettre en évidence le goulot d'étranglement que peut constituer la salinité. C'est en cela qu'il est délicat de donner le sens exact du mot « salinité » : un cultivateur de serre qui engage des frais énormes à l'hectare pour obtenir une très forte production de haute qualité considère qu'il y a « salinité » pour des teneurs en sel dont l'effet passerait inaperçu dans un sol peu fertile par ailleurs et où l'agriculteur ne peut espérer que des rendements médiocres.

La croissance démographique en certains points du globe conduit à envisager la mise à l'irrigation de zones moins favorisées en matière de salinité.

Enfin l'expérience acquise dans les irrigations sur de vastes surfaces a mis en évidence le danger redoutable que constitue le risque de salinisation. La méconnaissance de ce péril a engendré des erreurs dont les conséquences défavorables n'ont apparu qu'après une pé-

riode parfois assez longue ; il devient alors extrêmement difficile, voire même impossible à court terme, parfois même à moyen terme, d'enrayer le processus.

De nombreux spécialistes ont attiré l'attention internationale sur le fait que chaque année des surfaces importantes sont perdues pour la culture et que ces échecs viennent en déduction des travaux de mise en valeur, parfois fort onéreux. En d'autres termes, il faut veiller à assurer « a permanent successful irrigation », et cela implique souvent en zone aride des précautions appropriées quant à la salinité.

Devant l'ampleur du problème et la gravité de la question pour le développement mondial, des organisations internationales ont suscité des rencontres entre spécialistes afin de confronter les opinions et de mettre au point des règles générales pour rendre plus efficace la lutte contre les risques de salinité. En effet, de nombreux pays ont des laboratoires et des services spécialisés dans ce domaine mais les théories et les méthodes présentent quelques divergences.

On doit signaler dans cet esprit le travail de synthèse que représente le « Manuel international d'irrigation et de drainage des terres arides en relation avec la salinité et l'alcalinité ». Cet important document, qui résulte d'un projet conjoint FAO/UNESCO, représente la collaboration de plus de 100 scientifiques appartenant à 25 pays différents.

Dans le bassin méditerranéen, une étude systématique a été conduite par la Tunisie avec l'appui d'un projet du PNUD dont l'Unesco avait la charge. Pendant 7 années des expérimentations effectuées avec une rigueur scientifique de manière à garantir la signification des résultats ont été réalisées sur des parcelles de dimensions analogues à celles rencontrées dans des exploitations normales. En particulier, il a été possible de suivre les échanges hydriques et salins sur une parcelle de 4 hectares.

Les conclusions qui se sont dégagées de ce projet sont nettes et très encourageantes. Elles se confirment car les services tunisiens continuent à suivre la question : un projet PNUD, dont la charge est confiée à la FAO, a en effet pour but de diffuser les connaissances acquises en vue « d'améliorer les techniques d'irrigation et de drainage ». Il est démontré que les eaux titrant en moyenne 2,5 g au litre pouvaient être employées en terre forte ; des eaux à 4 g/l et à 6 g/l ont également été employées avec succès dans des terres respectivement moyenne et légère. Ces résultats ne sont malheureusement pas transposables dans d'autres pays sans des observations complémentaires : toutefois, ils sont fort intéressants pour beaucoup de zones méditerranéennes qui ont des caractéristiques similaires à celles des régions tunisiennes où les recherches se sont déroulées, à savoir : emploi d'eau saumâtre sur des terrains salés ou non mais non alcalins, un rapport calcium-sodium favorable en général en ce qui concerne le sol aussi bien que les eaux et enfin des orages groupés ayant une action lessivante.

RÈGLES TECHNIQUES A OBSERVER EN CAS DE SALINITÉ

L'expérience acquise dans de nombreux pays a pu être exploitée de façon rationnelle grâce aux échanges de vues mentionnés, les expérimentations récentes sont venues confirmer certaines conclusions et apporter des précisions intéressantes, il est donc possible de dégager des règles de sécurité. Il reste, évidemment, à faire des recherches complémentaires qui permettront sans doute de travailler en prenant des marges de prudence moins importantes, mais dans l'état actuel des connaissances il est prouvé que l'observation de recommandations élémentaires peut écarter les risques de salinisation.

