

ANALYSE D'EAU POUR FIN D'IRRIGATION

Par Isabelle Couture
MAPAQ Montérégie-Est

Il y a trois grandes catégories de source d'eau :

- 1- les réseaux d'aqueducs municipaux
- 2- les eaux souterraines
- 3- les eaux de surface

Les eaux de surface :

- ☞☞ ruisseaux et petites rivières
- ☞☞ étangs de ferme
- ☞☞ lacs
- ☞☞ citernes de récupération

Les eaux souterraines :

- ☞☞ puits peu profonds
- ☞☞ puits artésiens

Dans ce texte, nous nous attarderons davantage à la qualité de l'eau des puits artésiens pour fin d'irrigation.

Cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation

- 1- SALINITÉ : Contenu total en sel soluble
- 2- SODIUM : Proportion relative des cations sodium (Na^+) par rapport aux autres
- 3- ALCALINITÉ et la DURETÉ : Concentration d'anions Carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) en relation avec la concentration en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+})
- 4- CONCENTRATION EN ÉLÉMENTS QUI PEUVENT ÊTRE TOXIQUES
- 5- pH DE L'EAU D'IRRIGATION

Les deux premiers critères sont d'importance majeure car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration.

SALINITÉ

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La SALINITÉ peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm). L'ancien nom de cette unité est le mho. Un mmho/cm est l'équivalent de 1 mS/cm qui est l'équivalent de 1 desiemens par mètre (dS/m) et en moyenne, à 640 ppm de sel.

SODIUM : Proportion relative des cations sodium (Na+) par rapport aux autres

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation.

Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau. La perméabilité des sols sableux peut ne pas se détériorer aussi vite que les sols plus lourds lorsque irrigués avec une eau de forte teneur en sodium, cependant un problème potentiel existe.

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques unes.

De grande quantité de sodium combiné avec du chlorure donne à l'eau un goût salé. Si l'eau passe par un système d'aspersion et que le calcium et le magnésium sont bas, des teneurs moyennes à élevées de sodium peuvent défolier les plantes sensibles.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption du sodium (RAS). Le RAS décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

Voici la façon dont on calcule le RAS (le sodium, le calcium, et le magnésium sont exprimé en meq/L) :

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}}$$

De l'eau avec un RAS de plus de 9, ne devrait pas être utilisée même si le contenu total en sel est relativement bas. Un usage continue d'eau avec un RAS élevé provoque une déstructuration du sol.

L'eau avec un RAS se situant entre 0 et 6 peut généralement être utilisée sur tout type de sol avec peu de problème d'accumulation de sodium. Quand le RAS se situe entre 6 et 9, les risques de problème reliés avec la perméabilité du sol augmentent. Dans ce cas, le sol devrait être échantillonné tous les 1 ou 2 ans pour déterminer si l'eau augmente la teneur en sodium du sol.

Lorsque l'eau d'irrigation est saline, une valeur de RAS encore plus basse devrait être utilisée. Les problèmes dus au sodium sont aussi reliés à la concentration totale en sel de l'eau d'irrigation. Par conséquent, des eaux d'irrigation avec des salinités entre 1,5 et 3,00 mS/cm avec un RAS au-dessus de 4 doivent être utilisé avec prudence. Des échantillons de sols doivent être prélevés annuellement afin d'éviter d'éventuels problèmes de salinité des sols.

ALCALINITÉ et DURETÉ:

Alcalinité

L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, c'est un peu comme le «pouvoir tampon de l'eau». En d'autres termes, l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de pH. Le pouvoir neutralisant de

l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonates de calcium et de magnésium dissous dans l'eau (également dans une moindre mesure, des hydroxydes, des bases organiques, des borates, des ions ammoniums, phosphates et silicates) . Tant que l'acide n'a pas maîtrisé les ions responsables de l'alcalinité, le pH ne bouge pratiquement pas. Une fois le processus d'acidification enclenché, la réaction produit alors de l'eau (H₂O), du dioxyde de carbone (CO₂) qui est libéré dans l'air ainsi que le cation accompagnateur (soit le calcium ou le magnésium).

L'alcalinité de l'eau est généralement exprimé en ppm (mg/L) de carbonate de calcium (CaCO₃).

