



Désinfection des eaux d'irrigation

- Sélection de procédés et leurs effets
- Avantages et défauts de différentes méthodes de désinfection
- Checklist : ce qu'il faut prendre en compte

Introduction

Les eaux d'irrigation sont une source importante de dissémination des phyto-pathogènes. C'est particulièrement le cas lors de l'utilisation de systèmes de recirculation où une culture entière peut être contaminée et détruite du fait de la présence d'un germe dans l'eau. C'est pour cette raison que l'on observe de plus en plus souvent des systèmes de désinfection des eaux d'irrigation et de lessivage dans les exploitations horticoles et maraichères. Certains systèmes se sont imposés pour la préparation des eaux d'arrosage, d'autres s'y sont ajoutés au cours des dernières années.

En fonction du type de désinfection de l'eau on observe différents avantages et défauts pour la culture. Dans certains cas, l'installation peut même mettre en danger la production. Ce document donne un aperçu des techniques actuellement majoritairement employées pour la désinfection des eaux d'irrigation. Une attention toute particulière a été apportée à la sécurité de l'exploitation. Différentes méthodes sont présentées

parmi lesquelles la filtration ainsi que des procédés physiques et chimiques. Pour atteindre une bonne efficacité, il est souvent utile de combiner plusieurs systèmes.

Méthodes de filtration

Dans les pratiques horticoles, la filtration est la méthode la plus répandue pour traiter les eaux d'irrigation. L'important est de déterminer la taille des mailles nécessaires pour filtrer efficacement les matières en suspension. Certains pathogènes peuvent aussi être filtrés par des mailles suffisamment fines, cet effet peut être amplifié par l'activité biologique de certaines méthodes. La filtration lente sur sable est par exemple très répandue en horticulture.

➔ La filtration lente sur sable

Un filtre à sable est constitué de plusieurs couches de sable ayant chacune un effet drainant différent. L'avantage de ce filtre est que l'effet ne repose pas uniquement sur les

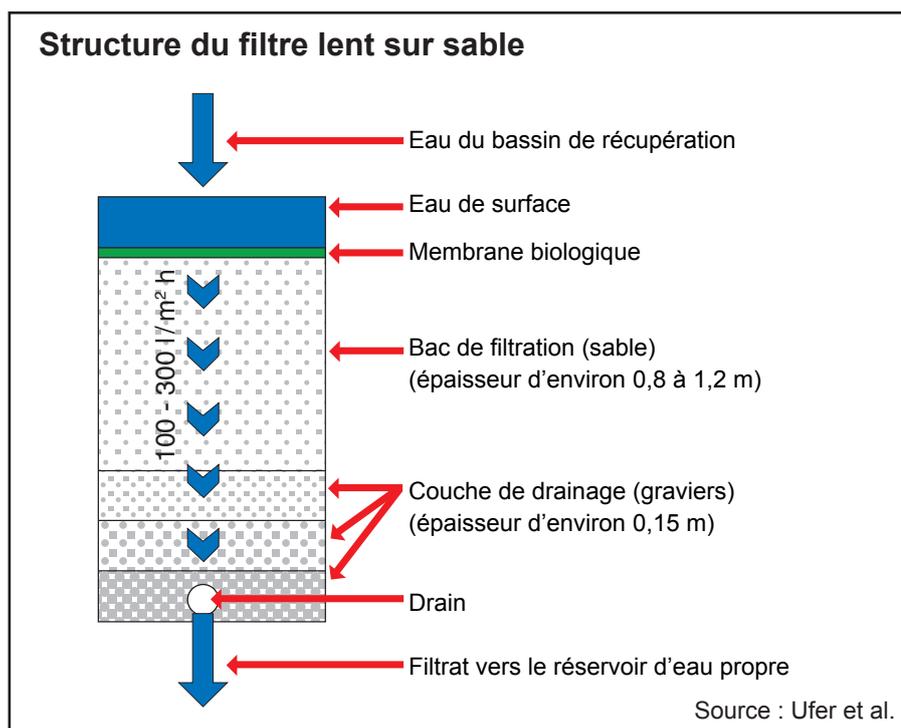
propriétés mécaniques de filtration mais aussi sur l'activité biologique qui permet la dégradation de pathogènes. Ces processus se produisent dans la membrane biologique du filtre. Celle-ci se forme à la surface du sable peu de temps après la mise en marche de l'installation. La dégradation biologique nécessite un certain temps et le débit ne doit donc pas être trop important. Plus l'eau s'écoule lentement, plus l'efficacité augmente. Un débit de 100 à 300 litres par heure par m² de surface de filtration est recommandé et doit être contrôlé à l'aide d'une mesure du débit.

