

RECYCLAGE DES SOLUTIONS DE DRAINAGE EN CULTURE HORS SOL A LA REUNION

Code essai : 12E1004

Auteur : Jean-Sébastien COTTINEAU- ARMEFLHOR

Partenaires : Coopérative Vivéa, Séverine Dumas (enseignant chercheur à l'université de la Réunion) Kriss CLOTILDE - Anaïs RAVOU – Jennifer Grondin – Emilie Morel - Tanezeela Domun (étudiants IUT Saint-Pierre).

1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

L'IRRIGATION FERTILISANTE EN CULTURE HORS SOL

La surface occupée par des productions légumières en culture hors sol sous serre est d'environ 50 ha. La tomate, est sans conteste le légume le plus cultivée sous serre avec une production d'environ 5 à 6 000 tonnes pour 75% des surfaces de serres maraîchères.

Le principe de production hors sol consiste à apporter au niveau de chaque plante par un système de goutte-à-goutte les éléments minéraux et les oligo-éléments dont la plante a besoin. Les racines des plantes colonisent un substrat inerte servant de support à la plante et disposant de propriétés physiques particulières (rétention en eau et en air importante). Le maintien de l'eau et des éléments minéraux à des niveaux optima pour la rhizosphère des plantes est le principal facteur responsable des rendements élevés des cultures, des meilleures qualités des produits et d'hautes efficacités de l'utilisation de l'eau et des éléments minéraux. L'apport des engrais dans l'eau d'irrigation, appelé « fertigation » ou « ferti-irrigation » ou « irrigation fertilisante » est devenu, depuis longtemps, une pratique commune en maraîchage, permettant d'atteindre un équilibre ionique optimal au niveau de la rhizosphère.

Les systèmes de culture les plus employés sont des systèmes dits "ouvert" ou "en solution perdue" dans lesquels on utilise un substrat inerte recevant une solution nutritive en quantité un peu supérieure aux besoins. La solution en supplément, non utilisée par les plantes, est collectée pour être évacuée à l'extérieur. Ce drainage est nécessaire d'une part pour éviter les risques d'accumulation d'éléments minéraux que la plante n'aurait pas assimilés et pour homogénéiser la solution au sein du substrat d'autre part, c'est-à-dire pour maintenir le système racinaire dans un milieu stable proche de la concentration de la solution nutritive d'apport.



Substrat en fibre de coco

Système d'irrigation en goutte-à-goutte (capillaires)

Fente de drainage au niveau bas du substrat

Canal de collecte du drainage



Conduite de l'irrigation fertilisante en culture Hors sol

LES EFFLUENTS DES SERRES : LE DRAINAGE :

Une part importante de la production de légumes sous serres est obtenue actuellement à partir des cultures hors sol "en solution perdue". Ces méthodes de culture engendrent actuellement des effluents contenant encore des éléments nutritifs qui vont, soit s'infiltrer dans le sol, soit s'écouler dans le milieu environnant. La quantité de solution drainée et rejetée peut atteindre 20 à 30 % des apports, soit l'équivalent de 2 à 3 000 m³ par hectare par an. Sa concentration saline est voisine ou supérieure à celle de l'apport.

Pour un drainage à une EC (Electro-conductivité) de 2,0 à 2,5 mS (millisiemens) d'une solution standard, le rejet (effluent) à une concentration d'environ 1,5 à 2g/l, représente de 3 à 4 tonnes d'éléments minéraux sous forme ionique par ha dont 1 tonne à 1,5 tonnes d'azote sous forme NO₃-.

Surface de serres maraîchères	Volumes d'effluents par ha	Concentration de la solution de drainage	quantité d'éléments minéraux sous formes ioniques	Quantité d'engrais	Quantité d'azote N-NO ₃ -
50 ha	2 à 3000 m ³	1,5 à 2 g/l	3,5 à 5 tonnes/ha	3 à 4 000 U/Ha	300 à 400 U/ha

Tableau 1 : récapitulatif sur les quantités d'effluents de serre à la Réunion

LE CONTEXTE LEGISLATIF SUR LES REJETS EN MILIEU NATUREL

Le contexte législatif (LEMA 2006) imposant de gérer l'eau de façon équilibrée et durable, interdit le déversement direct des effluents d'exploitations agricoles dans les eaux superficielles et souterraines.

