

COLLOQUE SUR L'IRRIGATION
L'EAU, SOURCE DE QUALITÉ ET DE RENDEMENT

Le vendredi 10 février 2006, Hôtel Mortagne, Boucherville

Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation

Isabelle COUTURE, agr., M.Sc.

Conseillère en production maraîchère

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Direction régionale de la Montérégie, secteur est

Saint-Hyacinthe (Québec)

Note : Cette conférence a été présentée lors de l'événement
et a été publiée dans le cahier des conférences.

Vous retrouverez ce
document sur le site
Agrireseau.qc.ca



PRINCIPAUX CRITÈRES POUR ÉVALUER LA QUALITÉ DE L'EAU EN MICRO-IRRIGATION

IL Y A TROIS GRANDES CATÉGORIES DE SOURCE D'EAU :

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

Les eaux de surface :

- Ruisseaux et petites rivières
- Étangs de ferme
- Lacs
- Citernes de récupération

Les eaux souterraines :

- Puits peu profonds
- Puits artésiens

On doit connaître les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau utilisée en micro-irrigation afin d'éviter des effets négatifs sur les plantes et le colmatage des émetteurs goutte-à-goutte.

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Il s'agit des particules de sol en suspension dans l'eau. Si aucune précaution n'est prise, ces matières peuvent obstruer progressivement les émetteurs des tuyaux goutte-à-goutte qui ont de très petits orifices. Ce problème se présente le plus souvent lorsqu'on s'approvisionne avec une eau de surface. Les sédiments sont aspirés par la pompe ou entrent en suspension à la suite de l'agitation de l'eau. Un bon système de filtration peut empêcher ces particules d'entrer massivement dans le réseau d'irrigation. À cet égard, les fournisseurs d'équipement de filtration sont en mesure de bien vous conseiller. La règle du pouce indique que les filtres doivent retenir des particules qui sont jusqu'à dix fois plus petites que le plus petit orifice d'un goutteur qui a environ 1 mm de diamètre. Les particules qui ne sont pas retenues par les filtres sont alors le plus souvent éjectées par les goutteurs à écoulement turbulent généralement utilisés.

Peu importe d'où vient notre eau d'irrigation, on aura toujours au moins un filtre à disque ou à tamis (filtre 200 *mesh* ou silice n° 16). Si on s'alimente d'un étang ou d'un cours d'eau, où

l'eau a généralement davantage de matière organique en suspension, on installera aussi des filtres au sable (*media filter*), placés en amont du filtre à tamis (voir l'annexe 1 et les figures).

Les filtres, même automatiques, nécessitent de l'entretien. Il faut les contre-laver ou les nettoyer régulièrement et remplacer périodiquement leurs éléments filtrants.

Les particules fines admises dans le réseau doivent être délogées en débloquent les lignes et en les laissant couler librement vers l'extérieur. Le nettoyage se fait en plusieurs étapes en ouvrant chacune des lignes individuellement et non pas toutes ensemble.

Tableau 1 : Programme de nettoyage des conduites

Durée du nettoyage (minutes par zone d'arrosage)	Fréquence du nettoyage
20 minutes	Printemps (démarrage initial)
20 minutes	Automne (vidange)
10 minutes	Toutes les 50 heures
Selon le réseau	Après la fertigation

Source : Bulletin technique 18. Le colmatage des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte, CPVQ

En plus des caractéristiques physiques, il faut connaître les caractéristiques minérales ou chimiques de l'eau d'irrigation. Elles influencent en effet le risque de colmatage, l'efficacité de la fertigation et la croissance des plantes.

En général, les risques de colmatage chimique sont davantage élevés avec les eaux souterraines à cause de leur teneur élevée en minéraux.

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES 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 DURETÉ : concentration d'anions Carbonate (CO₃²⁻) et bicarbonate.
- 4- (HCO₃⁻) en relation avec la concentration en calcium (Ca²⁺) et en magnésium (Mg²⁻).
- 5- pH DE L'EAU D'IRRIGATION.
- 6- AUTRES ÉLÉMENTS.

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^+), de potassium (K^+), 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) exprimées 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.

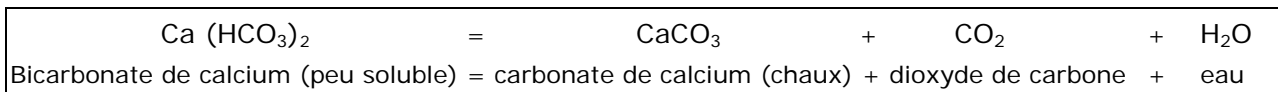
Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol, ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau.

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.

