

COLLOQUE SUR LA SERRICULTURE
Des outils à votre portée... **question de santé et de rentabilité!**

Le jeudi 29 septembre 2005, Hôtel Holiday Inn, Montréal-Longueuil

Recirculation de l'eau : l'Ontario prend le virage

Albert GRIMM
Chef de culture

Jeffrey's Greenhouses
St. Catharines (Ontario)

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

Pour commander le cahier des conférences, consultez

[le catalogue des publications du CRAAQ](#)

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



TITRE DE LA PRÉSENTATION :**Recyclage de l'eau d'irrigation*****AUTEUR :**

Albert Grimm, chef de culture
Jeffrey's Greenhouses
St. Catharines (Ontario)



* Ce texte a été traduit à partir d'un résumé de la version originale anglaise intitulée : *Recycling of Irrigation Water in Ontario* dont vous pouvez prendre connaissance à la suite du texte en français.

INTRODUCTION

Le présent document n'a pas pour but de couvrir tous les systèmes d'irrigation disponibles. J'aborderai donc quelques-uns des choix de base et certaines options que nous avons examinées pour nos propres installations de production en floriculture. Je vous donnerai également mon opinion sur quelques-uns des avantages et des inconvénients que j'ai pris en compte dans mes décisions pratiques. Mais d'abord, un portrait de la situation en Ontario et de la mise en place de la réglementation.

L'INDUSTRIE DES CULTURES DE SERRE EN ONTARIO

Environ 50 % de toute la production canadienne des cultures en serre est située dans le sud de l'Ontario. La majorité des exploitations sont concentrées dans deux centres d'activité, soit dans les régions de Leamington (sur la rive du lac Érié) et de la péninsule du Niagara (entre le lac Érié et le lac Ontario).

La production des cultures en serre est petite en superficie comparativement aux autres productions agricoles. Mais avec une valeur à la ferme évaluée à plus d'un milliard de dollars, elle constitue le groupe le plus important au sein de l'horticulture de l'Ontario. Les exploitations en serres emploient directement plus de 19 000 personnes et ces exploitations constituent, avec les fournisseurs de l'industrie, un facteur économique important du sud de l'Ontario.

**Taille approximative de l'industrie des serres en Ontario
et estimé des surfaces en recirculation et en recirculation avec désinfection**

	Superficie en hectares (ha)	Nombre d'exploitations	Superficie moyenne*	Localisation de la production	Celles faisant de la recirculation	Celles effectuant la recirculation avec désinfection
Floriculture	500 ha	1 350	250,000 pi ² (23 225 m ²)	Tout l'Ontario	Évalué à 35 %	Moins de 10 %
			plus de 80 000 pi ² (7 432 m ²)	Niagara/ Leamington		
Légumes	580 ha	220	250,000 pi ² (23 225 m ²)	80 % à Leamington	Évalué à 30-40 %	La plupart des installations importantes
Total	1 080 ha	1600				

* 1 m² = 10 pi² ; 1 hectare = 10 000 m² ou environ 100 000 pi²

SOURCES D'EAU POTABLE ET AGRICULTURE INTENSIVE

Le bassin hydrographique des Grands Lacs constitue la source d'eau potable d'au moins 12 millions de Canadiens, y compris une grande partie de la population du Québec vivant le long des rives du fleuve Saint-Laurent. Pour cette raison, l'eau potable de bonne qualité est devenue une préoccupation de plus en plus importante, tant pour les citoyens et citoyennes que pour les organismes de réglementation et les spécialistes de la gestion de l'eau.

En mai 2000, du fumier d'animaux d'élevage a contaminé le système d'eau municipal de Walkerton situé au nord-ouest de Toronto. Ceci a causé la mort de sept personnes, en plus d'en rendre des milliers d'autres malades. Une enquête publique a été menée par le juge Dennis O'Connor, lequel a examiné les circonstances qui ont mené à la tragédie et a formulé un certain nombre de recommandations. Le gouvernement provincial de l'Ontario a tenu compte de ces recommandations et a présenté plusieurs mesures législatives dans le but d'assurer de façon durable un approvisionnement en eau potable. Parmi ces dernières, on retrouve la *Loi sur la gestion des éléments nutritifs* (LGEN) ou « Nutrient Management Act » (NMA), un cadre de réglementation qui établit des normes strictes concernant la manipulation sous toutes ses formes d'éléments nutritifs agricoles.

La *Loi sur la gestion des éléments nutritifs* met en vigueur des règlements pour la gestion efficace de tous les éléments nutritifs et les déchets provenant de tout type d'exploitation agricole. En principe, la LGEN a pour but d'équilibrer la production annuelle des éléments nutritifs agricoles avec les besoins annuels des cultures et les risques associés à la qualité de l'eau.

Plutôt que de demander aux organismes de réglementation d'appliquer les objectifs sur la qualité de l'eau au moyen d'un contrôle actif, ces nouveaux règlements demandent que les agriculteurs et les agricultrices préparent des plans de gestion d'éléments nutritifs (PGEN) ou « Nutrient Management Plans » (NMP). Ces PGEN doivent démontrer l'équilibre entre les éléments nutritifs et l'épandage d'une manière acceptable scientifiquement, et ils doivent fournir de façon détaillée les informations suivantes :

1. la quantité d'éléments nutritifs générés par la ferme;
2. la façon dont ces éléments nutritifs sont entreposés;
3. la façon dont ces éléments nutritifs seront éliminés.

