



Tomate

Synthèse des essais sur le recyclage et le traitement de solutions nutritives

2017



Justine GARNODIER, Ctifl / APREL.

Anne TERRENTROY, Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône (13).

Claire GOILLON, Catherine TAUSSIG, APREL.

1 – Thème de l'essai

Depuis plusieurs années, l'APREL est fortement impliquée avec ses partenaires (Chambres d'Agriculture, CETA, OP, Ctifl) et auprès des producteurs dans la recherche de solutions efficaces et durables pour le recyclage des eaux de drainage de serres hors sol. Au-delà de l'aspect réglementaire, la mise en œuvre du recyclage correspond à une meilleure prise en compte des impacts environnementaux et économiques des systèmes de culture hors sol. Elle contribue à mieux répondre aux attentes de la société et à améliorer l'image de la production.

2 – But de l'essai

En tomate, des sites pilotes ont été mis en place chez des producteurs afin de vérifier l'efficacité en conditions d'exploitation de différents systèmes de traitement des eaux de drainage : recyclage avec thermodésinfection, UV, électrolyse, ultra filtration, traitement des eaux par lagunage... Ils ont permis également d'acquérir des références sur les équipements et la conduite de la fertirrigation avec recyclage. Ces résultats ont été régulièrement publiés mais il est utile pour que chacun, notamment les producteurs, puisse accéder d'une façon synthétique à l'ensemble de ces références régionales, de rassembler ces informations acquises sur les installations, le fonctionnement du recyclage, les systèmes de traitement, et les points clé sur la conduite du recyclage, avec des exemples de réalisation.

3 – Facteurs et modalités étudiés

Pour l'ensemble des essais réalisés, la méthodologie de mesure de l'**efficacité de la désinfection** était basée sur la mesure de la charge biologique des eaux de drainage, avant et après traitement par le système de désinfection. Ces mesures étaient effectuées par le laboratoire Equasa de l'Université de Bretagne Occidentale. Les conditions de fonctionnement, l'ergonomie, la fiabilité font également partie des critères retenus pour évaluer le système de désinfection étudié.

4 – Matériel et méthodes

- **Matériel végétal** : Les systèmes de désinfection ont été étudiés sur une production de tomate hors sol.
- **Site d'implantation** : Les essais ont eu lieu chez des producteurs de Provence membres des groupements partenaires du réseau d'expérimentation de l'APREL.
- **Dispositif expérimental** : Les prélèvements et analyses ont lieu une fois par mois. Les prélèvements sont effectués en début de semaine puis envoyés au laboratoire sous 24h pour être analysés le jour de leur réception. Les prélèvements sont effectués dans des conditions d'asepsie optimale afin de limiter les contaminations extérieures : utilisation de flacon stérile pour conserver les échantillons d'eau, port de gants lors des manipulations, désinfection à l'alcool des gants et des prises d'eau avant les prélèvements. Le protocole de prélèvement détaillé est annexé à ce compte rendu (annexe 1).

Sur chaque site, les prélèvements ont lieu à 3 endroits différents du système de désinfection :

- A) au niveau de la cuve de stockage des solutions drainées non désinfectées,
- B) juste après le traitement par le système de désinfection,
- C) au niveau de la cuve de stockage de la solution désinfectée.

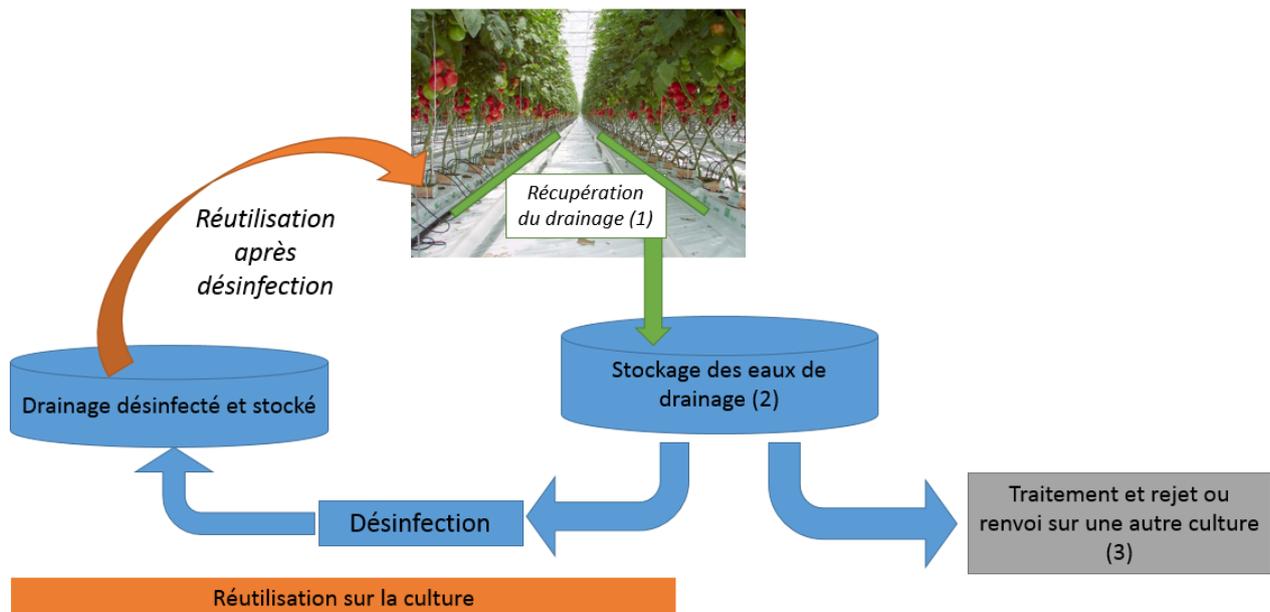


Figure 1 : Les étapes clés du recyclage des effluents de serre de tomate hors sol

5 – Résultats

5.1 – Rappel sur la gestion des effluents

Il y a plusieurs étapes dans la gestion des effluents (fig. 1) :

1. Récupérer les eaux de drainage, en général avec un système de gouttières.
2. Les stocker.
3. Les recycler, avec ou sans traitement.