Tout d'abord, il est clair que le choix des spéculations doit tenir compte de la salinité et, comme nous l'avons déjà mentionné, les traités d'irrigation spécialisés fournissent des tableaux donnant la classification des cultures selon leur résistance aux sels.

C'est surtout sur l'aspect hydrologique que nous voudrions insister ici. Les migrations de sels solubles se faisant par voie liquide, la salinité est directement liée aux mouvements de l'eau dans le sol.

Comme l'a montré le bref aperçu théorique, la salinité ne peut pas se développer gravement si les apports d'eau, par pluie et par irrigation, sont nettement supérieurs à la quantité consommée — ce terme étant pris au sens large — par la surface cultivée et si les conditions d'écoulement souterrain permettent un bon entraînement au loin de la solution salée qui percole. Un régime d'alimentation hydrique excédentaire et comprenant des apports fréquents mais ne provoquant cependant pas de saturations, mises à part celles observées en cours d'irrigation, a pour résultat de maintenir l'humidité à niveau tel que la plante ne souffre pas de restriction dans son alimentation hydrique malgré la tension osmotique due à la présence de sels.

Si ces conditions sont réalisées de façon homogène, il sera possible d'utiliser des eaux légèrement saumâtres sans inconvénient apparent comme il a été dit plus haut. Il n'en reste pas moins que la salinité est un facteur défavorable et que si elle s'élève, il faut accepter des réductions de rendement parfois substantiels. En d'autres termes, il y a tout un échelonnement entre la production maximale et l'absence de récolte.

Voyons comment ces principes peuvent être mis en application. Nous pouvons tout d'abord examiner les règles relatives au régime hydrique, puis évoquer les précautions et contrôles nécessaires et enfin discuter de la programmation du lessivage.

Irrigation et drainage

Une bonne connaissance de la teneur en sel des eaux d'irrigation et des relevés pluviométriques portant sur un assez

grand nombre d'années sont indispensables pour calculer les quantités d'eau à apporter.

Le raisonnement de base pour une période donnée est le suivant : considérons une surface donnée (1 hectare par exemple) et désignons par

I : le volume d'eau apporté ;
 C_t : la teneur en sel de cette eau ;
 P : le volume d'eau de pluie reçu ;
 D : le volume d'eau drainé ;
 C_d : la teneur en sel de cette eau (qui est en rapport direct avec celle de l'eau disponible pour la végétation) ;
 E : le volume d'eau évaporé ;

il n'y aura pas accumulation de sel si

$$I.C_t = D.C_d$$

par ailleurs, on a :

$$D = I + P - E$$

Connaissant C_t , P et E, il est possible, grâce à ces équations, de calculer I, à condition de se fixer la salinité maximale des eaux de drainage (C_d) qui est en relation avec celle de l'eau disponible pour les plantes ainsi que nous l'avons vu.

Si l'étude des terrains montre que l'écoulement des eaux excédentaires (D) ne se fera pas spontanément, il faut envisager la mise en place d'un système de drainage.

Qualité des irrigations

L'apport sur le terrain doit non seulement être correct quant à la quantité mais aussi être homogène : il ne servirait à rien de mettre « à l'hectare » des quantités suffisantes si elles sont mal réparties, il faut insister sur ce point car si cette règle n'est pas observée on peut arriver tout en consommant trop d'eau à avoir des zones sous-irriguées, donc non « lessivées », tandis qu'en d'autres points l'eau percole inutilement et parfois même en provoquant des saturations de longue durée. Avec les méthodes de surface, il faut s'assurer que le nivellement est bon car aucun travail correct n'est possible sans cette condition préalable. L'emploi de l'aspersion est très discuté ; cette méthode, bien appliquée, en veillant à ce que la régularité soit bonne compte tenu du régime des vents (emploi de brisevents, réseau serré...) permet de satisfaire à la condition précédente mais la présence d'eau salée sur les organes aériens des végétaux peut engendrer des ennuis (brûlure, trouble du métabolisme...). Il semble toutefois que les li-



C. V.

mites d'emploi soient plus larges qu'on ne le pensait, il faut donc étudier en détail cette hypothèse au vu des conditions locales. Rappelons que la méthode est sans inconvénient pour assurer la germination et qu'elle peut donc venir en adjuvant des méthodes de surface, lorsqu'il s'agit d'apporter de faibles doses après semis.