Les règlements ont été mis en application et sont en cours d'examen dans le cas de fermes d'élevage. Toutefois, des règlements détaillés pour les exploitations de serre et de pépinière sont encore en cours d'élaboration. **Pour le moment, les cultures en serre n'ont pas besoin de préparer un plan de gestion des éléments nutritifs.** Il est probable que dans un avenir rapproché, les serristes devront préparer des PGEN pour toute solution de lessivage ou d'eau de ruissellement qui contient plus de 10 ppm d'azote sous forme de nitrates (NO₃) ou plus de 0,2 ppm de phosphates. L'application des règlements en vertu de la LGEN concerne la vérification des détails indiqués dans le plan réalisé pour chaque ferme individuellement.

Depuis l'été 2004, le gouvernement de l'Ontario élabore une législation plus avancée dirigée vers une approche axée sur les bassins hydrographiques pour la protection de toutes les sources d'eau potable. Cette mesure aura vraisemblablement des répercussions sur l'agriculture, particulièrement dans les endroits où d'importantes populations urbaines se fient sur les nappes d'eau souterraines pour leur approvisionnement en eau potable.

GESTION DES EAUX DE RUISSELLEMENT ET DES SOLUTIONS DE LESSIVAGE DES CULTURES EN SERRE

Les exploitations de serres ont plusieurs options de base pour gérer les eaux de ruissellement et les solutions de lessivage provenant des cultures.

1. Restreindre les eaux de ruissellement en se servant de techniques d'irrigation :
 - Donner uniquement la quantité d'eau dont la plante a besoin;
 - Éliminer le lessivage des éléments nutritifs lors de l'écoulement de l'eau.
2. Recueillir les solutions de lessivage et les traiter pour enlever les éléments nutritifs et les résidus de pesticides avant de les déverser :
 - Marais filtrants/biofiltres
3. Envoyer les eaux usées dans la végétation extérieure (pâturages) pendant la période de végétation;

4. Diluer les eaux usées avec de l'eau propre avant de les déverser pour abaisser la concentration des éléments nutritifs;
5. Recycler les eaux de ruissellement dans les cultures.

Nous pouvons choisir parmi trois systèmes de base pour le recyclage de l'eau d'irrigation.

1. Systèmes à circuit fermé, normalement utilisés avec des techniques de subirrigation (gouttières supportées sur tables mobiles, gouttières suspendues, planchers de béton ou tables inondables, etc.), dans lesquels les eaux sont réutilisées pour les mêmes cultures :
 - a. Emmagasiner et entreposer les eaux d'irrigation en excès alors qu'elles s'écoulent après l'irrigation;
 - b. Nettoyer ou désinfecter les eaux;
 - c. Les mélanger avec de l'eau fraîche pour préparer de l'eau d'irrigation pour les mêmes cultures;
 - d. Les recycler dans les cultures.
2. Des systèmes dans lesquels nous réutilisons les solutions d'éléments nutritifs à partir de cultures sensibles aux maladies dans d'autres cultures résistantes aux maladies;
3. Recirculation à circuit ouvert permettant de :
 - a. Recueillir toutes les eaux de ruissellement des serres (ex. : à l'aide d'un sous-plancher recouvert d'un film de polymère au-dessous du réseau d'évacuation des eaux usées);
 - b. Emmagasiner l'eau à un endroit central;
 - c. Enlever les éléments nutritifs des eaux, si nécessaire;
 - d. Nettoyer et désinfecter les eaux;
 - e. Les mélanger avec des sources d'eau fraîche pour l'irrigation de toutes les cultures en serre.

QUELLES SONT CERTAINES DES OPTIONS PRATIQUES?

Il n'y a pas qu'une seule solution pour l'irrigation des cultures en serre en circuit fermé. Toutes les options sont envisagées en tenant compte de l'aspect économique, des besoins de gestion des cultures et de l'efficacité de la production. De tels systèmes à circuit fermé demandent une période d'adaptation graduelle face à vos méthodes de production et de gestion des cultures en fonction des besoins et des possibilités inhérentes à chaque système. Une attention aux détails devient souvent la clé de la réussite.

L'irrigation de surface (par le haut) donne aux serristes un meilleur contrôle sur les cultures que la subirrigation. Avec le recyclage cependant, un plus grand nombre de

problèmes surviennent concernant l'équilibre des éléments nutritifs. Voici quelques exemples d'**irrigation de surface** utilisée dans les systèmes fermés :

- Micro-irrigation (« drip irrigation ») avec substrat artificiel en sacs de culture. Des gouttières situées en dessous du milieu de croissance ou des tranchées recouvertes de plastique sur le plancher des serres drainent les solutions de lessivage dans des bassins de cueillette. Méthode utilisée principalement dans les cultures de fleurs coupées et de légumes;
- Irrigation au moyen d'une rampe mobile (« boom ») située au-dessus des tables avec des feuilles de métal expansées utilisées comme surface de croissance. Des planchers en pente recouverts de béton ou d'une pellicule de plastique recueillent les eaux de ruissellement et les solutions de lessivage. Méthode utilisée dans la production de multicellules et dans les grandes entreprises d'annuelles;
- Arrosage à la main ou par aspersion (« sprinkler ») au-dessus des planchers conçus pour recueillir les eaux de ruissellement. Méthode utilisée par certains serristes dans les annuelles et dans la production en pots.