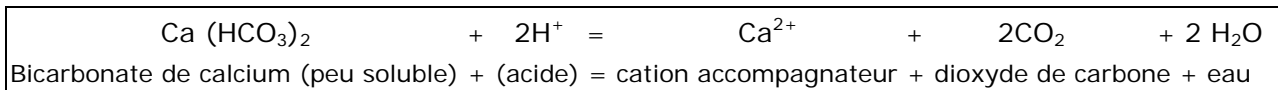
Alcalinité et dureté

L'alcalinité et la dureté sont deux notions intimement liées au risque de colmatage du système goutte-à-goutte. 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. L'alcalinité, quant à elle, est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, c'est un peu comme le « pouvoir tampon de l'eau ». Au Québec, une eau riche en calcium et en magnésium possède généralement des quantités équivalentes de bicarbonates ou de carbonates, lesquelles lui confèrent une alcalinité élevée. Et c'est là que le bât blesse...

Les bicarbonates de calcium et de magnésium sont relativement peu solubles dans l'eau.



Lorsque l'eau des goutteurs s'évapore, ou encore lorsque le pH ou la température de l'eau d'irrigation change un peu, le bicarbonate de calcium et de magnésium précipite sous forme de paillettes. Celles-ci migrent à travers le réseau et se déposent à l'intérieur des goutteurs, provoquant peu à peu leur colmatage. Pour contrer ce risque, on doit descendre le pH de l'eau sous le pH 7. Des traitements périodiques à l'acide nitrique ou sulfurique vont éliminer ces dépôts. Une fois le processus d'acidification enclenché, la réaction produit alors de l'eau (H_2O), du dioxyde de carbone (CO_2) qui est libéré dans l'air, ainsi que le cation accompagnateur (soit le calcium ou le magnésium).



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.

L'alcalinité, tout comme la dureté de l'eau, est généralement exprimée en ppm (mg/L) de carbonate de calcium (CaCO_3). 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.

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, 313 p.

pH de l'eau d'irrigation

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogènes 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 ions hydrogènes 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.

Autres éléments

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, tels 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.

Le soufre peut parfois occasionner le colmatage. Certaines eaux, facilement identifiables à leur odeur d'œuf pourri, contiennent du sulfure d'hydrogène qui précipite par simple aération.

***Fer** : bon pour les plantes mais peut, dans certaines conditions, colmater les émetteurs*

Des niveaux de fer se situant entre 1 et 2 mg/L sont considérés optimaux pour la nutrition de la plante alors qu'à l'opposé, des niveaux supérieurs à 0,1 mg/L de fer ferreux (Fe^{2+})

peuvent causer l'obstruction des émetteurs. En effet, si une oxydation se produit, le fer dissous précipite sous forme d'hydroxyde de fer insoluble (Fe^{3+}). L'oxydation peut se faire soit par agitation de la masse d'eau, par incorporation d'oxygène ou par l'action de bactéries ferrugineuses. Contrairement aux carbonates de calcium, l'action de l'acide ne modifie pas le pourcentage de fer qui précipite.

Lorsque le colmatage est d'origine minérale, deux solutions de traitement sont possibles. La première solution consiste à pomper l'eau souterraine dans un réservoir avant de l'envoyer dans le système d'irrigation en s'assurant qu'il y a une bonne aération dans le réservoir. L'aération permet la transformation de Fe^{2+} soluble en Fe^{3+} insoluble qui se dépose au fond du réservoir. L'autre alternative consiste à injecter du chlore, un agent oxydant puissant, sous forme d'hypochlorite de sodium (eau de Javel), pour que le fer précipite et qu'il soit intercepté par le filtre.

CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES

Il s'agit essentiellement des bactéries et des algues présentes dans l'eau d'irrigation. L'eau pompée directement de puits artésiens pose rarement problème à cet égard. Il peut en être autrement de l'eau de bassin ou de rivières lorsque le nombre de bactéries de tous types dépasse les 10 000/ml d'eau.

Des bactéries individuelles ou des cellules d'algues et leurs résidus organiques peuvent être suffisamment petits pour pouvoir passer au travers des filtres du système d'irrigation et obstruer progressivement les sorties d'eau. En présence de très faibles quantités d'oxygène et de particules organiques en suspension, les bactéries se multiplient et forment des colonies qui prennent l'apparence de traînées gélatineuses, qui peuvent en elles-mêmes colmater les émetteurs. De plus, ce type de bactéries oxyde certains minéraux comme le fer, le manganèse ou le soufre en composés insolubles, qui viennent aussi colmater les goutteurs.

Les algues sont rarement un problème, car la filtration les élimine presque complètement... mais pas totalement. En guise de précaution, le système doit être composé de matériaux opaques car la lumière facilite beaucoup la croissance des bactéries et celles des algues en suspension.