Pour les recycler, deux options sont possibles :

1. les renvoyer dans la culture. Dans ce cas, il faudra prendre en compte des contraintes sanitaires (risque de contamination) et minérales (risque de déséquilibre des éléments dans la solution fertilisante). Voir § 5.1.1 « Le recyclage dans la culture ».
2. les envoyer en dehors de la culture pour les traiter et/ou les réutiliser sur une autre culture.

Chaque étape nécessite des équipements et des précautions spécifiques.

5.1.1 Le recyclage dans la culture

La réutilisation dans la culture des eaux de drainage récupérées présente des contraintes minérales et certains risques sanitaires dont il faut tenir compte. Des moyens de limiter ces risques existent et doivent être mis en œuvre dans les exploitations.

5.1.1.1 Concernant les contraintes minérales : au cours du recyclage certains éléments minéraux peuvent se concentrer dans la solution nutritive au détriment d'autres, créant ainsi un déséquilibre qui peut être pénalisant pour le développement des plantes et la production. Ces risques sont essentiellement liés à la qualité de l'eau d'apport selon qu'elle est plus ou moins chargée en Na, Cl, SO₄ et Ca. Des travaux du Ctifl (Le Quillec, 2002) ont donné des informations sur les niveaux de conductivité (EC) et de concentration en éléments (Ca, Na, Cl, SO₄) de l'eau d'apport qui imposent une vigilance et une gestion spécifiques ou parfois peuvent interdire le recyclage dans la culture.

Dans la plupart des cas suivis dans la région, ces contraintes ont pu être surmontées grâce à une surveillance rigoureuse et en appliquant diverses techniques de gestion des apports :

- **Choix de l'eau d'apport** : dans certains cas, il est possible de choisir une source d'eau moins chargée en minéraux (par exemple Canal de Provence par rapport à une eau de forage chargée), en totalité ou en mélange, ou par période, mais il peut y avoir des contraintes économiques et techniques.

- **Conduite de la ferti-irrigation** : conduire avec un drainage suffisamment abondant pour limiter les risques d'accumulation et d'hétérogénéité dans la serre mais sans excès cependant car les volumes drainés devront ensuite être stockés/traités/utilisés.

- **Gestion de la proportion de drainage** dans la solution nutritive apportée aux plantes ; pour limiter les risques de déséquilibre de la solution fertilisante apportée, on ne renvoie dans la culture à chaque arrosage qu'une part limitée du drainage recueilli, complétée par de l'eau et des éléments minéraux nouveaux.

Exemple de méthode pour l'utilisation du drainage dans la culture :

Le drainage est mélangé à de l'eau claire dans la limite d'un pourcentage en volume ou d'une conductivité dite « de pré-mélange ». Le pourcentage ou la conductivité de pré-mélange sont déterminés par le producteur qui tient compte pour cela du volume de drainage à utiliser, du niveau de conductivité à l'apport. On obtient ainsi un pré-mélange dans lequel sont injectés des éléments fertilisants (engrais), en proportion équilibrée pour le stade de la culture jusqu'à atteindre la conductivité finale souhaitée.

Pour déterminer la conductivité de pré-mélange, certains producteurs imposent qu'une part minimale de la conductivité soit apportée par une solution « nouvelle » d'engrais en proportion équilibrée. Exemple (indicatif) : si la consigne de conductivité d'envoi est de 3, apporter au moins 1 mS par les engrais. Cette consigne peut évoluer.

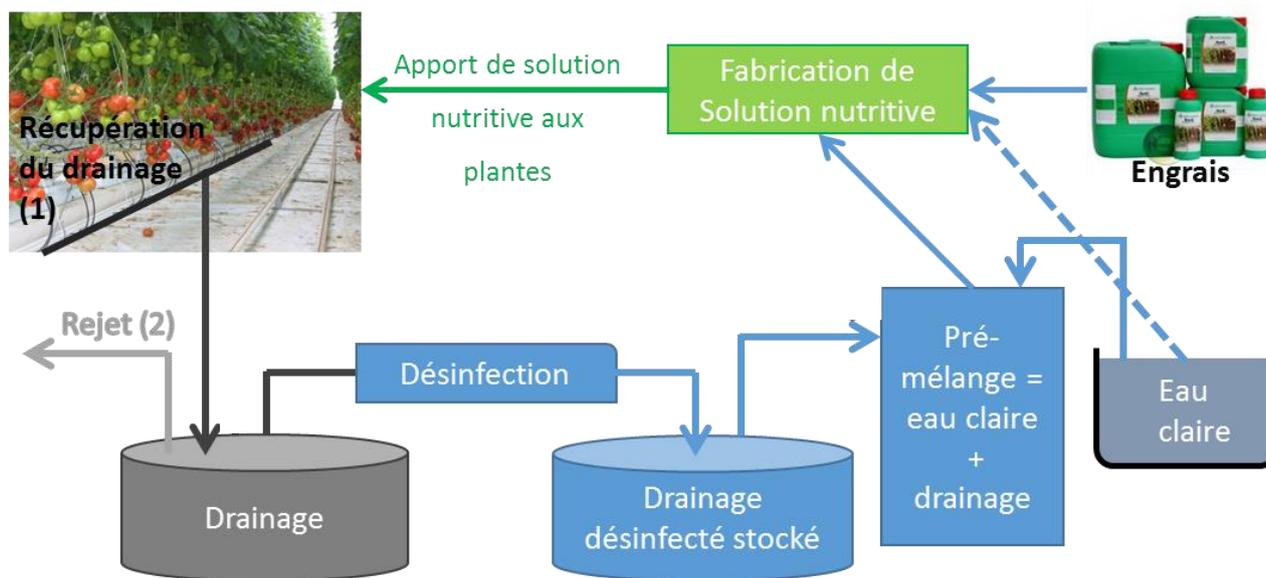


Figure 2 : Schéma d'organisation du traitement et du recyclage des eaux de drainage

Remarque : Si les quantités de drainage utilisées pour le pré-mélange ne permettent pas d'utiliser assez rapidement le volume de drainage disponible, il faudra envisager de l'évacuer, au moins en partie, car les risques sanitaires augmentent avec le temps de stockage.