La subirrigation (par le bas) doit se faire selon une toute autre approche comparativement aux méthodes traditionnelles. La plupart des systèmes de subirrigation sont très faciles à opérer. Les serristes doivent cependant acquérir de nouvelles compétences et un large éventail de connaissances s'ils veulent atteindre le même niveau de contrôle sur les cultures qu'avec l'irrigation de surface. La plupart des systèmes de subirrigation exigent au moins un certain arrosage par le haut, comme au début pour établir les plantes dans le substrat de croissance. Voici quelques exemples de subirrigation utilisée en systèmes fermés :

- Systèmes à débit continu pour les légumes et les fleurs coupées (système de culture NFT);
- Culture hydroponique en bassins flottants pour les légumes comme la laitue;
- Tables et planchers inondables. Méthode utilisée principalement dans la production de cultures ornementales en pots;
- Gouttières ou dalles sur tables, mobiles ou non, pour la culture ornementale en pots.

OPTIONS DE SUBIRRIGATION QUE NOUS AVONS EXAMINÉES POUR NOS PRODUITS CULTIVÉS EN POTS

Les planchers inondables ne sont pas nécessairement construits en béton. Toutefois, de solides planchers de béton sont un prérequis pour l'utilisation d'équipement de transport automatisé. La possibilité d'utiliser un tel équipement constitue un critère des plus importants pour choisir les planchers inondables.

Avantages

- L'automatisation intensive de la production devient une possibilité. La surface en béton permet à la machinerie lourde d'opérer dans les aires de production et permet des systèmes de gestion sophistiqués en matière de transport, d'espacement et de cultures;
- Un arrosage très uniforme;

- Une possibilité de densités de culture plus élevées, étant donné que l'espace pour les allées n'est pas nécessaire.

Inconvénients

- Installation très coûteuse, ce qui oblige à avoir des aires de production actives tout au long de l'année;
- La gestion de l'eau est difficile, étant donné que les applications d'eau ne peuvent être dosées. Les cultures sont soit humides soit sèches. Ce type d'irrigation ne convient pas aux cultures telles que les annuelles pour lesquelles la gestion de l'eau est essentielle à l'obtention d'un produit de qualité. Technique qui exige des cultures très uniformes afin de profiter des options d'automatisation;
- Réaménagement des serres plus âgées très difficile et coûteux.

Gouttières ou dalles sur tables

Avantages

- Plus facile de réaménager les serres plus âgées;
- Installation moins coûteuse que pour les planchers inondables en béton;
- Peuvent être mises en place de façon graduelle, étant donné que l'équipement d'irrigation existant peut être modifié pour être utilisé avec ces tables;
- Plus facile de contrôler les cultures que n'importe quel autre système de subirrigation. Selon mon expérience, les gouttières constituent le premier choix des serristes pour les systèmes de subirrigation;
- Moins de possibilité de contamination étendue avec des agents pathogènes virulents, étant donné qu'il y a moins de plantes exposées à la zone des racines des autres plantes dans chaque gouttière;
- La surface des gouttières est plus facile à désinfecter et à garder propre que le béton des planchers.

Inconvénients

- Ne se prêtent pas à une automatisation facile du transport interne;
- Le métal des gouttières conduit et réfléchit la chaleur. Il peut conduire à un trop grand réchauffement des zones des racines dans les cultures en conteneurs. Nécessité d'une gestion vigilante en été;
- Les tables et les pentes ont besoin d'un entretien et d'ajustements réguliers.

ÊTRE PRÉVOYANT

Peu importe le système utilisé pour recycler l'eau d'irrigation, nous devons être prêts à nous occuper des problèmes importants qui pourraient avoir des répercussions sur nos cultures :

1. Les agents pathogènes des plantes peuvent être transportés avec les eaux des plantes infectées. Si l'eau n'est pas traitée, la propagation de maladies dangereuses pour les cultures peut survenir;

2. L'équilibre des éléments nutritifs dans le mélange « eau recyclée + eau fraîche » peut devenir un défi, particulièrement dans le cas des systèmes d'irrigation de surface;
3. Les composés allélochimiques sont des toxines naturelles de plantes qui sont produites par beaucoup d'espèces. Dans la nature, ces substances agissent comme des herbicides sélectifs, éliminant d'autres espèces dans la lutte pour leur survie. Dans les monocultures de légumes de serre, ces produits chimiques ne constituent pas une préoccupation générale. Toutefois, en production ornementale où l'eau de retour provenant de différentes espèces est mélangée et recyclée, ces substances allélochimiques peuvent causer d'importants problèmes de production.