Tableau 1 : Quantité d'acide nécessaire pour réduire le pH de l'eau à 5,0

Échantillon	pH initial de l'eau	Alcalinité (ppm de CaCO ₃)	Quantité d'acide nécessaire en ml de NH ₂ SO ₄
A	9,3	71	1,2
B	8,3	310	6,0

Source :Treating Irrigation Water.

<http://aggie-horticulture.tamu.edu/greenhouse/nursery/guides/green/treat.htm>

Quand vous ajoutez de l'acide pour neutraliser l'alcalinité, vous libérez du fait même le calcium et le magnésium qui, sinon, restent emprisonnés par le carbonate. Vous comprendrez alors qu'il est très important de «casser» cette alcalinité qui empêche le calcium et le magnésium d'être disponibles à la plante. Si on ne le fait pas, en séchant, tous les carbonates se transforment automatiquement en chaux calcique et dolomitique...Ce qui laisse des dépôts calcaires qui peuvent colmater les systèmes d'aspersion ou de goutte à goutte ou encore, des traces blanchâtres sur les feuilles si vous arrosez par aspersion.

Eau dure : Calcium et magnésium

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Ces deux éléments proviennent de l'altération de la roche-mère. La teneur en calcium est habituellement plus élevée que le magnésium dans les eaux souterraines. Par contre, là où on trouve de la contamination par l'eau de mer, la concentration en magnésium peut être plus élevée que celle du calcium.

En général, une eau dure n'est pas souhaitable pour l'usage domestique car elle réduit de beaucoup l'efficacité des savons. Par contre, en agriculture, une eau dure aide le sol à conserver une bonne structure par les ponts calciques.

Au Québec, une eau riche en calcium et en magnésium possède généralement des quantités équivalentes de bicarbonate ou de carbonate, lesquelles lui confèrent une alcalinité élevée. C'est là où le bât blesse! Lorsque l'alcalinité est élevée, le calcium et le magnésium sont les deux principaux éléments qui causent des problèmes d'eau incrustante et qui peuvent progressivement obstrués les goutteurs par des dépôts calcaires.

Il arrive toutefois que la dureté de l'eau soit élevée sans pour autant que son alcalinité le soit. C'est le cas lorsque le calcium et le magnésium de l'eau sont sous forme de sulfates et de chlorures.

La dureté est généralement exprimée sous forme d'équivalents de carbonate de calcium (CaCO₃) en ppm ou en mg/L.

Tableau 2 : Degré relatif de dureté de l'eau selon la quantité de carbonate de calcium

Dureté (ppm CaCO ₃)	Degré relatif de dureté
0-50	Très douce
50-100	douce
100-200	Modérément douce
200-300	dure
300 et plus	Très dure

Source : CRAAQ, 2003. Guide de production des annuelles en caissettes 313p.

ÉLÉMENTS TOXIQUES

Certains éléments de l'eau d'irrigation peuvent être directement toxiques à la culture. Établir des limites de toxicité pour l'eau d'irrigation est compliqué de par les réactions qui peuvent se passer quand l'eau atteint le sol. Les éléments potentiellement dangereux de l'eau peuvent être inactivés par des réactions chimiques ou bien s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des niveaux de toxicité pour les plantes.

Le bore, le sodium et le chlore sont à surveiller

Des excès en bore sont presque tout le temps associés à des puits très profonds qui ont également une forte salinité. Une eau d'irrigation contenant plus de 1 ppm de bore (B) peut causer une accumulation toxique pour les cultures sensibles, tel l'ail, l'oignon, les haricots et les fraises.

Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, à plus forte raison lorsque c'est par aspersion.

Sulfate : Le soufre est rarement toxique pour les plantes

Les plantes sont très tolérantes aux sulfates. Leur concentration est généralement mesurée afin d'en prévenir les carences plutôt que d'en vérifier les excès potentiels. Des carences en soufre peuvent être appréhendées si l'eau d'irrigation contient moins de 48 ppm de sulfates.

pH DE L'EAU D'IRRIGATION

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène de la solution (H⁺). Il est représenté par une expression logarithmique, c'est donc dire que la concentration en H⁺, à pH 6,0 est 10 fois plus grande que celle à pH 7,0 et 100 fois plus grande que celle à pH 8,0. Plus la concentration en ion hydrogène est élevée, plus le pH est bas et plus c'est acide.

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale.