PLUSIEURS METHODES DESTINEES A REDUIRE CES REJETS :

Les producteurs qui souhaitent, aujourd'hui diminuer leurs rejets d'effluents disposent de quatre solutions :

- L'optimisation des apports en solution fertilisante
- l'épandage sur d'autres cultures
- la réutilisation culture sur culture
- le rejet aux normes

OPTIMISATION DES APPORTS EN SOLUTION FERTILISANTE

Réduire quantitativement les drainages en s'approchant des besoins des plantes.

Dans la pratique un drainage est nécessaire pour éviter le risque d'accumulation de certains éléments dans le substrat et pour limiter les effets d'une irrigation hétérogène provoquant des manques d'eau avec accumulation de sels sur certaines zones du substrat. Il est possible de diminuer de façon conséquente le drainage en utilisant des outils permettant de mieux appréhender la consommation de la plante. Différents systèmes de pilotage de l'irrigation existent en culture hors sol. Le plus communément utilisé est le pilotage par solarimètre. Il existe en effet une bonne corrélation entre le rayonnement solaire (ensoleillement) et la transpiration de la plante. L'utilisation du solarimètre permet donc de caller au mieux l'apport de solution avec la consommation de la plante et donc de limiter les rejets dans l'environnement.

Mieux adapter la composition en éléments nutritifs de la solution aux besoins des plantes.

Il est possible de limiter l'utilisation des nitrates dans la solution nutritive en substituant en partie les engrais apportant de l'azote (nitrate de potasse et nitrate de calcium) par d'autres engrais (sulfate de potasse, chlorure de potasse ou de calcium). La concentration de l'effluent en nitrate sera d'autant plus faible que l'on n'aura limité l'apport en nitrate dans la solution nutritive d'apport.

COLLECTER LES DRAINAGES POUR LES UTILISER SUR D'AUTRES CULTURES (EN SOL SOUS ABRIS OU EN PLEIN CHAMP).

La maîtrise des effluents liquides hors sol passe en premier lieu par une récupération performante des eaux de drainage. Le système de récupération doit être à l'abri de sources de contamination et éviter les fuites. Les eaux de drainage ainsi récupérées doivent être stockées temporairement. Le dimensionnement du stockage doit être pensé en fonction de la réutilisation prévue.

Un système de pompage puis d'épandage (aspersion, goutte-à-goutte...) doit équiper la parcelle sur laquelle le drainage doit être épandu. Il convient également de penser à la filtration afin d'éviter les bouchages du système d'irrigation. Suivant la culture sur laquelle le drainage est destiné un système de désinfection est requis.

COLLECTER LES DRAINAGES ET LES REUTILISER SUR LA MEME CULTURE DANS UN SYSTEME DIT « FERME » OU EN « SOLUTION RECYCLEE ».

Cette méthode consiste à récupérer le drainage, le traiter et le réinjecter dans la culture en place en mélange avec la solution nutritive « neuve ». Le traitement est nécessaire pour éviter les risques de contamination par des champignons, des bactéries ou des virus de l'ensemble de l'exploitation.

Différentes méthodes de désinfection existent :

- chlore gazeux
- Ultra-Violet
- Ozone
- Traitement thermique...
- Ionisation

LE REJET AUX NORMES : ENVOYER LE DRAINAGE DANS UN BASSIN FILTRANT A MACROPHYTE.

Le producteur choisit avec cette méthode de rejeter des effluents aux normes. La teneur limite tolérée dans une eau de consommation est de 50mg/l de d'azote sous forme nitrique.

Même si le rejet d'eau potable n'est pas l'objectif, cette valeur est habituellement prise comme référence lorsqu'on parle de pollution azotée.