CERTAINES RAISONS POUR DÉSINFECTER L'EAU D'IRRIGATION

1. Toute mise en quarantaine des cultures en raison de maladies comme le *Ralstonia* dans le géranium est très coûteuse et il est préférable de limiter les dommages avant qu'elles surviennent. Si nous pouvons restreindre toute émergence de maladies à des petits segments de nos cultures, nous limitons le danger de la quarantaine. En recirculation, une désinfection fiable à 100 % est une partie essentielle d'une bonne stratégie de gestion;
2. Le *Fusarium*, difficile à contrôler même avec des pesticides, peut devenir une préoccupation importante, non seulement dans le cyclamen, mais plus récemment dans les bégonias Rieger et d'autres cultures soumises à des systèmes de subirrigation. Les seules options pour le contrôle des maladies comme le *Fusarium* sont l'hygiène et une eau de bonne qualité. Les pertes monétaires associées à de telles maladies peuvent facilement dépasser le coût d'installation du système de désinfection le plus sophistiqué;
3. Dans les cultures de tomate, les maladies dangereuses sont le chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis*) et le virus de la mosaïque du Pépino. Les deux maladies peuvent être transmises par l'eau d'irrigation contaminée. Les pertes de production encourues incluant les frais et le temps de désinfection des installations en serre peuvent largement dépasser le coût d'installation et d'exploitation d'un système de désinfection de l'eau et des solutions nutritives.

CRITÈRES POUR L'EFFICACITÉ DES MÉTHODES DE DÉSINFECTION

- Certaines méthodes tuent tous les agents pathogènes éventuels;
- Certains systèmes sont conçus pour tuer seulement un certain pourcentage des agents pathogènes présents;
- Certaines méthodes ne tuent que certains types d'agents pathogènes;
- Certaines méthodes ont un effet résiduel dans la solution traitée qui recircule dans la culture.

TRAITEMENTS CHIMIQUES DE DÉSINFECTION : OPTIONS ET UTILITÉS

	Avantages	Inconvénients
Peroxyde d'hydrogène (H ₂ O ₂)	Peu dispendieux Aucun résidu Aucune inquiétude environnementale	Biocide peu efficace Les saletés diminuent l'effet Les métaux lourds catalysent le H ₂ O ₂ Possibilités de phytotoxicité Interfère avec les éléments nutritifs
Chloration (chlore) / Bromination (brome)	Peu dispendieux Biocides efficaces Activité résiduelle dans la zone de culture	Problèmes importants de phytotoxicité Interfère avec les éléments nutritifs Contrôle et manipulation difficiles
Ozonation (Ozone ou O₃)	Aucun résidu Aucune inquiétude environnementale	Ne contrôle pas tous les agents pathogènes Coûts élevés (d'investissement/d'exploitation) Interfère avec les éléments nutritifs
Dioxyde de chlore	Peu dispendieux À peine phytotoxique Activité résiduelle dans la zone de culture	Ne contrôle pas tous les agents pathogènes Nouvelle technologie Production difficile/contrôle difficile

TRAITEMENTS PHYSIQUES DE DÉSINFECTION : OPTIONS ET UTILITÉS

	Avantages	Inconvénients
Irradiation aux UV (Ultra-Violets)	Installation compacte Nécessite peu d'espace Plus économique dans bien des cas Utilisé avec de faibles débits d'eau	Les systèmes à débits élevés sont dispendieux d'installation Les saletés diminuent l'effet Nécessite beaucoup d'entretien Interfère avec les éléments nutritifs
Chaleur / Pasteurisation	Efficace et fiable Tolère de très grands débits d'eau Contrôle simple des fonctions Exige peu d'entretien	Coût d'installation élevé Coûts d'exploitation élevés Gros équipement exigeant beaucoup d'espace Besoin d'entreposage de refroidissement
Filtration au sable / Biofiltration lente	Coûts d'opération faibles Enlève les contaminants et les agents pathogènes	Nécessite beaucoup d'espace d'installation Coûts d'installation élevés Rentable seulement pour les grosses fermes Nécessite un contrôle continu

Recycling of Irrigation Water in Ontario

(original version)

Albert Grimm

St. Catharines, July 4th 2005

DRINKING WATER SOURCES AND INTENSIVE AGRICULTURE

The great lakes water basin is the source of drinking water for at least 12 million Canadians, including a large part of the population of Quebec living along the St Lawrence River, and the sustainability of clean drinking water has become an increasingly important concern for citizens, regulators, and water management experts alike.

In May of 2000, manure from livestock production contaminated the municipal water system of Walkerton, just northwest of Toronto, and caused the death of 7 people and illness for thousands. A public inquiry headed by Justice Dennis O'Connor investigated the circumstances that led to the tragedy, and issued a number of recommendations. The Ontario provincial government took heed of these recommendations and introduced several new pieces of legislation with the aim to ensure the sustainability of our drinking water supply. Among these is the Nutrient Management Act (NMA), a regulatory framework that sets strict standards for the handling of all forms of farm nutrients. The NMA provides an entirely new approach for the enforcement of environmental standards in farming operations.

Agricultural contamination differs substantially from Industrial contamination. By definition, animal wastes and farm chemicals are applied over a very large land-base. The nutrients that contaminate the watershed are not primarily by-products of localized production, but they constitute the very raw-materials that make modern agricultural production possible. By definition, any farmer mixes these potentially polluting raw-materials with water, another raw material, and then distributes them onto his fields as part of the annual crop production routine. The water that feeds the plants is the same water that feeds the great lakes watershed.

