



Tomate hors sol

Désinfection par ultrafiltration des solutions nutritives recyclées



Bilan du projet 2013-2015

2015

Benjamin Gard, Ctifl / APREL – Anne Terrentroy, CA13 – Marianne De Conninck, CETA de Berre l'Etang – Claire Goillon, APREL

Essai rattaché à l'action n°04.2015.07 : Gestion durable de la fertilisation en cultures légumières en sol et hors sol..

1- Contexte de l'étude

Le recyclage des effluents en culture hors-sol permet de valoriser les engrais encore présents dans les eaux de drainage et limite également les rejets d'azote dans l'environnement source de pollution des eaux. En culture de tomate, le recyclage des eaux de drainage s'accompagne d'une désinfection, préalable à l'utilisation dans la solution de fertirrigation utilisée pour irriguer la culture afin de limiter les risques de contamination par un pathogène. L'APREL avec ses partenaires, suit depuis 2013 une exploitation sur la commune de Berre l'Etang où a été installé un système expérimental de désinfection des eaux de drainage basé sur l'ultrafiltration membranaire. Ce site pilote est conduit en partenariat avec la Société des Eaux de Marseille qui a proposé la technologie d'ultrafiltration, sur une période de 3 ans (2013-2015).

2- But de l'essai

Ce suivi expérimental fait partie d'un réseau d'acquisition de références régionales sur le fonctionnement et l'efficacité de nouveaux procédés pour **la désinfection** et le recyclage des solutions drainées dans une serre de tomate hors sol. Plusieurs objectifs sont poursuivis dans cette étude :

- pouvoir proposer aux producteurs des solutions fiables pour le recyclage des effluents dans la culture. Sur ce site, il s'agit de tester le fonctionnement et l'efficacité d'un prototype de désinfection des eaux de drainage par ultrafiltration,
- intégrer le recyclage dans le schéma de fertirrigation des exploitations (prise en compte des quantités d'engrais apportées par le recyclage, suivi analytiques des solutions apports et drains),
- assister le producteur et la Société des Eaux de Marseille dans la mise en service du pilote sur l'exploitation, effectuer des points d'étape sur la réalisation des travaux et
- établir les protocoles et réaliser les analyses nécessaires pour le suivi de l'efficacité de désinfection du pilote.

3- Protocole expérimental

Site : SARL Arc en Ciel à Berre l'Etang (13).

Type d'abris : Serre verre, rehaussée (4,5 m), construite en 2001.

Surface suivie : 1 ha.

Conduite : sur gouttières suspendues avec récupération du drainage.

Variété : Tomate récoltée en grappes, variété Climberley, plantation du mois d'août.

Densité de plantation : 2.1 plant/m²

Suivi expérimental :

Une visite est programmée tous les 15 jours chez le producteur afin d'assurer le suivi de l'installation du pilote et de relever les données de consommation en eau et en fertilisant.

Suivi de la désinfection :

A partir du moment où le prototype est installé sur l'exploitation et prêt à fonctionner, une analyse des eaux traitées est prévue une fois par mois pendant toute la durée de la culture. Ces analyses sont réalisées par M. Franck Deniel du laboratoire Equasa de l'Université de Bretagne Ouest.

Trois prélèvements sont effectués à chaque date d'analyse :

- 1 avant traitement dans la cuve de drain sale pour évaluer la charge microbienne au départ,
- 1 juste après traitement à la sortie de l'ultrafiltration pour mesurer l'efficacité de la désinfection,
- 1 dans la cuve de stockage des drains traités pour évaluer le risque de recontamination.

Les prélèvements sont effectués dans les meilleures conditions d'asepsie possibles : port de gants, nettoyage des prises d'eau à l'alcool, utilisation de flacon stérile pour recueillir l'eau. Les prélèvements sont envoyés le jour même par transporteur pour être reçus et analysés le lendemain au laboratoire Equasa.

4- Résultats

4.1 – Historique de l'installation

2013 : Réalisation des travaux de raccordements et construction du bâtiment pour accueillir la station de traitement, par l'exploitant.