- **Mise en œuvre d'une solution secondaire**, extérieure à la culture, pour évacuer le drainage, de façon raisonnée, en cas de nécessité (accumulation d'éléments, difficulté pour utiliser tous les volumes recueillis, problème sanitaire). Ces solutions sont choisies parmi celles utilisées pour le recyclage/traitement en dehors de la culture (voir § 5.3 à la suite).

- **Analyses minérales régulières** des eaux drainées nécessaires pour contrôler et anticiper les risques de déséquilibre ou d'accumulation gênante d'éléments minéraux. Il s'agit d'analyses des composants minéraux de la solution, y compris parfois les oligo-éléments. Les premières années, elles permettent d'apprendre à connaître le fonctionnement du système de recyclage. L'acquisition de références d'année en année aide à anticiper les modifications de solution fertilisante selon les stades de culture. L'accompagnement par un conseiller expert pour le suivi et l'interprétation des résultats est apprécié.

Pour la préparation des cuves d'engrais (volumes préparés), il est important de tenir compte des dates d'analyses afin de pouvoir faire rapidement les modifications éventuellement nécessaires suite aux résultats. Dans les suivis réalisés par l'APREL, des analyses de solution d'apport et de drain ont été réalisées tous les 15 jours. Elles ont permis d'ajuster rapidement la solution fertilisante ou de prendre la décision, en cas de nécessité, d'évacuer une partie du drainage. Certains producteurs font une série d'analyses par semaine.

Dans le contexte des exploitations suivies par l'APREL, les contraintes minérales ont été bien surmontées dans la mesure où la surveillance et le suivi ont été rigoureux, notamment lors de la mise en route et des premières campagnes de recyclage.

Les producteurs insistent sur la nécessité, particulièrement quand on recycle, d'utiliser des engrais de qualité, très solubles, purifiés.

5.1.1.2 Concernant le risque sanitaire : lorsqu'on renvoie les eaux de drainage dans la culture, il y a risque de dissémination de pathogènes. Pour limiter ce risque, une désinfection préalable des effluents est conseillée, essentiellement sur les cultures sensibles comme la tomate ou le concombre. La désinfection est réalisée à la sortie de la cuve de stockage du drainage.

L'objectif est de désinfecter le drainage pour le recycler dans la culture, en limitant le risque sanitaire et en conservant les minéraux présents dans la solution drainée. De nombreux dispositifs sont proposés, venant le plus souvent du traitement des eaux urbaines. Ils sont d'ordre :

- physique (rayonnement UV, traitement thermique, ultrafiltration)¹
- biologique (biofiltration)
- chimique (ozonisation, chloration, électrolyse¹)

Les volumes de drainage une fois désinfectés sont :

- soit stockés dans une nouvelle cuve. Dans ce cas ils doivent être utilisés rapidement pour limiter les risques de recontamination,
- soit, plus rarement, injectés directement dans le circuit après désinfection pour fabriquer le pré-mélange.

Voir au § 5.2 les différentes techniques testées par l'APREL pour la désinfection du drainage dans le cas de recyclage dans la culture

5.1.2 Le recyclage en dehors de la culture

S'ils ne sont pas renvoyés dans la culture, pour des raisons de risque sanitaire, de charge minérale ou autres contraintes techniques ou économiques, les effluents peuvent être envoyés en dehors de la parcelle dans la mesure où ils sont traités (ramenés aux normes pour la composition minérale ou déminéralisés) ou utilisés pour irriguer et fertiliser d'autres végétaux.

Voir au § 5.3 l'expérimentation menée par l'APREL sur un bassin filtrant végétalisé.

5.1.3 La gestion des volumes

Le recyclage des effluents d'une culture hors sol implique la gestion de volumes d'eau, parfois importants. Apprendre à gérer ces volumes demande une période d'apprentissage et d'observation. Il est important d'avoir de la régularité dans l'utilisation du drainage récupéré (et désinfecté), de ne pas fonctionner par à-coups.

Pour un fonctionnement optimal, il est essentiel de bien dimensionner l'installation en amont : capacité des cuves, des canalisations, débit des pompes, du système de traitement... en fonction des stratégies d'irrigation de l'exploitation.

Au cours des suivis réalisés par l'APREL, des relevés de volumes de solution nutritive apportés, drainés et recyclés ont été réalisés (fig. 3). Les risques de fuite dans l'installation doivent également être anticipés et contrôlés.

La gestion du recyclage est assistée par l'ordinateur de ferti-irrigation ce qui permet de contrôler les volumes de drain stockés, désinfectés et réinjectés dans la culture et de pouvoir anticiper les risques de surverse ou de déséquilibre de volume entre les cuves.