With industrial pollution, it is possible to link most contaminants to defined point-sources, i.e. individual factories or processes that discharge the contaminants into the environment. Whenever a point-source is identified, efforts can be undertaken to contain the contaminant and to reduce pollution. Most industrial pollutants are by-products of processes, and while containment may be expensive there is no inherent need to expose the environment to these chemicals, in order to maintain the functionality of the industry. In the past, the bulk of environmental problems had been caused by industrial pollutants, and the enforcement of environmental legislation in Ontario revolved almost entirely around identification of these point-sources, and around the monitoring of pollutants that are discharged at these identifiable locations.

It is possible to identify some point sources of agricultural contamination in livestock barns, storage facilities, and greenhouses, but the traditional approach of containment just does not work for farming, because many potential pollutants are also important sources of nutrients.

THE NUTRIENT MANAGEMENT ACT

The Ontario Water Resources Act, the Federal Fisheries Act, and the Ontario Provincial Water Quality Objectives had long established limits for the permissible concentrations of Phosphate and Nitrate in any ground or surface water discharge. While individual growers have been cited under these acts, it was very difficult to enforce them on a broad scale, and the regulating agencies did not have the resources to apply any nutrient monitoring program to the bulk of water that is discharged from agricultural land across the province.

The Nutrient Management Act enables regulations for the effective management of all nutrients and wastes generated by any type of agricultural operation. A previously existing patchwork of local by-laws is replaced by consistent province wide standards. The NMA aims, in principle, to balance the annual production of farm nutrients, with annual crop needs, and the associated risks to water quality.

Instead of asking regulatory agencies to enforce the Water Quality Objectives by means of active monitoring, the new regulations demand that farmers develop Nutrient Management Plans (NMP). These NMP's need to demonstrate the balance between nutrients and land application in a scientifically acceptable fashion, and they must provide in detail

1. how much nutrients the farm is generating
2. how these nutrients are going to be stored
3. how these nutrients are going to be disposed off

Regulated nutrients include manure, feed storage leachate, agricultural washwaters, runoff from animal yards and manure storage, and greenhouse and nursery container leachate. Detailed regulations for greenhouse and nursery operations are still in development, and currently greenhouses do not need to worry about a Nutrient Management Plan. It is likely, however, that it will be a requirement to develop a plan for the management of any leachate or runoff that contains more than 10 ppm of Nitrate-Nitrogen or more than 0.2 ppm of Phosphates.

For greenhouse operators, this approach can make life easier, or more difficult, depending on the context. Greenhouse operations are very visible to the public. The structures give the perception of very intense use of farm chemicals. Technological advances have increased greenhouse production, but also concentrated any potential discharge of nutrient waste into a easily definable point-source.

In greenhouses, nutrients and pesticides are not 'diluted' by natural precipitation. The leachate of a greenhouse operation contains generally higher nutrient concentrations, even if the total loss of nutrients and/or pesticides is the same or less compared to equal acreage of open field production. In the recent past, it has created significant problems for operators, if greenhouse operations were identified as a point-sources.

Under the NMA, the grower has the obligation to proof that any greenhouse leachate does not leave the farm while it is still contaminated with nutrients, and enforcement revolves around the verification of the details stated in the plan.

Since the summer of 2004 the Ontario government is developing legislation that takes a watershed based approach to the protection of all sources of drinking water. This will likely impact agriculture as well, especially in areas where large urban populations rely on ground water aquifers for their drinking water.

THE GREENHOUSE INDUSTRY IN ONTARIO

Roughly 50% of all Canadian greenhouse production is located in southern Ontario. The majority of operations concentrate in two hubs around Leamington (along the shore of Lake Erie), and in the Niagara Peninsula (between Lake Erie and Lake Ontario).

Greenhouse production is small in acreage compared to other agricultural commodities, but with a farm-gate value of more than \$1,000,000,000 it is the most significant group within Ontario horticulture. Greenhouse operations directly employ more than 19,000 people, and they are, together with the supply industries, a significant economic factor in southern Ontario.

Estimated size of the greenhouse industry in Ontario

	Acreage	Number of Operations	Average Size	
Floriculture	approx. 500 Ha	approx. 1350	32,000 ft²	All Ontario
			more than 80,000 ft²	Niagara/Leamington
Vegetables	approx. 580 Ha	approx. 220	250,000 ft²	80% in Leamington
Total	~ 1080 Ha	~ 1600		

MANAGING GREENHOUSE RUNOFF AND LEACHATE

Greenhouse operations have several fundamental options to manage runoff and leachate from crops:

1. Limit the creation of runoff through irrigation techniques
 - Give exactly as much water as the plant needs or,
 - Eliminate the leaching of nutrients when the water drains away.
2. Catch all the leachate and treat to remove nutrients and pesticide residue before discharge
 - Root Zone Filters / Artificial Wetlands / Biofilters
3. Irrigate waste waters onto outdoor vegetation (grassland) during the growing season
4. Dilute waste waters with clear water before discharge, in order to reduce the nutrient concentration
5. Recycle the runoff water into crops

We can choose between three basic principals for the recycling irrigation water:

1. Closed loop systems, usually used with subirrigation techniques (trough benches, hanging troughs, concrete floors, etc), where the water is cycled repeatedly through the same crops.
 - a. Collect and store excess irrigation water as it drains after irrigation.
 - b. Clean or disinfect the water
 - c. Mix with fresh water to make up irrigation water for the same crops
 - d. Recycle into the crop
2. Systems where we re-use nutrient solution from disease sensitive crops onto disease insensitive crop.
3. Open recirculation
 - a. Catch all runoff from the greenhouse (e.g. subfloor lined with ploymer film below the drainage system)
 - b. Collect the water at a central location
 - c. Remove nutrients from the water if necessary
 - d. Clean/ disinfect the water
 - e. Blend with fresh water sources for irrigation of all greenhouse crops

WHAT ARE SOME PRACTICAL OPTIONS

There is not one perfect solution to irrigating greenhouse crops in closed systems. All options are developed as a compromise between economics, crop management needs, and production efficiency. All closed irrigation systems have in common that the grower has to gradually adapt his production methods and his crop control management to the needs and possibilities that are inherent to each system. The learning curve is often very steep, and attention to detail becomes the key to success.

It is not the purpose of this paper to cover all the different irrigation systems that have been developed. In the following paragraphs, I will briefly discuss some fundamental choices and with more detail some of the options that we have been exploring for our production facilities.

Top Down Irrigation gives growers easier control over crops than subirrigation. With recirculation, however, there are more issues with nutrient balances. Some examples for **top-down irrigation** used in closed systems

- Drip irrigation with artificial growing media in bags. Troughs under the media, or plastic lined trenches on the greenhouse floor drain the leachate into collection pits. Used primarily in cutflower and vegetable crops.
- Boom irrigation over benches with expanded metal sheets as growing surface. Sloped floors lined with concrete or plastic film collect the runoff and leachate. Used in commercial plug production, and in large bedding plant facilities.
- Hand- or sprinkler watering over floors designed to collect run-off water. Used by some bedding plant and container growers.

Subirrigation requires the grower to develop a totally different mindset, compared to traditional methods. Most subirrigation systems are very easy to operate, but growers have to acquire new skills and broad knowledge if they want to achieve the same level of crop control as was possible with top-down irrigation. Most subirrigation systems require at least some top watering, if only to establish the plants in the substrate. Some examples for subirrigation used in closed systems

- Continuous flow systems for vegetables and cutflowers (NFT)
- Floating hydroponics for vegetables
- Flood benches and flood floors.
Used primarily in the production of container grown ornamentals
- Trough benches for container grown ornamentals

SOME SUBIRRIGATION OPTIONS THAT WE INVESTIGATED FOR OUR CONTAINER GROWN PRODUCTS

Flood Floors are not necessarily constructed with concrete. Solid concrete floors, however, are a prerequisite for the use of automated transport equipment. The possibility to use such equipment is one of the most important criteria to choose flood floors.

Pro's

- Intensive automation of production becomes a possibility. The concrete surface allows heavy machinery to operate in the production area, and allows for sophisticated transport, spacing, and crop management systems.
- Very uniform watering;
- Higher crop densities possible, because space for walkways is not necessary.

Con's

- Very expensive to install
- High installation costs dictate year-round use of production area
- Water management is difficult, because water applications can not be dosed. Crops are either wet or dry. Flood irrigation is not suitable for crops like bedding plants, where water management is crucial for the quality of the product
- Flood irrigation demands very uniform crops, in order to take advantage of the automation options
- Very difficult and costly to retrofit older greenhouses

Trough Benches

Pro's

- Easier to retrofit older greenhouses
- Cheaper to install than concrete flood floors.
- Can be implemented gradually, because existing irrigation equipment can be adapted to be used with these benches.
- Easier to control crops than any other subirrigation system. From my experience, troughs are the 'grower's choice' of subirrigation systems
- Less possibility for widespread contamination with virulent pathogens, because less plants are exposed to each other's root zone in each trough
- Trough surface easier to disinfect and clean than the concrete of the floors.

Con's

- Does not lend itself to easy automation of internal transport
- The metal of the troughs conducts and reflects heat, and can lead to overheating of the root zones in container crops. Needs careful management in summer
- Benches and slope need regular maintenance and adjustments

No matter what system we use to re-circulate irrigation water, we have to be prepared to deal with key issues that could have impact on our crops:

1. Plant pathogens can be carried with the water from infected plants. If the water is not treated this can cause the spread of serious plant diseases throughout the crops.
2. Balancing nutrients in the mix of recirculated water and fresh make-up water can be challenging, especially with top-down irrigation systems.
3. Allelochemicals are natural plant toxins that are produced by many species. In nature these substances act like selective herbicides, suppressing other species in the fight for survival.

In the mono-cultures of greenhouse vegetable production, these chemicals are not a general concern. In ornamental production, where return water from different species is mixed and recirculated, these allelochemicals can cause serious production problems.

DO WE NEED TO DISINFECT IRRIGATION WATER

Some years ago, we lost several thousand flats of Alyssum for two years in a row. When the plants started to flower they began to just 'melt', and within less than one week the entire crop was destroyed. The roots were healthy, fertilizer and watering had been applied correctly. The plants had been killed by Erwinia, an omnipresent bacterial disease that normally does not affect healthy plants, but even within our potted crops, we had unusually high rates of loss from Erwinia.