Afin de baisser le pH, il est possible d'injecter de l'acide. L'acide phosphorique et l'acide nitrique peuvent être utilisés mais l'acide sulfurique reste l'acide le plus populaire (l'acide sulfurique à 35% est de l'acide à batterie). Afin de calculer la quantité d'acide nécessaire pour abaisser le pH à la valeur désirée, on peut prendre un seau de 10L rempli d'eau d'irrigation et tranquillement rajouter l'acide en prenant soin de bien mélanger la solution. On mesure alors la pH de la solution jusqu'à ce qu'on obtienne le pH souhaité. La quantité d'acide nécessaire peut être très minime. Aussi peu que 0,5 once d'acide sulfurique peut réduire le pH de 7,0 à 4,0. Par la suite quand la quantité d'acide a été déterminée pour faire baisser le pH de notre échantillon, il nous reste à faire une règle de 3 pour corriger le volume total d'eau qui passe dans le système.

NORMES D'INTERPRÉTATION D'UNE ANALYSE D'EAU

Le tableau ci-bas résume les valeurs acceptables pour différents éléments trouvés dans l'eau d'irrigation. Ce sont des valeurs souhaitables lorsque l'eau est utilisée de façon continue. Les seuils pourraient être plus élevés lorsque l'eau d'irrigation est utilisée seulement en période de sécheresse. Par contre, des échantillonnages de sol devraient, dans ce cas, se faire plus fréquemment afin d'éviter l'accumulation d'éléments non désirables dans le sol.

Tableau 3 : Norme d'interprétation d'une analyse d'eau pour la production de plantes annuelles.

Paramètres	Concentration maximale
Alcalinité (CaCO ₃)	1 à 100 ppm (pas supérieur à 200)
Aluminium (Al ³⁺)	0 à 5 ppm
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	30 à 50 (pas supérieur à 150)
Bore (B)	0,2 à 0,5 (pas supérieur à 0,8)
Calcium (Ca ²⁺)	40 à 120 ppm
Chlore (Cl ⁻)	0-100 ppm (pas supérieur à 140)
Cuivre (Cu ²⁺)	0,08 – 0,15 ppm (pas supérieur à 0,2)
Fluor (F ⁻)	0 (pas supérieur à 1)
Fer (Fe ³⁺)	1 à 2 ppm (pas supérieur à 5)
Magnésium (Mg ²⁺)	6 à 25 ppm
Manganèse (Mn ²⁺)	0,2 à 0,7 ppm (pas supérieur à 2)
Molybdène (Mo)	0,02 à 0,05 ppm (pas supérieur à 0,07)
pH	5 à 7
Potassium (K ⁺)	0,5 à 5 ppm
Ratio d'absorption du sodium (RAS)	0 à 4 ppm
Sodium (Na ⁺)	0 à 30 ppm (pas supérieur à 50)
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	24 à 240
Matière dissoute totale	70 à 700 ppm (pas supérieur à 875)
Zinc (Zn ²⁺)	0,1 à 0,2 ppm (pas supérieur à 2,0)
Salinité (mS)	Inférieur à 1,0-1,5

H.G. Peterson 1999. Water quality and Micro-irrigation for horticulture. Agriculture et Agroalimentaire Canada.
http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_e.htm

CRAAQ, 2003. Guide de production des annuelles en caissettes 313p.

Tableau 4 : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation

Type de problèmes	Sévérité du problème		
	Aucune	Légère	Elevée
Salinité			
Conductivité (dS/m)	<0,75	0,75-3,0	>3
Matières dissoutes totales (mg/litre)	<700	700-2000	>2000
RAS (Ration d'Absorption du Sodium)	<3	3-9	>9
Alcalinité ou dureté (équivalent en CaCO ₃)	80-120		>200
pH (risque de collematage)	<7,0	7-8	>8,0
Fe mg/l (risque de collematage)	<0,2	0,2-1,5	>1,5
Manganèse mg/L (risque de collematage)	<0,1	0,1-1,5	>1,5

Source : Maynard D. N. et G. J. Hochmuth, 1997. Knott's Handbook for Vegetable growers. 582p.

Peterson, H.G. Water quality Fact Sheet: Irrigation and Salinity, Agriculture et Agroalimentaire Canada (<http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr.htm>), 4p.

Rogers Danny H., Freddie R. Lamm et Mahbub Alaam. Irrigation Management Series, subsurface drip irrigation Systems (SDI) Water Quality Assessment Guidelines. Kansas State University. (<http://www.oznet.ksu.edu/library/ageng2/mf2575.pdf>), 8p.