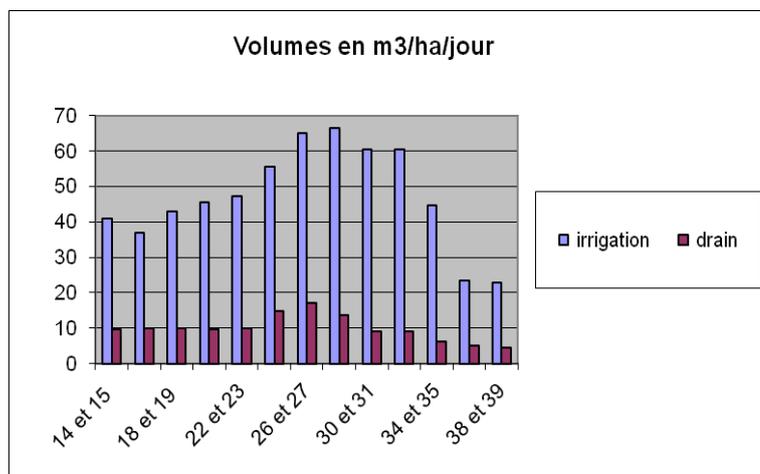


Figure 3 : Exemple de volumes d'eau apportés et drainés en moyenne par jour sur une saison de culture de tomate hors-sol (suivi APREL 2003) ; exemple à titre indicatif. On peut observer des volumes plus importants en système recyclé, notamment pour le drainage.

¹ Systèmes testés par l'APREL

5.1.4 Rappel de quelques points de vigilance

Lors de la mise en place puis du fonctionnement d'un système de recyclage ou de traitement des effluents de cultures de tomate hors sol, il faut être vigilant sur les points suivants :

- Le dimensionnement de l'installation (canalisations, pompes, cuves) doit être adapté aux volumes de drainage et à la stratégie de ferti-irrigation et de désinfection (stockage ou non du drainage)
- Le matériel et les circuits hydrauliques doivent être régulièrement vérifiés et entretenus. Il faut agir en préventif.
- La fiabilité de l'installation de récupération doit être vérifiée (éviter les fuites)
- Les suivis de l'APREL ont permis de constater à plusieurs reprises la nécessité de s'assurer que le service après-vente de l'installateur est efficace et réactif. D'une part, pour la partie hydraulique et d'autre part pour les systèmes de traitement avec du matériel parfois sophistiqué ou fragile, très sollicité. Il est nécessaire de trouver rapidement une réponse, pour l'entretien du matériel, le remplacement de pièces et les réparations en cas de panne.
- En cas de recyclage dans la culture, prévoir une solution complémentaire pour pouvoir évacuer en cas de nécessité
- Des analyses doivent être réalisées : (i) minérales, pour éviter les déséquilibres et les accumulations dans la solution fertilisante et (ii) microbiologiques, pour vérifier l'efficacité des systèmes de désinfection, notamment dans les premiers temps de fonctionnement et après des réglages ou modifications du système. Certains fournisseurs de matériel de désinfection proposent ce type d'analyse (par un laboratoire spécialisé) pour vérifier le bon fonctionnement du système ou faire les réglages nécessaires.
- Pour le choix de l'équipement, l'installation et le suivi d'un système de recyclage, il est recommandé de choisir des entreprises reconnues et expérimentées dans le domaine de la serre.

5.2 – Les techniques de désinfection pour le recyclage dans la culture

L'APREL a testé plusieurs systèmes de désinfection sur des sites pilotes pour vérifier l'efficacité et la possibilité d'utiliser ces techniques dans le contexte d'une culture de tomate hors sol. Les analyses réalisées sur les eaux traitées par les différents systèmes pour en vérifier l'efficacité sont des analyses biologiques réalisées par des laboratoires spécialisés. L'APREL sous-traite les analyses auprès du laboratoire EQUASA de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO). L'efficacité est évaluée par comparaison d'un échantillon prélevé avant désinfection avec un échantillon prélevé après désinfection et un échantillon prélevé dans la cuve de stockage. Il est ainsi possible de déterminer l'efficacité du système de désinfection et de mesurer les risques de recontamination lors du stockage des eaux désinfectées. Les analyses standard portent sur des champignons et des bactéries de référence. Pour que l'analyse soit fiable, il faut que l'échantillon soit prélevé de façon stérile, ce qui implique de prendre beaucoup de précautions et d'avoir prévu sur l'installation hydraulique des points de prélèvement adaptés (sur la cuve de stockage des eaux drainées, sur l'appareil de désinfection et sur la cuve de stockage des eaux désinfectées). Un protocole de prélèvement a été rédigé par l'APREL afin de s'assurer que les prélèvements sont réalisés dans de bonnes conditions d'asepsie (Annexe 1).

5.2.1 Désinfection aux rayons ultra-violets

C'est le système aujourd'hui le plus représenté dans les exploitations de la région. Il est largement répandu chez les serristes français. L'APREL a réalisé une première série d'essais entre 2004 et 2006 qui n'ont pas été concluants puis de nouveaux essais en 2013 qui ont donné des résultats très positifs, la technologie ayant fortement évolué, avec une plus grande automatisation et une meilleure gestion du nettoyage des lampes UV.

PRINCIPE : La solution à désinfecter passe dans une chambre d'irradiation où est généré un rayonnement UV. L'irradiation provoque la destruction des cellules des organismes vivants contenus dans la solution de drainage (champignons, bactéries, virus).



Figure 4 : Installation dernière génération pour la désinfection par ultra-violet, constructeur PRIVA (2013)

L'efficacité de la désinfection UV dépend de l'intensité du rayonnement et de la turbidité (niveau de clarté) de la solution. Pour une désinfection optimale (y compris les virus), la dose efficace minimale de rayonnement est de 250mJ/cm² (Le Quillec, 2002). Il existe 3 systèmes de désinfection UV : basse pression, moyenne pression et haute pression. L'UV haute pression consiste en une seule lampe de forte puissance avec la possibilité de faire varier la longueur d'onde.

L'UV basse pression consiste en plusieurs lampes UV de faible puissance montées en série, il est deux fois moins énergivore que l'UV moyenne pression. Aussi, il présente une meilleure performance de conversion de l'énergie électrique en rayonnement UV (35% contre 10% pour le système moyenne pression).



Figure 5 : Essais 2004-2006, manque d'efficacité du système de nettoyage des lampes. La désinfection est insuffisante.