La filtration lente sur sable est très efficace contre les pathogènes fongiques comme *Phytophthora* et *Pythium* ainsi que contre les bactéries. Le taux d'efficacité contre les virus et les nématodes s'élève à environ 90% ce qui suffit en général à empêcher une propagation dans la culture. En fonction de l'intensité de l'utilisation du filtre, la surface doit être régulièrement dégagée pour empêcher le filtre de se colmater.

Cette méthode de filtration peut être adaptée en fonction des besoins en eau et des exigences de l'exploitation et peut ainsi être mise en œuvre partout. La taille du filtre est cependant un obstacle car pour de gros besoins en eau, elle peut exiger une place importante.

➔ La filtration tangentielle

Lors de ce procédé, l'eau s'écoule parallèlement à une membrane. En fonction de la taille des pores de cette membrane certains éléments ne peuvent la franchir. La pratique a montré que certains champignons peuvent se développer le long de cette membrane et croître même du côté « propre » de cette dernière. Cette technique ne s'est donc pas répandue.



➔ Autres filtrations

Il existe par ailleurs une grande diversité de filtres. Parmi eux le filtre à tamis est très souvent utilisé pour effectuer une première filtration. Ce qui définit l'efficacité d'un filtre est la taille de ses pores. Le tableau 1 donne un aperçu des comportements des différents filtres en fonction de la taille des pores.

Rayonnement UV

L'efficacité destructrice des rayonnements ultra-violet (UV) est directement proportionnelle à l'énergie reçue. La longueur d'onde optimale pour la destruction des phyto-pathogènes se situe dans le domaine des UV-C, à environ 254 nm. La dose d'exposition au rayonnement est pour cela déterminante, elle s'exprime en joules par mètre-carré (J/m^2). Une grande partie des bactéries phyto-pathogènes sont détruites à partir de $300 J/m^2$. $1000 J/m^2$ permettent d'éliminer les spores. Pour certains Hyphes et pathogènes fongiques, un rayonnement bien plus important est parfois nécessaire. Le rayonnement doit donc être défini en fonction des pathogènes à éliminer. Le tableau 2, page 4, donne plus de précisions. Un dosage trop important ne peut pas provoquer de dégâts sur les cultures.

Une filtration en amont peut être nécessaire pour augmenter l'efficacité du rayonnement UV. L'opacité de l'eau est alors réduite à un minimum pour limiter la perte de rayonnement. L'origine de l'eau joue ici aussi un rôle important, car l'absorption de la lumière varie en fonction de la qualité de l'eau. Ce paramètre doit être défini pour permettre le réglage adéquat de l'installation.

Cependant le rayonnement est aussi absorbé par les chélates de fer. Ces composés sont détruits par les UV

Tableau 1 : tailles des pores d'un filtre en fonction des pathogènes ou substances à éliminer

	Microfiltration	Ultrafiltration	Nanofiltration	Osmose inverse
Taille des Pores	> 0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm	< 0,001 μm
Type de particules	matière en suspension, germes fongiques	bactéries, virus, protéines	ions plurivalents, petites molécules organiques	ions monovalents

Source : selon Wohanka et modifications

ce qui peut provoquer des signes de carence en fer sur les plantes.

La lampe UV se salit progressivement au cours de son utilisation et un nettoyage régulier est donc nécessaire. La lampe UV doit être changée en règle générale après 10 000 heures de fonctionnement. Cela génère un coût de fonctionnement significatif tout au long de la durée de vie de l'installation.

Procédé thermique

L'eau destinée à l'irrigation est chauffée de 95 à 97 $^{\circ}C$ durant 30 secondes lors de la pasteurisation. Cette méthode a un très large

spectre d'action contre les pathogènes et produit dans la pratique une désinfection suffisante. Une efficacité similaire est aussi obtenue en élevant un peu moins la température mais sur une durée plus importante (85 à 95 $^{\circ}C$ durant environ 3 minutes).

En règle générale, la chaleur fournie est par la suite récupérée grâce à un échangeur thermique. Le besoin en énergie est tout de même considérable, il nécessite en effet environ $1,5 m^3$ de gaz naturel pour la stérilisation d' $1 m^3$ d'eau.

Cette méthode est assez sûre mais comme évoqué plus haut elle est aussi très énergivore et donc coûteuse.