Capacité du système de drainage

Si le terrain n'est pas « naturellement drainant », il faut prévoir un drainage artificiel car la création d'une nappe est à éviter d'une façon absolue. L'objectif n'est pas exactement le même en zone aride qu'en pays humides : il s'agit, dans le cas de la salinité, d'éviter que le niveau de la nappe se stabilise à une profondeur telle que des transits d'humidité vers la surface prennent une proportion gênante puisqu'on cherche toujours à repousser les sels vers le bas, mais en revanche le temps de rabattement, après une montée de la nappe, due par exemple à une surirrigation volontaire, peut sans inconvénient être plus long que celui adopté dans les projets établis en zone humide où il faut désaturer rapidement la couche arable. Cette observation conduira à avoir un réseau profond mais avec d'assez grands espacements entre les files de drains.

Précautions et contrôles

Le risque de salinité oblige à être particulièrement vigilant sur un certain nombre de points et à disposer de données assez précises quant aux conditions climatiques, afin de pouvoir faire les calculs précédemment mentionnés. Par exemple, une bonne connaissance des besoins en eau des cultures est un élément nécessaire à l'établissement du programme d'irrigation.

La tenue technique des réseaux d'irrigation et éventuellement de drainage doit être l'objet de soins continus. Tout ce qui peut entraîner des percolations inutiles ou gêner l'évacuation des eaux saturantes, doit être évité. Un jaugeage est nécessaire pour travailler rationnellement.

L'observation de l'évolution de la composition chimique des eaux d'irrigation et de drainage doit être prévue. Il peut arriver par exemple que des eaux de forage changent de composition par suite de mélange de nappes ou d'inclusions marines.

S'il y a une nappe, ou un risque de formation de nappe, un réseau de piézomètres doit être mis en place.

Programmation du lessivage

L'alcalinité étant mise à part, pour des raisons déjà exposées, si nous considérons un sol bien drainé, naturellement ou artificiellement, et que nous ayons la possibilité de réaliser un régime d'approvisionnement hydrique intensif (apports

fréquents) et légèrement excédentaire eu égard à la consommation de la culture, il est aisé de juguler la salinité, même en employant des eaux légèrement saumâtres (cf. les exemples précédents).

Mais la difficulté provient du fait qu'en zone semi-aride, les ressources hydriques sont en général limitées ; il s'agit donc de maîtriser la salinité en dépensant le moins d'eau possible : il faut renoncer à une surirrigation permanente et admettre une croissance saisonnière de la salinité, étant entendu qu'à chaque début de saison sèche on revient sensiblement aux mêmes taux de salure.

Cette façon de procéder paraît la meilleure pour deux raisons :

— l'expérience montre que pour beaucoup de plantes pérennes une augmentation de la salinité en fin de cycle cultural n'entraîne pas un abaissement sensible de la récolte. Le végétal est marqué plus ou moins fortement par la salinité, selon les périodes de sa vie ;

— un entraînement léger des sels se produit pendant la saison des arrosages

car l'efficacité des apports n'est jamais parfaite ; l'accumulation modérée qui aura cependant eu lieu pourra être éliminée par des irrigations en dehors des saisons des pointes de demande d'eau. Il est possible d'ailleurs que les pluies d'hiver aient pour résultat une désalinisation suffisante ; notons en passant que pour tirer le meilleur parti des pluies, il est bon qu'à l'entrée dans la saison des précipitations, le sol ne soit pas desséché : la formation de fentes de retrait entraîne, en effet, le cheminement rapide de l'eau par des directions privilégiées et nuit donc à l'efficacité des pluies.

Une minéralisation modérée des eaux est une contrainte en irrigation, mais n'est pas un obstacle essentiel et ne constitue pas un danger inexorable.

La salinité nécessite un esprit de vigilance, une lutte préventive (qualité des irrigations et du drainage, campagnes d'analyses...) et si l'évolution est défavorable, une lutte curative (lessivage). Elle oblige à établir un plan particulièrement rationnel de l'emploi des terres et des eaux.