Les points à retenir :

L'efficacité de la désinfection dans le contexte d'une exploitation en culture de tomate hors sol a été démontrée (suivis 2013/14, tab. 1, fig. 4), mais certaines conditions doivent être respectées. Les essais de 2005 et 2006 ont mis en évidence un manque d'efficacité si le système est peu automatisé et si la filtration et surtout le nettoyage des lampes sont mal adaptés (fig. 5). En effet, l'efficacité de la désinfection dépend de la puissance des lampes et de la transmission du rayonnement dans l'eau. Ce taux de transmission (appelé T10) est influencé par la turbidité de l'eau (coloration/charge) et la propreté des lampes. Si l'eau est trop chargée (turbidité élevée), les rayons UV diffusent mal et la désinfection est alors moins efficace. Dans tous les cas, l'eau drainée doit être filtrée (filtre à sable ou à tamis 25 μ maxi) avant la désinfection aux UV. Il est possible d'incorporer de l'eau claire pour améliorer la transmission des eaux de drainage. C'est souvent le cas avec les substrats en fibres de coco qui colorent la solution. Dans les nouvelles machines, le taux de transmission est contrôlé automatiquement en permanence et les consignes de traitement (mélange avec de l'eau pour améliorer la transmission, ralentissement du débit de désinfection, nettoyage des lampes) sont automatisées pour assurer une désinfection optimale.

Les principaux avantages du système UV sont :

- Des débits de traitement courants compris entre 5 et 15m³/h, adaptés à l'utilisation en culture hors sol,
- Une installation compacte,
- L'absence de risque de phytotoxicité,
- Les coûts prennent en compte l'achat du dispositif, son fonctionnement (consommation électrique) et entretien (changement des lampes). Ils dépendent du volume d'eau à traiter, de la dose de rayonnement appliquée et du taux de transmission dans la solution à traiter. Ils sont élevés mais sont à mettre en parallèle avec les économies d'eau et d'engrais réalisées qui sont en général notables. Ainsi, selon les surfaces de serre traitées, les temps de retour peuvent être courts.

Les principaux inconvénients identifiés sont :

- La destruction possible des chélates de fer, surtout à pH élevé et le dépôt d'oxyde de fer sur le quartz de la lampe UV qui en résulte (source : projet H2020 Fertinnowa)
- La diminution de la teneur en manganèse de la solution (source : projet H2020 Fertinnowa).

Et comme pour la plupart des systèmes de désinfection :

- Une élimination indifférenciée de la flore antagoniste et pathogène,
- Le mélange désinfecté doit être utilisé rapidement pour limiter les risques de contamination
- Le système doit être entretenu régulièrement (durée de vie limitée des lampes par exemple). Il faut s'assurer un service après-vente rapide et efficace.

Tableau 1 : Résultats d'analyses microbiologiques réalisées par le laboratoire Equasa sur une saison de production (avril à septembre)

Microorganismes	date de prélèvement	A) Eau drainée	B) Eau drainée traitée	C) Eau drainée stockée	% de désinfection sortie UV (B/A)	% de désinfection après stockage (C/A)
BACTERIES						
Flores bactérienne totale	08/04/2015	440	0	10	100,00%	97,73%
	05/05/2015	215	0	0	100,00%	100,00%
	03/06/2015	203	0	0	100,00%	100,00%
	29/06/2015	203	0	0	100,00%	100,00%
	19/08/2015	15	0	0	100,00%	100,00%
	16/09/2015	215	0	0	100,00%	100,00%
<i>Bacillus</i> spp.	08/04/2015	29000	0	3300	100,00%	88,62%
	05/05/2015	162750	0	33000	100,00%	79,72%
	03/06/2015	440000	0	3900	100,00%	99,11%
	29/06/2015	140000	21000	0	85,00%	100,00%
	19/08/2015	42000	27	0	99,94%	100,00%
	16/09/2015	162750	20	224	99,99%	99,86%
<i>Pseudomonas</i> fluorescents	08/04/2015	2200	0	0	100,00%	100,00%
	05/05/2015	14950	0	0	100,00%	100,00%
	03/06/2015	40000	0	0	100,00%	100,00%
	29/06/2015	16000	0	0	100,00%	100,00%
	19/08/2015	1600	0	0	100,00%	100,00%
	16/09/2015	14950	0	0	100,00%	100,00%
CHAMPIGNONS						
<i>Fusarium oxysporum</i>	08/04/2015	4 500	0	0	100,00%	100,00%
	05/05/2015	1988	0	0	100,00%	100,00%
	03/06/2015	550	0	0	100,00%	100,00%
	29/06/2015	1 500	0	0	100,00%	100,00%
	19/08/2015	1 400	0	0	100,00%	100,00%
	16/09/2015	1988	0	0	100,00%	100,00%
<i>Pythium</i> spp.	08/04/2015	7	0	0	100,00%	100,00%
	05/05/2015	5	0	0	100,00%	100,00%
	03/06/2015	10	0	0	100,00%	100,00%
	29/06/2015	1	0	0	100,00%	100,00%
	19/08/2015	0	0	0	100,00%	100,00%
	16/09/2015	5	0	0	100,00%	100,00%

LEGENDE : Moyenne estimée d'après les autres prélèvements Efficacité <90% Efficacité <80% na = pas de données

5.2.2 Désinfection thermique

Ce système de désinfection a été installé dans quelques exploitations de la région. Il a fait l'objet de 3 années de suivi sur un site pilote par l'APREL (2003-2005) (fig. 6) qui ont permis de confirmer l'efficacité de la désinfection (tab 2).

PRINCIPE : La solution à désinfecter est pasteurisée lors de son passage sur des échangeurs thermiques (fig. 7). Avant le traitement thermique, la solution doit être filtrée (75µm) pour éliminer les débris de matière organique et minérale, et acidifiée (pH 4) afin d'éviter les dépôts de carbonate de calcium à l'intérieur des échangeurs. Elle subit un préchauffage puis une désinfection à 95-97°C pendant 30sec. Enfin, la solution sortante est refroidie.