Photo 1: Installation de traitement aux rayons UV

Tableau 2 : Dose mortelle de rayon UV pour les différents phyto-pathogènes

Bactéries	300 J/m ² suffisent
Pathogènes fongiques : - Spores et hyphes incolores - Spores et Hyphes sombres - Certains champignons survivent aussi à plus de 30.000 J/m ² .	environ 1.000 J/m ² 3.000 - 6.000 J/m ²
Virus, nématodes	> 1.000 J/m ²

La désinfection thermique de l'eau joue donc un rôle très restreint dans le domaine de l'horticulture.

Procédés chimiques

Lors de l'utilisation de procédés chimiques, des substances toxiques pour les pathogènes sont ajoutées à l'eau d'irrigation. Ces substances sont produites sur place ou livrées comme produit fini. Pour tous les procédés chimiques, il est utile de filtrer l'eau en amont pour éliminer le plus possible la matière organique. Cette matière neutralise en effet les substances chimiques qui ne peuvent alors plus s'attaquer aux pathogènes.

Ces substances sont la plupart du temps des oxydants qui sont dilués dans l'eau. Les oxydations qui se produisent alors sur les matières organiques en suspension provoquent la mort des microorganismes. Cette méthode peut être mise en œuvre contre tout type de pathogène. Les nématodes sont cependant plus difficilement éliminés. L'efficacité de certains oxydants dépend aussi de la valeur du pH.

➔ Le dioxyde de chlore

La désinfection des eaux d'irrigation par le dioxyde de chlore s'est développée dans le domaine de l'horticulture seulement au cours des dernières années. De nombreux retours d'expérience sur le potentiel

et les risques de cette technique ont toutefois pu être accumulés en peu de temps.

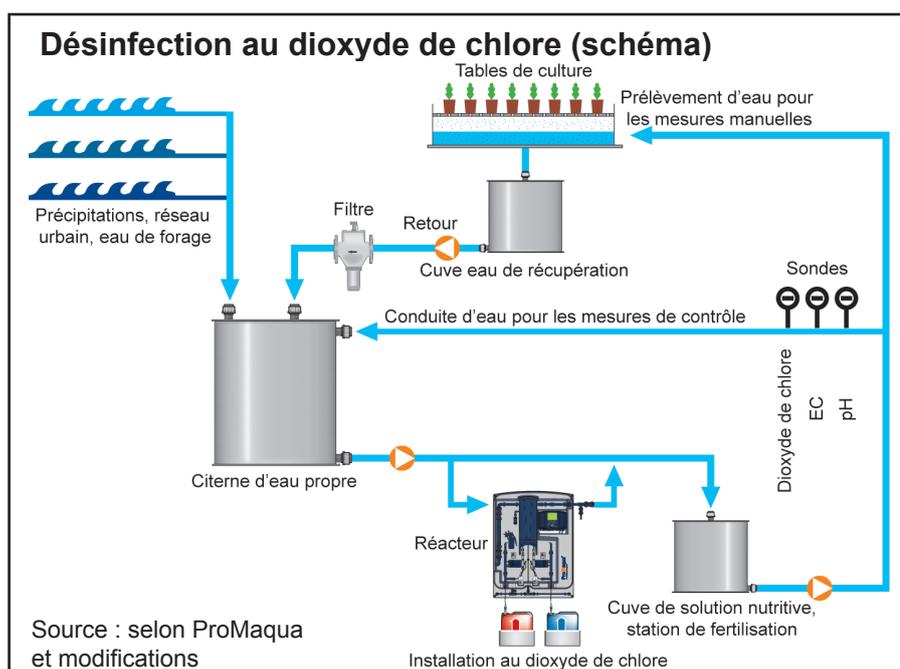
Fonctionnement et efficacité :

Ce procédé se base principalement sur la réaction entre le chlorite de sodium (NaClO₂) et l'acide chlorhydrique (HCl). Une unité de réaction mélange ensuite les concentrations nécessaires de dioxyde de chlore avec une précision de +/- 2% directement ou indirectement dans l'eau d'irrigation. Le dosage de la concentration se fait à l'aide d'un débitmètre à impulsion ou d'un débitmètre électromagnétique et la solution est ajoutée de façon proportionnelle. Le potentiel d'erreur est ainsi réduit par rapport à un dosage régulé par sondes. En règle générale, un contrôle de sécurité est effectué après le dosage.