Quelques conseils techniques pour l'irrigation avec de l'eau saline ou avec de fortes concentrations en sodium

Si une eau de pauvre qualité est utilisée pour l'irrigation, une ou plusieurs de ces pratiques peuvent être nécessaires afin d'éviter les problèmes pouvant limiter les rendements de la culture.

S'assurer d'un bon drainage souterrain. Si une couche indurée restreint le mouvement de l'eau à travers la zone racinaire, l'eau avec un RAS supérieure à 6 ou une salinité de 1,5 mmho/s ne devrait pas être utilisée.

Ne pas permettre au sol de s'assécher outre mesure car étant donné la salinité, la plante ne peut prélever autant d'eau qu'en situation normale.

Échantillonner régulièrement le sol afin de suivre l'évolution du sodium.

Usage restreint: utiliser seulement en période de sécheresse ou quand les autres sources d'eau manquent.

Parfois le coût et le risque est trop important pour qu'on puisse utiliser l'eau.

Pour déterminer la qualité horticole d'une eau d'irrigation, un échantillon de 250 ml est suffisant. Les bouteilles de plastique (polyéthylène ou polypropylène) sont recommandées alors que celles en verre sont à proscrire car certains types de verre peuvent contaminer l'échantillon en bore. Remplir les bouteilles à ras bord de façon à empêcher la présence de toutes bulles d'air qui pourraient oxyder certains éléments minéraux.

Demandez une analyse complète ainsi que la teneur en chlorure et en bicarbonate.

Pour terminer, bien s'informer avant de creuser un puits peut éviter des surprises désagréables. Les foreurs régionaux et les propriétés voisines sont de très bonnes sources d'information.

Liste de Laboratoires d'analyses au Québec (la liste n'est pas exhaustive)

Agridirect inc. Laboratoire Agroalimentaire
602, Place Trans-Canada
Longueuil (Québec)
J4G 1P1
Tél. : (450) 674-5046

Laboratoire Géosol
100, fisher, 2^e étage
Mont-Saint-Hilaire (Québec)
J3G 4S6
Tél. : (450) 464-2522

Les Laboratoires Maska inc.
2015, boul. Laframboise,
bureau 102,
Saint-Hyacinthe (Québec)
J2S 4X3
Tél : (450) 261-1468

Agri Quanta inc.
Laboratoire agricole
74, Dansereau
Saint-Ours (Québec)
J0G 1P0
Tél. : (450) 785-2013

Bibliographie :

- ⌘⌘ Lambert, Liette, 2000. Acides, engrais et mystères...MAPAQ St-Rémi 17 p.
- ⌘⌘ CRAAQ, 2003. Guide de production des annuelles en caissettes 313p.
- ⌘⌘ Maynard D. N. et G. J. Hochmuth, 1997. Knott's Handbook for Vegetable growers. 582p.
- ⌘⌘ Peterson, H.G. Water quality Fact Sheet: Irrigation and Salinity, Agriculture et Agroalimentaire Canada (<http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr.htm>), 4p.
- ⌘⌘ Rogers Danny H., Freddie R. Lamm et Mahbub Alaam. Irrigation Management Series, subsurface drip irrigation Systems (SDI) Water Quality Assessment Guidelines. Kansas State University. (<http://www.oznet.ksu.edu/library/ageng2/mf2575.pdf>), 8p.

- ⌘⌘ Peterson, H.G. Water quality and Micro-irrigation for Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_e.htm 4p.

- ⌘⌘ Wilkerson, Don. Monitoring the quality of irrigation water. Texas A&M University. <http://greenbeam.com/cyberconference/water-quality.html> 3p.

- ⌘⌘ Hergert Gary W. et D. Knudsen. Irrigation Water Quality Criteria. University of Nebraska Lincoln. <http://www.ianr.unl.edu/pubs/water/g328.htm> 5p.

- ⌘⌘ Thomas James G. Irrigation Water Quality Guidelines for Mississippi. Mississippi State University Extension Service. <http://msucares.com/pubs/publications/pub1502.htm> 4p.

- ⌘⌘ Whipker, Brian. Irrigation water quality for container-grown plants. Iowa State University Horticulture Guide. <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1699.pdf> 4p.

- ⌘⌘ Grattan Stephen R. Irrigation water salinity and crop production. University of California, Agriculture and Natural Resources. anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8066.pdf 9 p.