Figure 6 : Dispositif de thermodésinfection évalué par l'APREL entre 2003 et 2005

Tableau 2 : Résultats d'analyses microbiologiques réalisées par le laboratoire Equasa sur un prélèvement d'eau traitée par thermodésinfection

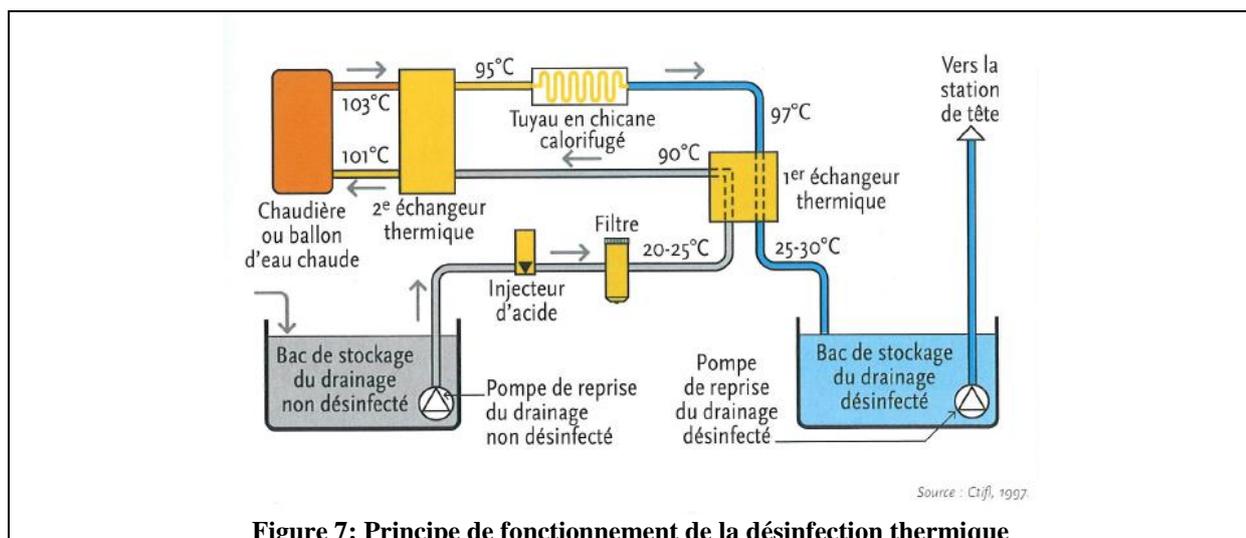
en UFC/ml	Flore bactérienne totale	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pythium spp.</i>
Avant désinfection	3,1.10 ⁴	2,7.10 ³	130
Après désinfection	223	0	0
% d'élimination	99,3	99,9	99,9

L'efficacité de la désinfection thermique ou thermodésinfection dans le contexte d'une exploitation en culture de tomate hors sol a été démontrée mais certaines conditions doivent être respectées et certains points à noter :

- L'efficacité dépend de la température et du temps d'exposition de l'eau traitée.
- Il n'y a pas de phytotoxicité, pas d'impact sur les éléments minéraux de la solution traitée
- Un contrôle automatisé du fonctionnement de la pasteurisation est nécessaire
- Les débits de traitement courant sont compris entre 2 et 15m³/h, adaptés à l'utilisation en culture hors sol
- Les coûts d'achat, d'entretien et de fonctionnement (consommation d'énergie) élevés sont à mettre en parallèle avec les économies d'eau et d'engrais réalisées.
- Le procédé adapté est plutôt destiné aux grandes exploitations

Et comme pour la plupart des systèmes de désinfection,

- Elimination indifférenciée de la flore antagoniste et pathogène,
- Le mélange désinfecté doit être utilisé rapidement pour limiter les risques de contamination,
- Le système doit être entretenu très régulièrement car le risque d'usure du matériel par les fortes températures est important. Il faut s'assurer d'un service après-vente rapide et efficace.

**Figure 7: Principe de fonctionnement de la désinfection thermique**

5.2.3 Ultrafiltration

Ce système a été essayé par l'APREL de 2013 à 2016 avec un prototype installé sur un site pilote à Berre (fig. 8). Les caractéristiques décrites sont celles de ce prototype.

Principe : l'effluent stocké dans un bac est transféré et filtré sur des membranes semi-perméables successives. Les membranes assurent le blocage mécanique des particules supérieures à 0,01 micron (champignons, bactéries, virus). Le nettoyage des membranes se fait à l'eau chlorée avec retour des eaux de lavage vers le bac de stockage. L'ajout de chlore gazeux dans le bac d'eau traitée limite le risque de recontamination.

Les atouts annoncés d'un tel système étaient :

- Installation compacte
- Rusticité
- Faible coût énergétique (pression de 2 à 6 bars).
- Rémanence de la désinfection par l'injection de chlore gazeux.
- Recyclage des éléments minéraux

Avec des contraintes :

- Renouvellement des membranes (4 à 5 ans – données constructeurs, à tester)
- Débit 2 m³/h (insuffisant dans le contexte de l'exploitation)
- Vitesse de filtration varie avec la température (plus efficace entre 10 et 25°C, +30% par rapport à la T°C ambiante)
- Gestion et élimination du retentât et risque de colmatage profond des membranes
- Elimination indifférenciée de la flore antagoniste et pathogène

Au terme des trois années de suivi, ce système a été abandonné car, avec ce prototype et en condition d'exploitation, le colmatage des membranes était trop fréquent entraînant une chute du débit importante. Les études réalisées n'ont pas permis de déterminer le ou les agent(s) responsable(s) de ce colmatage. Il n'a pas été possible de déterminer un protocole de nettoyage des membranes adéquat permettant de récupérer totalement les caractéristiques de filtration des membranes.