Il existe un traitement contre le colmatage biologique et c'est l'injection de chlore dans le système d'irrigation goutte-à-goutte. Pour que ce traitement soit efficace, le pH de l'eau doit être en bas de 6,5. Le chlore sous forme d'eau de Javel (hypochlorite de sodium) est un bon bactéricide, facilement disponible et peu dispendieux. Il peut être injecté de façon continue à raison de 0,5 mg/L de NaOCl, ou à haute concentration à intervalles réguliers. L'injection de chlore est une mesure préventive qui n'a que très peu d'effet sur un système déjà colmaté.

EN CONCLUSION

Afin d'évaluer les propriétés physiques, chimiques et biologiques de votre eau d'irrigation, faites faire une analyse complète et demandez la teneur en chlorure et en bicarbonate, les particules en suspension (si possible) et un comptage microbien.

Pour déterminer la qualité horticole d'une eau d'irrigation, un échantillon de 250 ml est suffisant. Les bouteilles de plastique (polyéthylène haute densité ou polypropylène) sont recommandées alors que celles en verre sont à éviter car elles peuvent se casser. De plus, certains types de verre, comme le pyrex, peuvent contaminer l'échantillon en bore.

BIBLIOGRAPHIE

Denis, Richard, 1992. Bulletin technique 18. Le colmatage des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte. Conseil des productions végétales du Québec.

Lambert, Liette, 2000. Acides, engrais et mystères... MAPAQ, Saint-Rémi, 17 p.

Yelle, Paul-Émile, 2003. Propre, propre et salée; qualité de l'eau d'irrigation. Agri-vision 2003. MAPAQ, Saint-Rémi, 10 p.

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

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

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

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

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

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

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

Thomas James G. Irrigation Water Quality Guidelines for Mississippi. Mississippi State University Extension Service, 4 p. <http://msucare.com/pubs/publications/p1502.htm>

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

Grattan Stephen R. Irrigation water salinity and crop production. University of California, Agriculture and Natural Resources, 9 p.
<http://anrcatalog.ucdavis.edu/InOrder/Shop/ItemDetails.asp?ItemNo=8066>

Benham, Brian et R. Blake. Filtration, Treatment, and Maintenance Considerations for Micro-Irrigation Systems. Virginia Cooperative Extension.
<http://www.ext.vt.edu/pubs/bse/442-757/442-757.html>

Alam, Mahbub., Todd P. Trooien., Freddie R. Lamm et Danny H. Rogers. Filtration and Maintenance Considerations for Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems. Kansas State University.

Rogers H. Danny., Freddie R. Lamm., Alam Mahbub et G. Morgan Powell. Shock Chlorination Treatment for Irrigation Wells. Kansas State University.

ANNEXE 1

NORMES D'INTERPRÉTATION D'UNE ANALYSE D'EAU

Le tableau ci-après 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.

Normes d'interprétation d'une analyse d'eau pour la production de plantes annuelles

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

Sources :

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, 313 p.

BARÈME DE QUALITÉ POUR L'EAU D'IRRIGATION

Type de problème	Sévérité du problème		
	Aucune	Légère	Élevée
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 colmatage)	<7,0	7-8	>8,0
Fer mg/L (risque de colmatage)	<0,2	0,2-1,5	>1,5
Manganèse mg/L (risque de colmatage)	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S) (risque de colmatage)	<0,2	0,2-2,0	>2,0
Comptage bactérien (nbre/ml) (risque de colmatage)	10000	10000-50000	>50000

Sources :

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

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

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

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

Agri Quanta inc., laboratoire agricole

74, rue Dansereau

Saint-Ours (Québec) J0G 1P0

Tél. : (450) 785-2013

Agro-Enviro-lab

9048-2688 Québec inc.