2013-2014 : Début du suivi analytique sur les quantités d'eau et de fertilisant consommé sur l'exploitation lors d'une culture de tomate sans recyclage. Suivi de l'état sanitaire de la culture. L'ensemble des éléments relatifs à ce travail sont décrits dans un précédents compte rendu d'expérimentation et disponible auprès de l'APREL. La livraison du prototype a eu lieu début janvier 2014 sur l'exploitation. Le système a été installé intégralement fin mai 2014 (pilote, cuves, vanne 3 voies, tuyauteries et pompes). Une visite de fin de travaux a été organisée par l'APREL, le jeudi 26 juin 2014, en présence des financeurs et de la presse régionale et nationale spécialisée. Le pilote de désinfection a commencé de fonctionner le 07 juin 2014, les essais de fonctionnement ont eu lieu sur le mois de juin. La culture a été arrachée début juillet. Pour des raisons de sécurité sanitaire, les effluents de drainage traités n'ont pas été renvoyés dans la culture mais épandus sur une parcelle cultivée voisine de la serre.

2014-2015 : Reprise du suivi analytique. Des modifications sont nécessaires sur le schéma d'installation du système de recyclage d'après les premiers éléments obtenus en 2013-2014. Les travaux sont effectués par l'exploitant. Le système est à nouveau opérationnel en mars 2015. Les premières analyses des eaux traitées démarrent en mars 2015. En l'absence de résultats suffisants et dans l'impossibilité de poursuivre le travail expérimental, il est décidé d'un commun accord de mettre fin à l'expérimentation fin 2015.

4.2 – Evaluation de l'efficacité de la désinfection

A partir du 2^{ème} semestre 2014, 3 analyses ont pu être réalisées sur les eaux de drainage traitées afin d'évaluer l'efficacité de désinfection du pilote. Pour chaque prélèvement, le même protocole est utilisé. Le premier prélèvement d'eau traitée par le prototype a été effectué le lundi 30 juin 2014 et envoyé au laboratoire ESMISAB pour analyse microbiologique (tab. 1). Les résultats montrent une élimination satisfaisante des champignons. Cependant, la contamination fongique initiale de l'eau à traiter était faible. En revanche, aucune réduction de la flore bactérienne n'a été observée. La désinfection semble donc insuffisante sur les bactéries. Cette efficacité demande donc à être vérifiée. On observe également une légère recontamination dans le bassin de stockage, seulement pour les bactéries du genre *Pseudomonas*. Il est à noter que le dosage de chlore dans le bassin de stockage était très faible très faible au départ et a été revu à la hausse. Le protocole de prélèvement ne semble pas être en cause. Il est possible que les délais entre envoi et réception/analyses des échantillons permettent une recontamination de l'eau traitée. Afin de limiter ce développement, les flacons sont remplis en totalité pour ne pas laisser d'espace aérobie disponible pour le développement des microorganismes.

Tableau 1 : Mesure de la contamination microbiologique des solutions avant et après ultrafiltration dans les conditions *in situ*

Envoi du 30 06 2014	Unité	A Eau drainée avant traitement	B Eau drainée après traitement	C Eau drainée stock / traitement
<i>Pythium spp</i>	prop./l	10	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i>	prop./l	35	0	0
<i>Flore bactérienne totale</i>	UFC/ml	4,5.10 ³	3,3.10 ⁴	4,0.10 ³
<i>Pseudomonas fluorescents</i>	UFC/ml	203	0	81
<i>Bacillus spp.</i>	UFC/ml	51	61	10

Envoi du 30 06 2014	Unité	A Eau drainée avant traitement	B Eau drainée après traitement	C Eau drainée stock / traitement
<i>Penicillium spp.</i>		+		
<i>Mucor spp.</i>		+		
<i>Trichoderma spp.</i>		+		
<i>Rhodotorula spp.</i>				
<i>Cladosporium spp.</i>				
<i>Acremonium spp.</i>		+		

Légende : + : présence ; ++ : abondant ; +++ : très abondant.

Un deuxième prélèvement a été réalisé en 2015, 6 mois après la remise en culture (tab. 2). Ce prélèvement intervient après un arrêt prolongé de l'équipement qui a nécessité le nettoyage complet des membranes dues à la prolifération d'algues. Les résultats montrent une élimination satisfaisante des moisissures à hauteur de 97,1%. La flore bactérienne totale a été réduite d'un facteur 10. Les performances de la membrane d'ultrafiltration sont intéressantes mais peuvent être encore améliorées. Les performances restent encore inférieures à la référence de traitement actuelle par ultra-violet. Toutefois, elles peuvent être acceptables en culture hors sol.