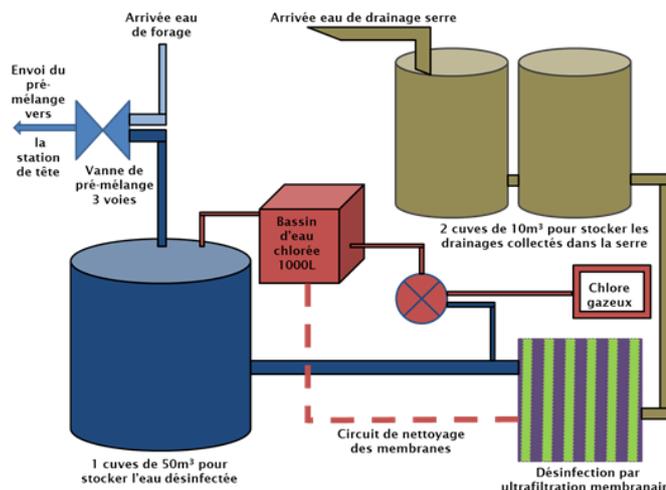


Figure 8 : Schéma de l'installation du site pilote de traitement des eaux de drainage par ultrafiltration

Des analyses biologiques ont été réalisées après la désinfection par ultrafiltration. Elles ont montré une efficacité intéressante de cette technique contre les champignons mais insuffisante contre les bactéries (tab. 3). Sur l'ensemble des analyses effectuées, il n'a pas été possible d'obtenir un abattement des bactéries supérieur à 1 log (réduction par 10 la population bactérienne) ce qui est insuffisant.

Tableau 3 : Résultats d'analyses microbiologiques réalisées par le laboratoire Equasa pour 3 prélèvements d'eau traitée par ultrafiltration

Microorganismes	date de prélèvement	A) Eau drainée	B) Eau drainée traitée	C) Eau drainée stockée	% de désinfection sortie UV (B/A)	% de désinfection après stockage (C/A)
BACTERIES						
Flore bactérienne totale	30/06/2014	4,5.10 ³	3,3.10 ⁴	4,0.10 ³	0%	11%
	16/03/2015	6,6.10 ³	6,2.10 ²	9,8.10 ²	91%	85%
	08/04/2015	6,6.10 ³	7,4.10 ³	4,3.10 ²	0%	93%
<i>Bacillus</i> spp.	30/06/2014	51	61	10	0%	80%
	16/03/2015	219	0	0	100%	100%
	08/04/2015	219	0	0	100%	100%
<i>Pseudomonas</i> fluorescents	30/06/2014	203	0	81	100%	59%
	16/03/2015	1,0.10 ³	213	10	79%	99%
	08/04/2015	1,0.10 ³	153	40	85%	96%
CHAMPIGNONS						
<i>Fusarium oxysporum</i>	30/06/2014	35	0	0	100%	100%
	16/03/2015	1 000	29	14	97%	99%
	08/04/2015	1 000	ND	ND	100%	100%
<i>Pythium</i> spp.	30/06/2014	10	0	0	100%	100%
	16/03/2015	20	0	0	100%	100%
	08/04/2015	20	0	0	100%	100%
LEGENDE :	Moyenne estimée d'après les autres prélèvements	Efficacité <90%	Efficacité <80%	ND = Non Détection		

5.2.4 Electrolyse

Ce système a été essayé par l'APREL en 2011 avec un prototype installé sur un site pilote à Pertuis (fig. 9), avec l'objectif de mettre au point le processus de désinfection (temps de contact, vitesse de passage).

PRINCIPE : Des éléments oxydants sont formés directement dans la solution à traiter lors d'une réaction d'électrolyse, réalisée par l'appareil, à partir des minéraux présents dans la solution (chlore et sodium notamment). On observe une rémanence de l'activité désinfectante dans le circuit de distribution.

L'efficacité de la désinfection contre bactéries et champignon a été confirmée par des analyses biologiques. Avec un traitement de 30 minutes des eaux de drainage, le système de désinfection permettait un débit de traitement de 800l/h, ce qui est relativement faible pour l'utilisation en serre hors sol.

Ce projet n'a pas été poursuivi car l'industriel n'a jamais automatisé le prototype. D'autres constructeurs proposent ce type de matériel avec une automatisation du processus. L'eau contenant les molécules oxydantes est produite à part et injectée dans le réseau pour la désinfection des eaux de drainage à une dose calculée.



Figure 9 : Dispositif pilote d'électrolyse évalué par l'APREL en 2011

Tableau 4 : Résultats d'analyses microbiologiques réalisées par le laboratoire Equasa sur un prélèvement d'eau traitée par électrolyse

en UFC/ml	<i>Pythium</i> spp. (prop./l)	<i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i> (prop./l)	Flore bactérienne totale (UFC/ml)	<i>Pseudomonas</i> <i>fluorescens</i> (UFC/ml)
Eau drainée	30	2 375	4,2.10 ⁵	3,3. 10 ⁴
Eau traitée (20 minutes)	0	0	467	0
Eau traitée (20 minutes +thiosulfates)	0	0	366	0
Eau traitée (30 minutes +thiosulfates)	0	0	115	0
% d'élimination	99,9	99,9	99,8 à 99,9	99,9

5.2.5 Autres systèmes de désinfection

D'autres systèmes n'ont pas été testés par l'APREL mais pourraient éventuellement faire l'objet de suivis. Certains sont utilisés en agriculture comme la biofiltration, la chloration, l'ozonation mais dans d'autres régions (voire d'autres pays) ou sur d'autres cultures.

La **biofiltration** est utilisée en Bretagne par des serristes qui cultivent de la tomate hors sol et n'a jamais été évaluée dans les conditions de Provence. Cette technique est basée sur une filtration mécanique et biologique. Le filtre est rempli de pouzzolane etensemencé avec un biofilm (cocktail de bactéries et levures sélectionnées pour leur action désinfectante). L'eau à traiter passe à travers le filtre et la désinfection est opérée par le biofilm au fur et à mesure du passage de l'eau.