We were using rainwater from a large underground cisterne as the sole source of irrigation water, and we believe that the bacteria were feeding on the organic matter in the dust that

was washed into the cisterne from the greenhouse roof. We cleaned the cisterne very thoroughly, and removed about ½ inch of deposits from the walls and floors. Then we began adding H₂O₂ to the water after every rainfall, just enough to leave about 50-75 ppm residual concentration in the water. Hydrogenperoxide is a poor biocide and not very effective as a disinfectant, especially against fungal spores, but it is environmentally uncritical, and once it has been catalyzed, it does not leave any residue that could potentially create longterm phytotoxic effects. In order to improve the effectiveness of the treatment, we began to circulate the water in the cistern through our sandfilter, whenever we did not irrigate crops. This removed all the particles and organic dust that may have been introduced with the rainwater. This completely eliminated our problem with Eriwinia, and it convinced us of the importance of very clean water for our irrigation system.

Today, our rate of loss from Erwinia, Pythium, and other 'water molds' is negligible, and we are not using **any** preventative fungicide drenches to combat root diseases.

Apart from 'common' diseases like Erwinia and common water molds like Pythium or Rhizoctonia, our industry faces much more serious diseases that potentially distribute with recirculated irrigation water - Diseases that can destroy a greenhouse operation in a very short time. Some Examples:

1. *Ralstonia solanacearum* is a bacterium that is on CFIA's quarantinable disease list. *Ralstonia* is ubiquitous in water sources in Central America and Africa, and while propagators put extremely tight measures into effect, nobody can guarantee with certainty that a shipment of cuttings is free of the disease. Limiting damage from any potential quarantine is the most important aspect of managing the threat of regulated diseases like *ralstonia*. If we can limit any disease outbreak to small segments of our crops, we limit the potential need for quarantine. 100% reliable disinfection of return water is a crucial part of such management strategies.
2. *Fusarium* is a major disease concern not just in Cyclamen, but more recently also in Rieger Begonias and other crops on subirrigation systems. Chemical controls are elusive, and the only control options are hygiene and clean water. The cost of potential loss from virulent diseases like *Fusarium* can easily be more than even the most sophisticated water disinfection system.
3. In Tomatoe crops the critical diseases are bacterial canker (*Clavibacter*) and Pepino Mosaic Virus. Both diseases can be transmitted with contaminated irrigation water, and the resulting losses from infected crops and from the disinfection of greenhouse structures and irrigation systems far outweigh the cost of installing and operating a water disinfection system.

Estimates on disinfection in greenhouses in Ontario

	Number of Operations	Of these Recirculating	Of these Disinfecting
Floriculture	about 1350	estimated 35%	less than 10%
Vegetables	about 220	estimated 30-40%	Most of the large facilities

At our greenhouse, we are currently installing equipment, that allows us to disinfect the water that we will draw from our pond to supplement irrigation water in our rainwater cistern. In the future, the same equipment will be used to disinfect return water from an installation of trough benches in a closed loop system. As growers of Cyclamen, Geranium, Gerbera, and other sensitive crops, we cannot afford to take chances with the use of untreated water. We investigated many different options and I will share some of our findings with you.

Criteria for the effectiveness of disinfection methods:

- Some methods kill all potential pathogens
- Some systems are designed to kill only a percentage of all pathogens present
- Some methods kill only certain types of pathogens
- Some methods have a residual effect that travels with the water into the crop zone

DISINFECTION WITH CHEMICAL TREATMENT

H₂O₂ (Hydrogenperoxide)

Hydrogenperoxide is an oxidizer like Chlorine, Bromine, and Ozone. When H₂O₂ is in the presence of metals ions, it breaks into a very reactive hydroxyl radical (HO), which is the active disinfectant, and into a hydroxide ion (OH⁻). H₂O₂ kills bacteria and some fungal spores at concentrations around 100 ppm in the water, but for many other pathogens the necessary concentrations are much higher. These concentrations have to be maintained for at least 5-10 minutes, preferably longer. Any organic impurity in the water will reduce the effectiveness of Peroxide, because all organic matter contains traces of metal ions that can catalyze the peroxide. If concentrations of more than 100 ppm reach the crop there is the potential for phytotoxicity. The damage threshold is sometimes unpredictable.

We have used H₂O₂ for the cleaning of stationary water in our cisterne, because it was a very inexpensive solution. In our case, application was straightforward, and exposure times as well as residual concentrations were easily monitored. Some greenhouses, however, inject Hydrogenperoxide into irrigation water within an irrigation system, but these systems

need to be very well understood and monitored, to ensure effectiveness, and to avoid the danger of crop-damage. Good inline monitoring equipment is relatively expensive.

Pro's:

- Relatively inexpensive water disinfectant
- No longterm or accumulative residues
- Ideal environmental fate – breaks down into water and Oxygen.

Con's

- Relatively poor biocide
- Sensitive to physical impurities
- Heavy metals instantly catalyze H_2O_2 – can not come in contact with metal parts, chelated micronutrients, etc.
- Interferes with micronutrients
- Phytotoxicity issues at higher doses

Chlorine or Bromine

Chlorine is applied either as Hypochloric acid (HOCl), or as gaseous chlorine. It is used in municipal water supplies, because it is cheap and highly effective against most pathogens. It has relatively long residual activity, and it can therefore cause a wide variety of phytotoxic effects.