Tableau 2 : Mesure de la contamination microbiologique des solutions avant et après ultrafiltration dans les conditions *in situ*

Envoi du 16 03 15	Unité	A Eau drainée avant traitement	B Eau drainée après traitement	C Eau drainée stock / traitement
<i>Pythium spp.</i>	prop./l	20	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i>	prop./l	1 000	29 (97,1%)	14
Flore bactérienne totale	UFC/ml	$6,6 \cdot 10^3$	$6,2 \cdot 10^2$ (90,6%)	$9,8 \cdot 10^2$
<i>Pseudomonas fluorescents</i>	UFC/ml	$1,0 \cdot 10^3$	213 (78,7%)	10
<i>Bacillus spp.</i>	UFC/ml	219	0	0
<i>Penicillium spp.</i>				
<i>Mucor spp.</i>				
<i>Trichoderma spp.</i>				
<i>Rhodotorula spp.</i>				
<i>Cladosporium spp.</i>				
<i>Acremonium spp.</i>		+		

Légende : + : présence ; ++ : abondant ; +++ : très abondant.

Un troisième prélèvement a été réalisé en 2015, 7 mois après la remise en culture (tab. 3). Les résultats montrent une élimination satisfaisante des moisissures, notamment à hauteur de 99,9% pour *Fusarium oxysporum*. Les spores de moisissures semblent être retenues par ce procédé. L'efficacité fongicide demande à être validée. A l'inverse, l'effet sur la flore bactérienne totale n'est pas suffisant. On n'observe pas d'effet de l'ultrafiltration sur la flore bactérienne totale, il n'y a pas de réduction des populations. Et l'effet sur les bactéries du genre *Pseudomonas* est également faible avec seulement 85% de réduction après ultrafiltration.

Dans ce test, les performances de la membrane d'ultrafiltration sont intéressantes surtout vis-à-vis des moisissures mais peuvent être encore améliorées. Les performances restent encore inférieures à la référence de traitement actuelle par ultra-violet, notamment pour la flore bactérienne.

Tableau 3 : Mesure de la contamination microbiologique des solutions avant et après ultrafiltration dans les conditions *in situ*

Envoi du 08 04 15	Unité	A Eau drainée avant traitement	B Eau drainée après traitement	C Eau drainée stock / traitement
<i>Pythium spp.</i>	prop./l	20	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i>	prop./l	1 000	Non détection	Non détection
Flore bactérienne totale	UFC/ml	$6,6.10^3$	$7,4.10^3$	$4,3.10^2$
<i>Pseudomonas fluorescents</i>	UFC/ml	$1,0.10^3$	153	40
<i>Bacillus spp.</i>	UFC/ml	219	0	0
<i>Penicillium spp.</i>				
<i>Mucor spp.</i>				
<i>Trichoderma spp.</i>				
<i>Rhodotorula spp.</i>				
<i>Cladosporium spp.</i>				
<i>Acremonium spp.</i>		+		

Légende : + : présence ; ++ : abondant ; +++ : très abondant.

Une analyse a également été réalisée par le laboratoire de la SEM en mars (annexe 1).

Les résultats obtenus lors de ces 3 tests de traitement sont assez proches. L'efficacité fongicide est intéressante, les champignons et les spores de champignons sont éliminés efficacement. L'efficacité fongicide demande maintenant à être validée en routine. A l'inverse, l'effet sur la flore bactérienne totale demande à être mieux précisé. Les résultats obtenus mettent en évidence une action bactéricide assez faible. Le niveau de désinfection obtenu est largement en-dessous de la référence actuelle qu'est l'ultra-violet.

4.3 – Evaluation technique du prototype de désinfection par ultrafiltration

D'après le cahier des charges de départ, le prototype de désinfection devait avoir une capacité de traitement de 2 à 3m³/h. Sur ce type d'équipement, il est attendu qu'un colmatage des membranes apparaissent. Ce colmatage attendu devait être éliminé grâce au nettoyage des membranes par l'eau chlorée, fabriquée à partir du bassin d'eau chlorée placé en amont de la cuve de stockage.

Au mois de juin 2014, le prototype a été mis en fonctionnement pour traiter le drainage d'une serre de 1ha. Les premiers résultats ont montré un colmatage rapide des membranes. La solution imaginée au départ pour traiter les membranes (nettoyage à l'eau chlorée concentrée) n'a pas une activité suffisante pour éliminer le colmatage profond des membranes. Ainsi, il n'a pas été possible de régénérer correctement les membranes ce qui a induit une baisse du débit de travail.

Le débit de travail calculé sur le mois de juin se situait entre 1m³ et 800l/h, il est donc en-dessous du débit de traitement annoncé (de 2 à 3m³/h) et insuffisant pour pouvoir traiter les volumes moyens de drainage observés.