La **chloration** repose sur l'injection de chlore gazeux directement dans la solution à traiter. Une partie du drainage passe par l'hydro-éjecteur pour se charger en chlore et apporter la dose souhaitée à l'ensemble du drainage. Cette technique est utilisée en horticulture sur de petites surfaces (Var). Il n'y a pas de développement en maraîchage.

D'autres n'ont pas encore été vus dans le contexte agricole comme la **désinfection solaire**. Des contacts ont été pris avec des sociétés qui proposent ces dispositifs.

L'APREL est partenaire du projet européen FERTINNOWA depuis 2016. L'ensemble des techniques utilisables en culture hors sol pour la désinfection des eaux de drainage sont recensées dans la base de données des techniques et pratiques, mise au point par les membres du projet européen FERTINNOWA. Cette base de données est accessible sur le site internet du projet, à l'adresse suivante : <http://www.fertinnowa.com/technology-database/>. Elle peut permettre d'apporter aux producteurs une information complémentaire sur les technologies vues en essai par l'APREL et sur les autres technologies disponibles qui n'ont pas encore pu être étudiées.

5.3 – Les techniques de traitement pour une utilisation en dehors de la culture

Parmi les méthodes envisageables pour traiter ou utiliser les effluents en dehors de la culture, l'APREL a testé de 2003 à 2008 le **bassin filtrant végétalisé**.



Figure 10 : Photos du bassin de lagunage et de la végétation, testé par l'APREL de 2003 à 2008

PRINCIPE : il s'agit d'un bassin rempli d'un substrat filtrant (gravier) dans lequel sont plantés des végétaux. L'effluent circule dans le bassin où il est épuré des nitrates par l'action biologique de la flore microbienne qui se développe naturellement dans le substrat. Pour pérenniser le bon fonctionnement de la dénitrification par la flore bactérienne, il faut maintenir un rapport C/N favorable au développement des bactéries. Pour cela, l'ajout d'une source carbonée est indispensable.

Dans l'essai de l'APREL suivi entre 2003 et 2008, un bassin de 900m² a été construit pour traiter le drainage d'1,7ha de serre de tomate hors sol (fig. 10). La construction du bassin représente un investissement non négligeable. L'efficacité de la dénitrification a été démontrée (fig. 11). Il a été nécessaire d'apporter une source carbonée pour assurer un équilibre C/N permettant un bon développement de la flore microbienne. Dans ce cas, il s'agissait de vin déclassé : 6 à 8m³/an.

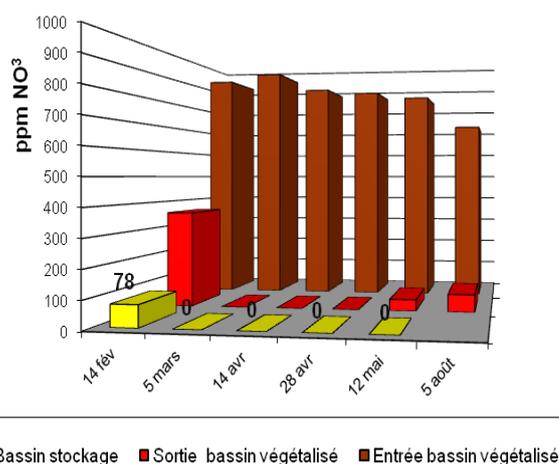


Figure 11 : Mesure du taux de nitrate avant et après le passage dans le bassin filtrant végétalisé (2008)

Cette technique présente certains avantages comme un coût de fonctionnement faible, la simplicité du système mis en œuvre, la possibilité de traiter des effluents très chargés. Parmi les inconvénients du système, nous retiendrons la nécessité de disposer d'un espace important près des serres, d'avoir une source proche et peu coûteuse de matière carbonée. Les phosphates ne sont pas éliminés. La question du dimensionnement du bassin par rapport à la quantité et à la composition des effluents reste à préciser.

D'autres systèmes existent pour traiter ou réutiliser les effluents en dehors de la culture mais ils n'ont pas été vus dans le cadre de sites pilotes ou d'essais.

6 – Conclusion

Dans un premier temps, les questionnements et le manque de références sur l'efficacité et le fonctionnement des systèmes de recyclage/traitement des solutions fertilisantes ainsi que les difficultés techniques et économiques de mise en œuvre ont freiné leur développement chez les producteurs.

Dans certaines exploitations les contraintes économiques et les contraintes techniques liées aux structures anciennes ou à la qualité de l'eau représentent toujours un frein. Cependant, ces dernières années, avec l'amélioration technologique des systèmes proposés, la construction de nouvelles serres incluant le système de recyclage, l'acquisition de références techniques et économiques positives, les installations de recyclage se sont développées.

Toutefois, avant l'installation, il est nécessaire de réaliser une étude précise qui prenne en compte les caractéristiques techniques et économiques de chaque exploitation, et de tenir compte des informations, observations et recommandations disponibles sur le recyclage et les différents systèmes de traitement et leur fonctionnement. Par ailleurs, l'APREL continue la veille sur les systèmes pour le traitement des eaux de drainage innovants ou qui n'ont pas encore été évalués dans la région (biofiltration, désinfection solaire...).

Pour en savoir plus...

- Les comptes rendus des essais APREL
- La brochure « Gestion des effluents des cultures légumières sur substrat »- Ctifl – 2002
- Les articles : « Recyclage des solutions nutritives - Les procédés de désinfection se perfectionnent » Culture Légumière Hors-série septembre 2013
- Le projet européen FERTINNOWA dont l'APREL est partenaire (www.fertinnowa.com)

Renseignements complémentaires auprès de :

Action A150

J. GARNODIER, C. GOILLON, C. TAUSSIG, APREL, 13210 Saint Rémy de Pce, tel 04 90 92 39 47, aprel@aprel.fr

Réalisé avec le soutien financier de :