1642, rue de la Ferme

Sainte-Anne-de-la-Pocatière (Québec) G0R 1Z0

Tél. : (418) 856-1079

FIGURES

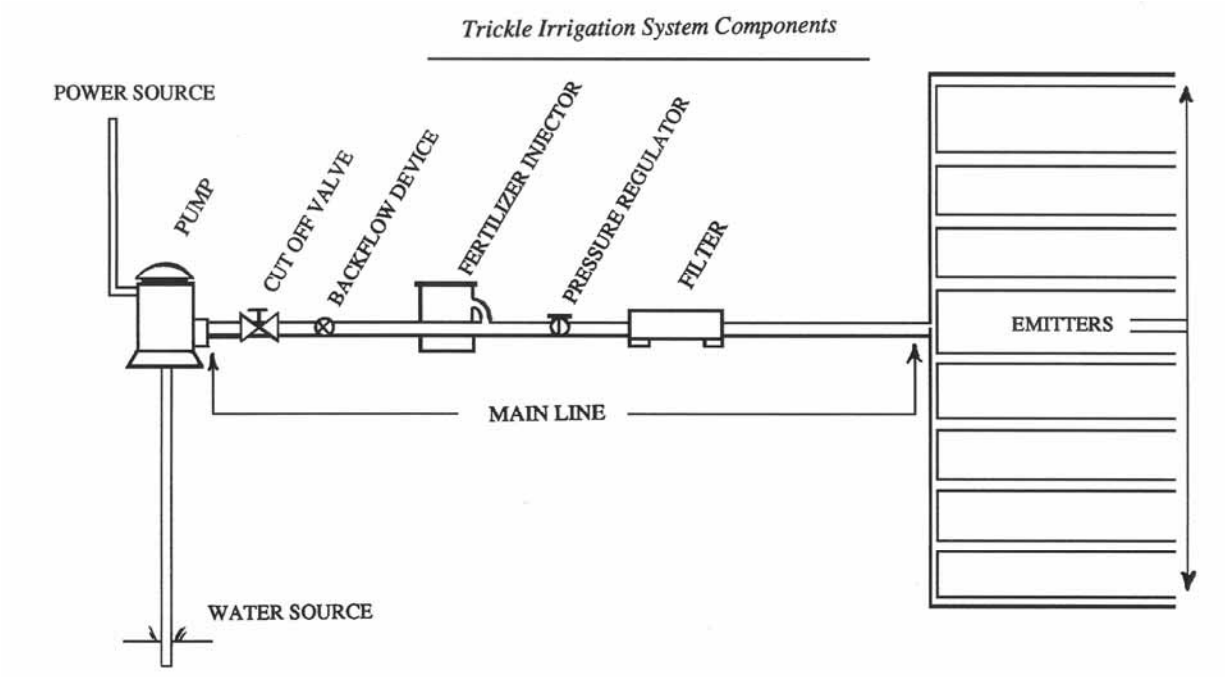



Figure 1 : Schéma des composantes d'un système d'irrigation goutte-à-goutte

Source : Trickle irrigation for Alaska Gardens, University of Alaska

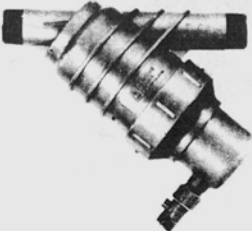


350 - 75 MICRONS 50
50 - 200 MESH

Filtres en plastique
avec tamis en
acier-inoxydable

"SPIN-CLEAN"

*Plastic filters with
stainless steel screen*



3/4" = 11 GPM	\$ <input type="text"/>
1" = 28 GPM	\$ <input type="text"/>
1 1/2" = 55 GPM	\$ <input type="text"/>
2" = 115 GPM	\$ <input type="text"/>

Figure 2 : Filtres à tamis

Source : Catalogue Dubois et Fils Itée

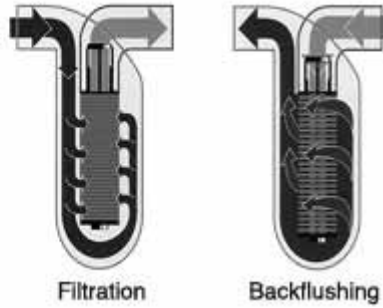


Figure 3 : Filtres à disques

Source : Virginia Cooperative Extension, Filtration, Treatment, and Maintenance Considerations for Micro-Irrigation Systems. <http://www.ext.vt.edu/pubs/bse/442-757/figure5.html>

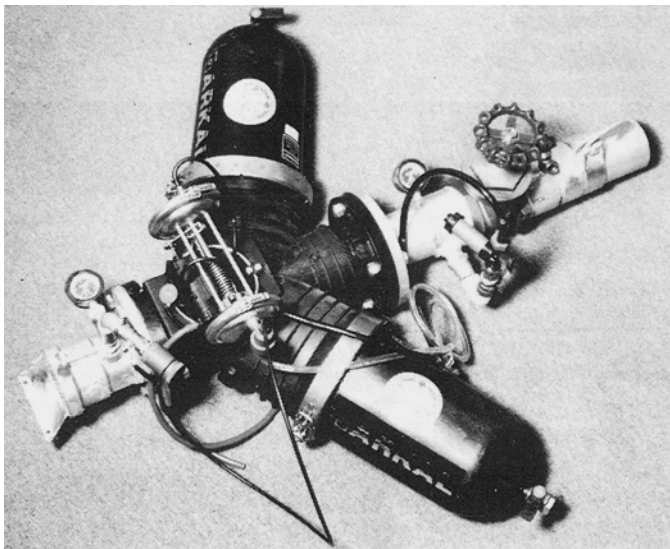


Figure 4. Filtre à disque en «V» de 4" + pompe à injection

Source : Catalogue Dubois et Fils Itée



Figure 5 : Filtre au sable

Source : Catalogue Équipement Harnois