Les travaux d'optimisation de régénération des membranes ont débuté fin 2014, puis ont repris en 2015 avec la remise en culture de la serre. Les premiers travaux d'optimisation du lavage des membranes réalisés sur le pilote par la SEM montrent que le colmatage profond vient des chélates de fer (d'autres produits peuvent être également responsables mais n'ont pas encore été identifiés). Le nettoyage au chlore ne permet pas une régénération totale des membranes et le colmatage persiste. Un premier essai avec de l'acide oxalique a été réalisé pour traiter les chélates de fer qui pourraient colmater les membranes. L'acide oxalique n'a pas montré d'efficacité. Plusieurs autres lessives, dont la SEM n'a pas précisé la composition, ont été testées. Mais il n'a pas été possible de parvenir à une régénération des membranes suffisantes pour retrouver le débit de traitement initial.

Les travaux préliminaires réalisés en laboratoire sur des eaux de drainage de culture de tomate avaient permis de montrer que les membranes étudiées étaient perméables aux constituants des solutions nutritives utilisées en culture de tomate. Mais il semble que l'on ne retrouve pas les mêmes propriétés de filtration entre l'essai au laboratoire et le pilote à l'échelle de l'exploitation. Dans le cadre du projet, la SEM n'a pas été en mesure d'identifier les éléments responsables du colmatage profond et l'hypothèse des chélates de fer n'a pas été retenue. Les analyses nécessaires pour cette identification nécessitent un matériel plus performant (rayon X) et n'avaient pas été envisagées dans ce projet, au vue des bons résultats en laboratoire.

5- Conclusion

Ce travail a montré que le principe d'ultrafiltration pouvait être intéressant pour la désinfection des eaux de drainage en culture hors sol. L'efficacité fongicide est intéressante mais des progrès sont encore nécessaires pour obtenir une bonne efficacité bactéricide.

Les difficultés sont liées au colmatage profond des membranes et à l'incapacité, à l'heure actuelle, de traiter ce colmatage pour régénérer les membranes. Il n'a pas été possible dans le cadre de ce projet d'identifier les éléments responsable de ce colmatage profond, ni d'identifier un produit permettant un nettoyage efficace des membranes. Une fois les membranes colmatées, le débit de traitement est réduit, et l'appareil n'est plus en mesure de traiter les eaux de drainage de la serre.

Perspectives :

Il semble aujourd'hui nécessaire de poursuivre l'étude des membranes d'ultrafiltration et d'identifier les éléments qui causent les colmatages profonds. Ce travail nécessite la réalisation d'études plus poussées par radioscopie à rayon X notamment.

Renseignements complémentaires auprès de :
B. GARD, Ctifl / APREL, 13210 St Rémy de Provence, tél. 04 90 92 39 47, gard@ctifl.fr

Action A847

Réalisé avec le soutien financier de :



Annexe 1 : Rapport d'analyse du laboratoire de la SEM

**RAPPORT D'ESSAI**

Echantillon n° 1503.302-2

Ref. commande :

D2IQE LABORATOIRE**Chemin du Bassin****13014 MARSEILLE (14ème Arr.)***Références du prélèvement***Identification du point de prél. : DIVERS**

Référence de l'échantillon : APREL UV C

Commune du point : MARSEILLE

Produit : NON PRECISE

Echantillon prélevé le 23/03/2015 par LE CLIENT

Echantillon réceptionné le 24/03/2015

Analyse débutée le 24/03/2015 15:26

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Norme
CHLORURES en Cl (Cl/EU) (*)	NF EN ISO 10304-1	200(1)	mg/L	
NITRATES en NO3 (Cl/EU) (*)	NF EN ISO 10304-1	1100(1)	mg/L	
ORTHOPHOSPHATES en PO4 (Cl/EU) (*)	NF EN ISO 10304-1	130(1)	mg/L	
POTASSIUM TOTAL en K (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	680	mg/L	
FER TOTAL en Fe (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	0.340	mg/L	
CALCIUM TOTAL en Ca (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	150	mg/L	
MAGNESIUM TOTAL en Mg (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	92	mg/L	
GERMES TOTAUX 36°C 44h (*)	NF EN ISO 6222 (T90-401)	> 300(2)	UFC/mL	
GERMES TOTAUX 22°C 72h (*)	NF EN ISO 6222 (T90-401)	> 300	UFC/mL	
BACTERIES COLIFORMES (*)	NF EN ISO 9308-1 T90-414	Illisible(2)	UFC/100 mL	
ESCHERICHIA COLI (*)	NF EN ISO 9308-1 T90-414	Illisible(2)	UFC/100 mL	
PSEUDOMONAS AERUGINOSA (*)	NF EN 16266 (T90-419)	15	UFC/100 mL	
GERMES REVIVIFIABLES EN 7 JOURS	OXOID	> 300	UFC/l	

(2) Coliformes non détectables pour cause de flore interférente.