Même si la vocation des bassins n'est pas l'élimination du phosphore, le bassin filtrant présente l'avantage de fixer les phosphates et donc d'apporter un avantage supplémentaire bien que ce soit uniquement les nitrates qui sont considérés comme source de pollution des milieux (nappe phréatique, étang...)

Le principe de la dénitrification de ces bassins est basé sur l'activité de bactéries dénitrifiantes dans un milieu en anaérobies qui utilisent l'oxygène des nitrates (NO₃⁻) pour respirer et libère de l'azote gazeux (N₂). Cette réaction nécessite de la matière organique soluble.

D'après les données bibliographiques, Le passage dans le bassin filtrant abaisse fortement la concentration en nitrate dès 7 jours. Au bout de 10 à 14 jours dans le bassin filtrant, la concentration en azote passe en dessous du seuil de 50mg/l.

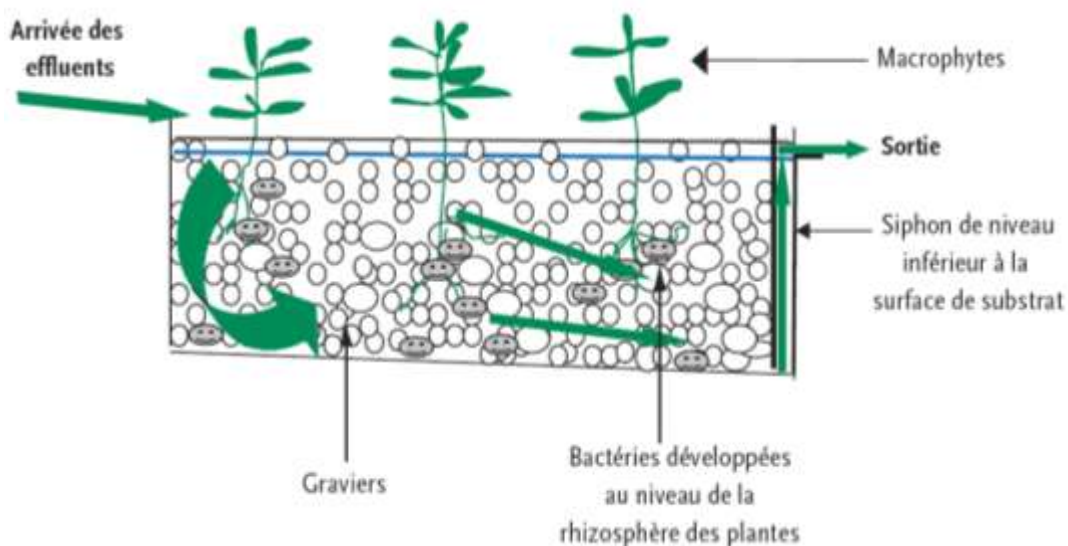


Schéma 1 : Coupe transversale d'un bassin filtrant à macrophyte à flux horizontal

2. OBJECTIFS DES ESSAIS

L'objectif du programme est d'apporter aux producteurs des solutions adaptées à la typologie des exploitations pour traiter leurs effluents et se mettre en conformité avec la réglementation.

L'ARMEFLHOR évalue donc la pertinence de deux méthodes de recyclage :

- Le rejet aux normes grâce au bassin filtrant végétalisé ;
- Le recyclage en circuit fermé.

BASSIN FILTRANT A MACROPHYTE : METHODE DITE DU « LAGUNAGE »

3. MATERIEL ET METHODE

Deux sites d'essais :

- sur une exploitation de la coopérative Vivéa, « EARL Le Montvert ».	- à l'ARMEFLHOR
---	-----------------



Dimensionnement du bassin

La surface de bassin doit être adaptée au volume d'effluent à traiter. En système perdu (non recyclé), les volumes d'effluents de serre représentent environ 3 000 m³ par hectare de serre et par an. Pour le calcul du dimensionnement du bassin, deux solutions peuvent être envisagées : soit le calcul est effectué sur le volume maximal (15 m³ par hectare et par jour), soit on prévoit un stockage pour traiter une partie des drainages lors de périodes où le volume d'effluents rejetés par la culture est plus faible et permettre ainsi des dimensions plus réduites des bassins filtrants. L'option du stockage de l'effluent n'a pas été retenue puisqu'elle nécessite de l'équipement supplémentaire qui alourdit le coût du traitement.