Les effets peuvent se manifester à deux niveaux : a) La destruction des germes a lieu dans l'eau d'irrigation. b) sur la culture, les germes se trouvant à la surface des plantes sont détruits et la propagation par éclaboussement est empêchée. La quantité pour le dosage doit être définie en fonction du type de culture et en fonction de la distance à parcourir dans les canalisations avant l'arrosage si l'on souhaite un effet direct sur les plantes. Le dioxyde de chlore est en effet très instable et réagit après quelques minutes en donnant différents sous-produits et mettant fin à son efficacité.

Domaines d'application et risques :

La méthode de désinfection au dioxyde de chlore est particulièrement employée contre les bactéries comme Acidovorax, mais aussi contre certains pathogènes fongiques et en particulier le Fusarium. Le dioxyde de chlore empêche la propagation des bactéries par la



solution nutritive et maintient une densité de spores de *Fusarium* assez basse. La propagation des pathogènes est ainsi empêchée.

Ce procédé offre une bonne efficacité contre un large spectre de pathogènes. Toutes les exploitations de nos adhérents dans lesquelles cette technique est utilisée témoignent d'un endiguement de la pression des pathogènes et du maintien d'un niveau de perte réduit.

Ce procédé se prête particulièrement bien à la lutte contre *Xanthomonas* dans la production de jeunes plants. Les caisses de jeunes plants sont exposées au dioxyde de chlore hautement concentré pour les stériliser avant la mise en culture. Un traitement avec une dose plus faible intervient ensuite durant la culture.

Pour un tel usage, le maintien de la sécurité de la production nécessite une attention toute particulière.



Photo 2 : Dommage sur des Begonias très probablement provoqué par le ClO₂

Prescriptions de sécurité pour la prise en charge par l'assurance des sinistres aux cultures provoqués par les installations de traitement de l'eau au dioxyde de chlore

1.1 La mise en marche de l'installation doit être intégralement effectuée par le fournisseur. Ce dernier doit particulièrement prêter attention à la dégradation du dioxyde de chlore à l'intérieur des canalisations. Un protocole de la mise en marche doit être remis.

1.2 L'installation doit être révisée au moins une fois par an par un professionnel.

1.3 Un deuxième point de contrôle indépendant pour la mesure du dioxyde de chlore doit être installé en plus de celui qui sert au dosage (la plupart du temps avant le doseur/réacteur). Il doit permettre de signaler une erreur de dosage ainsi que le manque de l'un des composants du mélange. Une mesure manuelle doit aussi être effectuée une fois par semaine et consignée dans un registre.

1.4 L'ordinateur de serre doit assurer la sauvegarde des paramètres de consigne et des valeurs d'alarme, ainsi que des valeurs du deuxième point de contrôle indépendant sur une durée d'au moins quatre semaines.

Il suffit en effet d'une panne de quelques heures à deux jours pour que les bactéries puissent se multiplier de façon importante. L'intégration de l'installation de désinfection dans le système d'alarme est pour cette raison indispensable !

La sécurité du traitement au dioxyde de chlore n'est pas encore totalement établie. Il manque encore un certain degré d'expérience. En raison des très faibles temps de réponse des plantes avec les techniques de culture modernes (par exemple sur laine de roche), il faut veiller aussi à ce que les plantes soient alimentées en eau même en cas de panne du dispositif de désinfection.

Une sonde redox de contrôle devrait être positionnée juste avant l'arrivée de l'eau sur la surface de culture. Le prélèvement de l'eau pour le contrôle hebdomadaire manuel devrait aussi être réalisé juste à la sortie de l'eau du système d'arrosage au niveau de la culture. La surveillance de l'installation selon les prescriptions

du constructeur ainsi que la révision périodique de l'installation doivent être effectuées obligatoirement par des entreprises agréées.

Problèmes pratiques :

➤ Volume d'eau insuffisant dans la boucle d'arrosage

Le problème se pose pour les systèmes de sub-irrigation en boucle fermée alimentés par l'eau de pluie, après une trop longue période sans précipitation et donc des réservoirs moins remplis. Un changement d'origine de l'eau (puits de pompage, réseau urbain...) a aussi des répercussions négatives.

➤ Incompatibilité avec le Polyéthylène

Ce point est présenté comme contre-indication dans les notices des installations. La pratique a permis de constater des problèmes lorsque les tuyaux d'arrosages sont en PE. Il reste encore à éclaircir si le dioxyde de chlore s'attaque aussi aux revêtements en PE à l'intérieur des citernes métalliques.