Some years ago, Bromine was being applied to the irrigation water in numerous greenhouses to control algae. It is very effective against many microorganisms, but phytotoxicity problems, some of them from cumulative effects, have led to much reduced use of Bromine for water disinfection.

Pro's:

- Relatively inexpensive
- Good biocides – effective decontaminants
- Residuals are carried into the crop zone

Con's

- Many phytotoxicity issues – some not very obviously linked to water
- Interferes with nutrients
- Concentrations are difficult to monitor and raw material is difficult to handle

Ozone

Ozone is an unstable form of Oxygen gas. It is very effective against water-borne human pathogens and is widely used in municipal water-supply systems, because it “disappears” without residue. Ozone gas has to be contained, and must not escape into the atmosphere. It does not eliminate some fungal plant pathogens and other microorganisms, and it is very expensive in operation and installation.

Pro's”

- No longterm or accumulative residues
- Ideal environmental fate

Con's

- Does not control all pathogens
- Very high investment and operating costs
- Interference with nutrients

Chlorine Dioxide

Chlorine Dioxide (ClO₂) is a relatively new treatment method and it is NOT the same as the treatment with Chlorine gas or hypochloric acid. To create Chlorine Dioxide, Sodium Chloride (cooking salt) and Muriatic acid are injected directly into the irrigation water. The advantage of this system is the generally low toxicity of the substance (it is used in food processing) and much reduced potential for crop damage, if compared to the other oxidizing agents. The associated technology, however, still needs development, and chlorine dioxide does not give complete control of some of the more problematic fungal diseases.

Pro's:

- Much less phytotoxic than traditional chlorine treatment
- Relatively inexpensive
- Has good residual effect into the crop zone

Con's

- Only effective against certain fungal spores and bacteria
- Requires some detail with respect to equipment installations.
- Monitoring and sensing equipment still needs much development

DISINFECTION WITH PHYSICAL TREATMENT

UV Light

UV-C light is a form of invisible electromagnetic radiation. It destroys the internal chemistry of microorganisms, and it does kill bacteria very effectively. Fungal spores and other microorganisms are less light transmissive and require higher doses of radiation to be killed. The biggest issue with UV light is the shade that particulate impurities can throw on pathogens while they pass through the treatment. The water needs to be carefully pre-filtered, and the size of the treatment unit has to be carefully balanced with the flow rate, in order to ensure 100% disinfection rates. Ageing of lamps and regular monitoring and cleaning add to the maintenance cost.

Pro's

- Very compact installations – do not require much physical space.
- Systems designed for low flow rates are less costly to install than other physical methods

Con's

- Higher flow rates require significantly larger, more expensive treatment units
- Any physical impurity in the water can reduce the effectiveness
- Interferes with chelated micronutrients
- More maintenance intensive than other disinfection methods

Heat – Water Pasteurization

Pasteurization is the system of choice for many vegetable growers, because it is 100% effective against practically all plant pathogens. The principle is simple. Water is heated to 95°C for about 30 seconds. Several stages of heat exchangers remove heat from the treated water. This recovered heat is used to pre-heat the untreated water, in order to make the system as energy efficient as possible. Large pasteurization units can handle the flow created by drainage water from very large production areas.

Pro's

- Most effective and reliable method
- Can be built to handle very high flowrates
- Monitoring of the system is very simple; no complex sensor technology necessary.
- Less maintenance intensive than other physical methods

Con's

- High cost of installation
- Significant operating costs – with current energy prices about 50 cents per m³ of water
- Units are relatively large – need installation space
- Treated water has to cool and additional storage tanks are necessary

Slow (Sand) Filtration – Root Zone Filtration (Biofilters, Artificial Wetlands)

In slow (sand) filtration systems, the water drains gradually through layers of sand and/or lava rock. Particles settle in the filter material, and pathogens are removed by antagonistic microorganisms that grow in the filter material. These systems are very common in municipal sewage treatment plants.

Root Zone Filtration (Biofiltration) is a form of slow sand filtration that adds aquatic plants to the filter substrate and the technology is effectively used in rural and suburban sewage treatment systems. The aquatic plants remove most nutrients from the water and help to metabolize allelochemicals and other contaminants. Biofilters are used in greenhouse operations primarily to remove nutrients and pesticide residues from runoff and/or leachate before the water is discharged into farm ponds or other holding structures.

Pro's

- Very low operating cost
- Effective at removing contaminants other than pathogens

Con's

- Requires much space for installation. Filter surfaces of 100 ft² to filter 1 m³ water per hour
- Depending on the system, the costs for installation, and the costs for substrate replacement can be significant
- Cost effective only for very large scale applications
- The filter substrate needs continuous maintenance

At our greenhouse, we decided to opt for UV-C disinfection, because the nature of our application does not require high rates of flow, and the method has been proven effective for the key diseases that we are concerned about. The UV system is a good compromise between cost and need.

For those vegetable growers that I spoke to, pasteurization is the method of choice, because it guarantees effectiveness even at such high flow rates as are required in vegetable operations, and the heat does not interfere much with nutrients.