La formule de calcul ci-dessous ne prend pas en compte cette possibilité de stockage intermédiaire. Dans ce cas, la surface de bassin pour 1 ha de serre peut être calculée par la formule :

$$S = Vt/(hp)$$

S = surface du bassin

V = volume à traiter par jour (en m³/j)

t = temps de séjour du liquide

(13 jours donnent de bons résultats d'après les données bibliographique) ;

h = hauteur de liquide (en général environ 0,65 m) ;

p = porosité du gravier (pour la scorie de charbon environ 75 %) ;

$$S = (15 \text{ m}^3 \times 13 \text{ jour}) / (0,65 \text{ m} \times 0,75) = 400 \text{ m}^2$$

Le bassin doit être 4 fois plus long que large pour permettre un meilleur flux dans le bassin :

$L = 4 \times l$ ou L est la longueur et l la largeur ;

Et $S = L \times l$ soit $S = 4l^2$ donc $l = \sqrt{S/4}$.

$l = 10 \text{ m}$ et $L = 40 \text{ m}$ pour un hectare de serre

$l = 3,2 \text{ m}$ et $L = 12,6 \text{ m}$ pour 1000 m² de serre

Choix du matériel végétal en plantation

Pour éviter les problèmes de colmatage du bassin, une plante doit coloniser le milieu sur toute la profondeur du bassin. De plus cette plante doit pouvoir supporter des conditions de saturation en eau du substrat, comme des conditions plus sèche lorsque les volumes d'effluents sont faibles ou nuls (entre deux cycle de culture dans les serres). Le choix du matériel végétal de couverture du bassin s'est donc porté sur le papyrus. En effet, cette plante a une grande souplesse d'utilisation puisqu'elle peut croître les pieds dans l'eau et résiste aux conditions sèches (ses feuilles sèchent mais dès que les conditions redeviennent propices à son développement des bourgeons repartent à sa base).

Le bassin de l'ARMEFLHOR est entièrement planté de papyrus. Celui de l'EARL Le Montvert est séparé en deux. La première partie est plantée de papyrus, la seconde est plantée de vétiver.

Le vétiver n'est pas une plante aquatique mais il supporte aussi bien des conditions très humides que des conditions d'extrême sécheresse. Aussi, le producteur pourrait valoriser son bassin en l'utilisant comme pépinière de plants. En effet la replantation du vétiver se fait par séparation de touffe. Cette opération est très difficile puisque le système racinaire du vétiver est très puissant et fortement lié à la terre. Or, le substrat en scorie de charbon du bassin est très léger. Il est très aisé d'arracher une touffe de vétiver, qui pourrait par la suite permettre de replanter une parcelle pour faire de l'huile essentielle.

4. VARIABLES MESUREES

Les mesures portent sur :

- la concentration en ions nitrates et phosphates à différents points de prélèvement
- la concentration en matière organique à travers la mesure de la DCO (demande chimique en oxygène)
- la conductivité et le pH aux différents points de prélèvement.

5. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

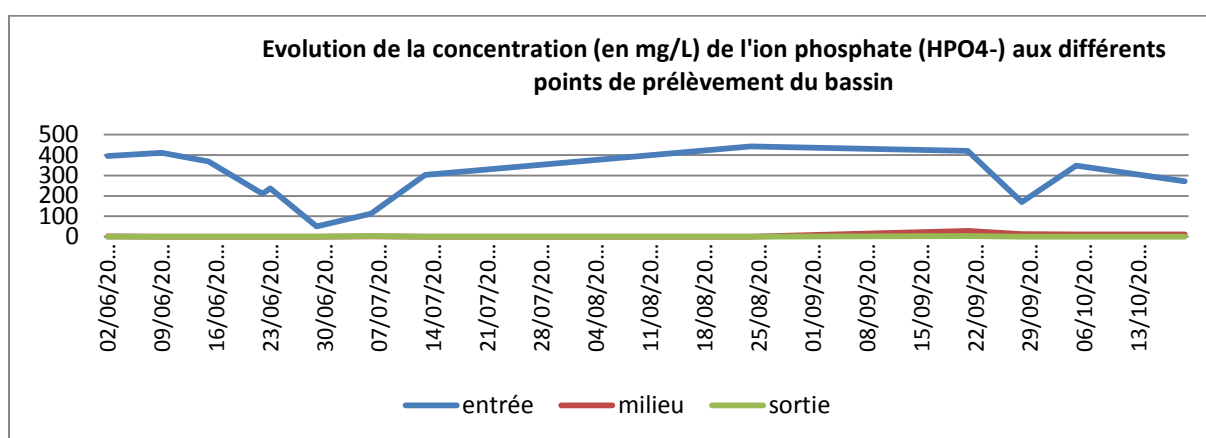
Sur l'exploitation EARL le Montvert, il y a 5 points de prélèvement :

- deux dans la serre avec la mesure des caractéristiques physico-chimique de la solution à l'apport et au drainage
- trois dans le bassin avec la mesure des caractéristiques physico-chimique de l'effluent en entrée de bassin, en milieu et en sortie.

A l'ARMEFLHOR, il y a 2 points de prélèvement : un en entrée de bassin et l'autre en sortie.

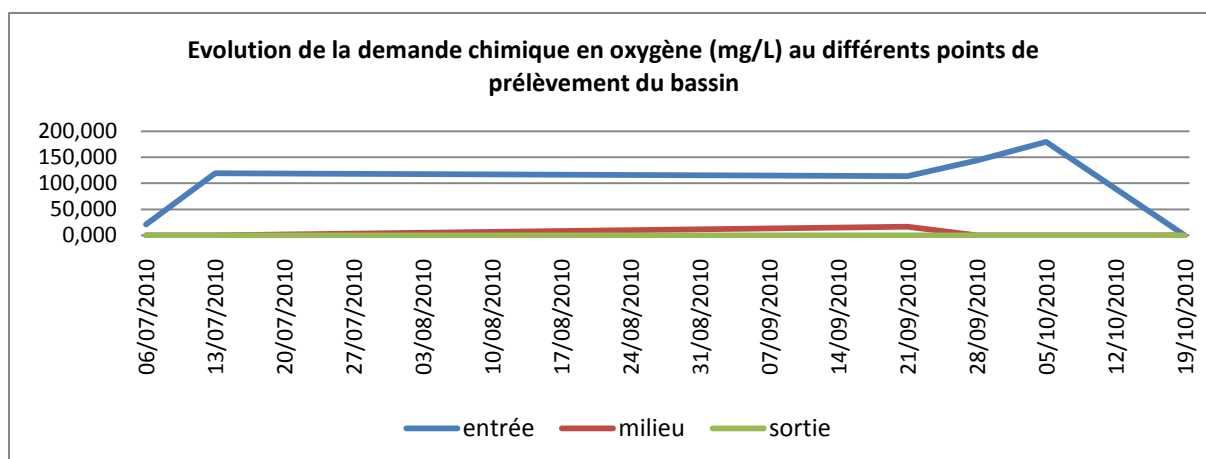
Le bassin de l'« EARL Le Montvert » a été planté en mai 2010, celui de l'ARMEFLHOR en septembre 2010.