➤ Dépôts de Chlorite de sodium (NaClO_2)

Si la température descend en dessous de $12\text{ }^\circ\text{C}$ dans des espaces non chauffés, il peut se produire une précipitation de NaClO_2 ainsi qu'un dégagement de gaz. Ce gaz peut produire des dégâts significatifs sur les cultures s'il atteint une certaine concentration.

➤ Raccordement manquant au système de surveillance

Ces appareils de désinfection sont malheureusement souvent installés sans aucun lien avec les installations de surveillance du système d'irrigation ou de l'ordinateur de serre !

➤ Panne de l'installation de désinfection

Il faut veiller à ce que la circulation de l'eau soit garantie même en cas de panne.

➔ L'électrolyse

La désinfection des eaux d'irrigation grâce à l'électrolyse ne se répand dans le secteur de l'horticulture que depuis 2012. Lors de ce procédé, les sels de chlore présents dans l'eau sont transformés par un courant électrique en liaisons chlore désinfectantes. Pour que du chlore « actif » (avec des liaisons chlore fortement réactives/oxydantes) soit produit en quantité suffisante, il faut souvent ajouter des sels de chlore. La substance active ainsi produite est principalement l'acide hypochloreux (HOCl). De l'hypochlorite (ClO^-), de l'Ozone (O_3), du dioxyde de chlore (ClO_2) et d'autres substances sont aussi produites mais en quantités insuffisantes pour produire un effet significatif. Ces substances actives sont en général stockées dans un réservoir après l'électrolyse et ajoutées dans l'eau d'irrigation par une pompe doseuse. Cela s'effectue souvent sans mesure supplémentaire. Il est regrettable qu'un grand

nombre d'installations soient installées sans lien avec la régulation de l'irrigation et ne soient soumises à aucune surveillance ni système d'alarme. Très peu d'études scientifiques ont jusqu'à maintenant été réalisées et il se pose donc un grand nombre de questions. Les premières études ont toutefois prouvé que les produits de l'électrolyse réagissent avec les engrais à base d'ammonium. En fonction de la concentration en ions ammonium dans l'eau, une grande partie des substances actives sont dégradées. Une dégradation a aussi lieu au contact des matières organiques comme par exemple les particules de tourbe en suspension. La valeur du pH doit par ailleurs se trouver dans le domaine acide (pas plus de 6,5) pour garantir une efficacité. Ces différents aspects permettent d'expliquer pourquoi les premières études pratiques n'ont pas permis de démontrer l'efficacité de ce procédé.

Avant la mise en place d'une installation d'électrolyse dans une exploitation horticole, et au plus tard après l'installation, le producteur devrait se préoccuper des aspects suivants :

- Quelles réactions peuvent se produire entre les engrais et les produits de l'électrolyse ?
- Que se passe-t-il en cas de réutilisation de l'eau après ajout de sel ?
- Des réactions différentes se produisent-elles en fonction de la qualité de l'eau ?
- Existe-t-il un risque si seulement certaines parties des surfaces de culture sont traitées ?
- Comment se comporte l'électrolyse en période de besoin en eau très réduits ?

➔ Les ions cuivre

Les ions cuivre offrent une possibilité supplémentaire de désinfecter l'eau. Le cuivre est déjà utilisé depuis de nombreuses années en arboriculture et en viticulture contre les pathogènes fongiques. Ce n'est pas encore le cas pour la préparation de l'eau d'irrigation des cultures sous serre. Lors de ce procédé, l'eau est conduite entre deux plaquettes de cuivre. Ces plaquettes sont soumises à un courant électrique qui conduit à l'enrichissement de l'eau en ions cuivre. Ces ions présentent un effet contre les pathogènes fongiques mais très peu ou pas d'effet contre les virus et les bactéries.

Le dosage des ions cuivre se fait en fonction de l'intensité électrique entre les deux plaquettes de cuivre, il s'élève à environ 1 ppm. Gartenbau-Versicherung n'a jusqu'à maintenant enregistré aucun dommage sur des cultures lié à une installation de désinfection au cuivre, ce qui est sans doute lié au très faible nombre d'installations actuelles. Il faut ici aussi prêter attention à ce que les plantes puissent être irriguées avec de l'eau non traitée en cas de panne de l'installation.

En règle générale :

Pour tous les types de désinfection chimique de l'eau, il faut effectuer une seconde mesure de contrôle indépendante du dosage ! Cette mesure doit être intégrée au programme de surveillance du système d'irrigation ou de l'ordinateur de serre. Les prescriptions de sécurité dans ce domaine s'appliquent aussi bien en matière d'alarme que d'enregistrement des valeurs de mesure, d'alarme et de consigne.