(1) Analyse faite sur échantillon filtré (0,45µm)

Conclusion :

Echantillon n° 1503.302-2

* Prestations couvertes par l'accréditation

L'accréditation de la section d'essai du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation.

Les déclarations de conformité du champ "Conclusion" ne tiennent pas explicitement compte des incertitudes associées aux résultats.

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous une forme intégrale.

Page 1 / 2



Accréditation
N° 1-0523
Portée
disponible sur
www.cofrac.fr

SOCIETE DES EAUX DE MARSEILLE

25, rue Edouard DELANGLADE - CS 70001 - 13254 MARSEILLE CEDEX 06
SA AU CAPITAL DE 7 203 472 € / TVA FR 19 057 806 150 / RC MARSEILLE B 057806150 / SIRET 057806150 00017 / APE 3600 Z
Laboratoire : Chemin du bassin - Le Merlan - 13014 MARSEILLE - Tél. 04 91 57 63 32 - Fax 04 91 57 63 48
E-mail : laboratoire@eauxdemarseille.fr



LABORATOIRE

RAPPORT D'ESSAI

Echantillon n° 1503.302-1

Ref. commande :

D2IQE LABORATOIRE**Chemin du Bassin****13014 MARSEILLE (14ème Arr.)***Références du prélèvement***Identification du point de prél. : DIVERS**

Référence de l'échantillon : APREL UV B

Commune du point : MARSEILLE

Produit : NON PRECISE

Echantillon prélevé le 23/03/2015 par LE CLIENT

Echantillon réceptionné le 24/03/2015

Analyse débutée le 24/03/2015 15:26

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Norme
CHLORURES en Cl (Cl/EU) (*)	NF EN ISO 10304-1	195(1)	mg/L	
NITRATES en NO3 (Cl/EU) (*)	NF EN ISO 10304-1	1100(1)	mg/L	
ORTHOPHOSPHATES en PO4 (Cl/EU) (*)	NF EN ISO 10304-1	120(1)	mg/L	
POTASSIUM TOTAL en K (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	680	mg/L	
FER TOTAL en Fe (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	0.370	mg/L	
CALCIUM TOTAL en Ca (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	140	mg/L	
MAGNESIUM TOTAL en Mg (ICP) (*)	NF EN ISO 11885(T90-136)	95	mg/L	
GERMES TOTAUX 36°C 44h (*)	NF EN ISO 6222 (T90-401)	> 300	UFC/mL	
GERMES TOTAUX 22°C 72h (*)	NF EN ISO 6222 (T90-401)	> 300	UFC/mL	
BACTERIES COLIFORMES (*)	NF EN ISO 9308-1 T90-414	Illisible(2)	UFC/100 mL	
ESCHERICHIA COLI (*)	NF EN ISO 9308-1 T90-414	Illisible(2)	UFC/100 mL	
PSEUDOMONAS AERUGINOSA (*)	NF EN 16266 (T90-419)	22	UFC/100 mL	
GERMES REVIVIFIABLES EN 7 JOURS	OXOID	> 300	UFC/l	

(2) Coliformes non détectables pour cause de flore interférente.

(1) Analyse faite sur échantillon filtré (0,45µm)

Conclusion :

Echantillon n° 1503.302-1

* Prestations couvertes par l'accréditation

L'accréditation de la section d'essai du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation.

Les déclarations de conformité du champ "Conclusion" ne tiennent pas explicitement compte des incertitudes associées aux résultats.

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous une forme intégrale.

Page 1 / 2



Accréditation
N° 1-0523
Portée
disponible sur
www.cofrac.fr

SOCIETE DES EAUX DE MARSEILLE

25, rue Edouard DELANGLADE - CS 70001 - 13254 MARSEILLE CEDEX 06
SA AU CAPITAL DE 7 203 472 € / TVA FR 19 057 806 150 / RC MARSEILLE B 057806150 / SIRET 057806150 00017 / APE 3600 Z
Laboratoire : Chemin du bassin - Le Merlan - 13014 MARSEILLE - Tél. 04 91 57 63 32 - Fax 04 91 57 63 48
E-mail : laboratoire@eauxdemarseille.fr