6. RESULTATS OBTENUS

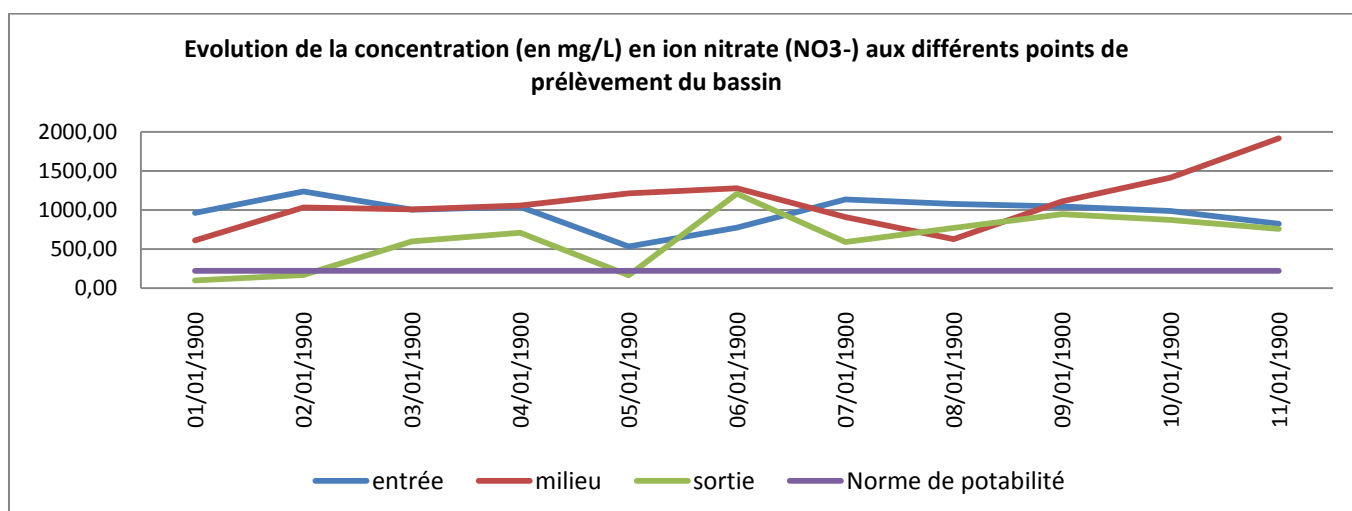


Dés le milieu du bassin, la fixation du phosphate est totale. D'après les spécialistes des bassins filtrants (Dominique Grassely (CTIFL) Laurent Rosso (Ctifl), Gérard Merlin¹ (Ocie-Esigec, université de Savoie, Le Bourget du Lac), Adrienne Trillaud (Université de Haute Alsace, Colmar)), la rétention du phosphore s'explique principalement par l'adsorption sur le substrat (scorie de charbon), par des réactions de complexations et de précipitation ainsi que par l'incorporation dans les bactéries. La présence d'oxyde de fer dans la solution ainsi que la réaction de dénitrification qui alcalinise le milieu peut favoriser les phénomènes de précipitation des phosphates.

Toutefois cette fixation risque d'être temporaire et les phosphates peuvent être libérés ultérieurement lors de la minéralisation de la matière organique, lors de la dégradation des bactéries ou lors de variation du pH dans le bassin. Des observations sur plusieurs années sont donc nécessaires pour contrôler ces éventuels phénomènes de relargage et pour évaluer l'élimination des phosphates à long terme.



A travers la DCO (Demande chimique en oxygène), c'est la concentration en matière organique soluble que nous évaluons. Les bactéries utilisent pour leur métabolisme des chaînes carbonées courtes. Une DCO trop faible entraîne donc une dénitrification incomplète. Nous n'avons pas souhaité dans un premier temps ajouter dans le bassin une source carbonée pour mesurer l'influence de la dégradation du substrat de culture en fibre de coco et des racines sur la DCO. Il est à noter que dès l'entrée du bassin, la concentration en matière organique soluble est le facteur limitant à la dénitrification.



La concentration en nitrate en sortie de bassin est très en dessus de la norme de potabilité. Aussi afin de faire un complément carboné pour améliorer le fonctionnement du système une zone de compostages des déchets des serres (feuilles et fruits déclassés) a été installée en décembre. Le percolât de la zone de compostage s'écoule à l'entrée du bassin. (photos ci-dessous)



7. CONCLUSION & PERSPECTIVES

Les premiers résultats de cet essai en cours sont prometteurs. Le bassin permet d'extraire de la solution le phosphate. Nous constatons également que la dénitrification s'active puisque le taux de nitrate est toujours plus faible en sortie du bassin qu'en entrée. Nous devons donc optimiser le système avec un apport carboné facilement disponible pour l'exploitant.