Tableau 3 : Spectre d'action de différents systèmes de désinfection de l'eau et leurs avantages et inconvénients respectifs

Procédé	Spectre d'action	Avantages	Inconvénients
Filtration lente sur sable	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité contre champignons et bactéries • Dans de nombreux cas suffisamment efficace contre virus et nématodes 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts réduits • Utilisation simple 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne filtre pas tous les pathogènes • Taille importante pour de forts besoin en eau • Nettoyage périodique de la surface du filtre nécessaire
Rayonnement UV	<ul style="list-style-type: none"> • Pathogènes fongiques (réaction très différente en fonction des stades de développement) • Bactéries et virus (bonne efficacité) 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité globalement bonne 	<ul style="list-style-type: none"> • Une filtration préalable peut être nécessaire • Coûts importants • Pas d'efficacité directe sur la culture
Traitement thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité contre tous les phyto-pathogènes bonne/suffisante 	<ul style="list-style-type: none"> • Large spectre d'action 	<ul style="list-style-type: none"> • Energivore et coûteux • Pas d'efficacité directe sur la culture
Dioxyde de chlore	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité contre champignons et bactéries, mais pas à 100% 	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité • Coût de fonctionnement limité • Efficacité directe sur la culture 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement élevé • Risque potentiel important en cas de mauvaise utilisation • Dégradation au contact de la matière organique
Electrolyse	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité similaire au dioxyde de chlore contre champignons et bactéries • Pas encore d'étude scientifique à l'appui 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement moins élevé que les méthodes comparables • Coût de fonctionnement réduit • Efficacité directe sur la culture 	<ul style="list-style-type: none"> • Risques encore inconnus et régulation autonome • Pas d'étude scientifique ni de retour d'expérience suffisant • Réaction avec les ions ammonium → pas d'effet désinfectant ! • Efficacité liée à la valeur du pH • Dégradation au contact de la matière organique
Ions cuivre	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne efficacité contre les champignons 	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à maintenant très peu de retour d'expérience : aussi bien positif que négatif 	

Checklist

Ce qu'il faut prendre en compte lors de l'installation d'un système de désinfection des eaux d'irrigation :

- Identification des pathogènes qui posent le plus de problèmes dans l'exploitation avant le choix du type d'installation
- La qualité de l'eau utilisée intervient aussi en grande partie dans le choix de la méthode de désinfection.
- Prendre en compte les variations de la qualité de l'eau : ces variations sont possibles lors de changement d'origine de l'eau ou bien d'évolution de la qualité de l'eau du puits.
- Adaptation au type de culture
- Evaluer le besoin en connaissances techniques. Qui peut faire fonctionner l'installation ?
- Définir les besoins en eau pour calculer la taille de l'installation
- Combinaison de plusieurs méthodes pour obtenir le résultat souhaité (par exemple filtration pour permettre un traitement chimique efficace par la suite)
- Comparer les coûts en investissement et en fonctionnement ; cela dépend de l'exploitation et est toujours une décision individuelle
- Installation et mise en marche par une entreprise agréée
- Intégrer l'installation dans le système de régulation de l'arrosage !
- Installation d'un capteur de contrôle et intégration dans le système d'alarme
- L'irrigation doit être assurée même en cas de panne de l'installation de désinfection
- S'assurer de la fiabilité générale de l'installation (réduire au maximum les aléas possibles)
- La qualité de l'eau devrait être régulièrement vérifiée suite à l'installation.

Pour plus d'informations, vous pouvez vous référer aux prescriptions de sécurité particulières pour les exploitations horticoles, maraichères et pépiniéristes de Gartenbau-Versicherung VVaG disponibles en ligne sur www.hortisecur.fr ou envoyées par la poste sur demande.

Gartenbau-Versicherung VVaG
Succursale
28 rue Schweighaeuser, B.P. 232
67006 Strasbourg cedex

Tél. 03 88 60 29 95
Fax 03 88 60 45 72
info@hortisecur.fr
www.hortisecur.fr

Gartenbau-Versicherung VVaG
Von-Frerichs-Straße 8
D-65191 Wiesbaden
Tel. +49 611 / 56 94 0

© Gartenbau-Versicherung 2014

Auteurs version allemande :
Johannes Schmidt,
Christian Senft

Traduction en français :
Alexandre Druhen

Photos : Archive GV

