

Traitemen~~t~~ de rejets de culture hydroponique par marais filtrants: influence des plantes, de la saison et de l'ajout de carbone organique

Vincent Gagnon, Gabriel Maltais-Landry, Jaume Puigagut, Florent Chazarenc et Jacques Brisson



Présenté par:

Vincent Gagnon

Étudiant au PhD.

28 Octobre, 2010



Institut de recherche
en biologie végétale

IRBV

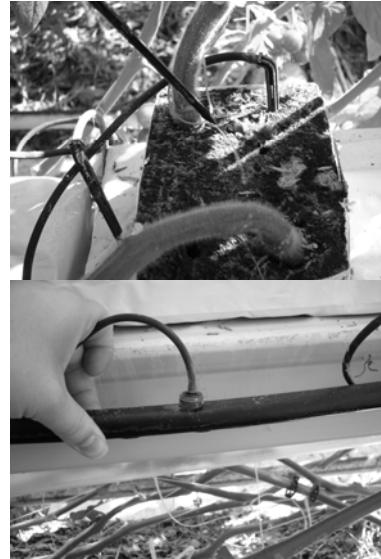
Introduction: problème des rejets de culture hydroponique

- La culture hydroponique est en expansion au Canada
- La production de tomate hydroponique représente 60% des cultures maraîchères en serre (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2006)
- Cette industrie génère plus de 300 millions de dollars annuellement en revenu (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2006)



Introduction: problème des rejets de culture hydroponique

- Un plant de tomate nécessite entre 1,5 à 4,5 litres d'eau fertilisée par jour (communication personnelle)
- Les plantes sont généralement suralimentées en eau fertilisée de 25% à 45% (Prystay et Lo, 2001)
- Ce qui crée des rejets entre 15 000 à 250 000 litres par jour d'eau usée
- La composition du rejet (Park *et al.* 2008; Prystay et Lo, 2001):
 - $\text{NO}_3\text{-N}$: 200-300 mg L⁻¹
 - $\text{PO}_4\text{-P}$: 30-100 mg L⁻¹
 - Presque pas de carbone organique



2

Introduction: Solution proposée

- Les marais filtrants sous surfaciques à flux horizontale ont été proposés comme une alternative pour le traitement des rejets hydroponiques
 - Ces types de marais filtrant favorisent les processus anaérobies comme la dénitrification
 - Moins cher que l'électrodialyse, ultrafiltration et l'osmose inverse
- Toutefois, il existe peu d'informations sur le traitement des rejets hydroponiques par marais filtrant.



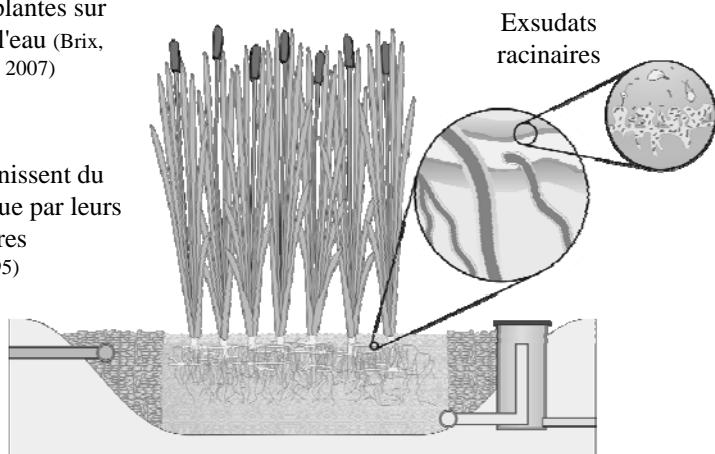
3

Introduction: Les facteurs qui influencent le traitement

○ Effet des plantes

- Effet positif de plantes sur le traitement de l'eau (Brix, 1997; Gagnon *et al.*, 2007)

- Les plantes fournissent du carbone organique par leurs exsudats racinaires (Zhu and Sikora, 1995)

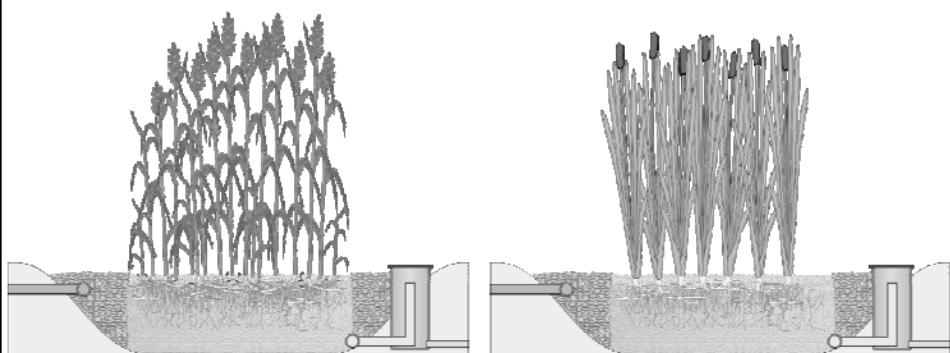


4

Introduction: Les facteurs qui influencent le traitement

○ Effet de l'espèce de plantes

- La production d'exsudats racinaires riche en carbone organique diffère selon les espèces de plantes (Lin *et al.*, 2002)



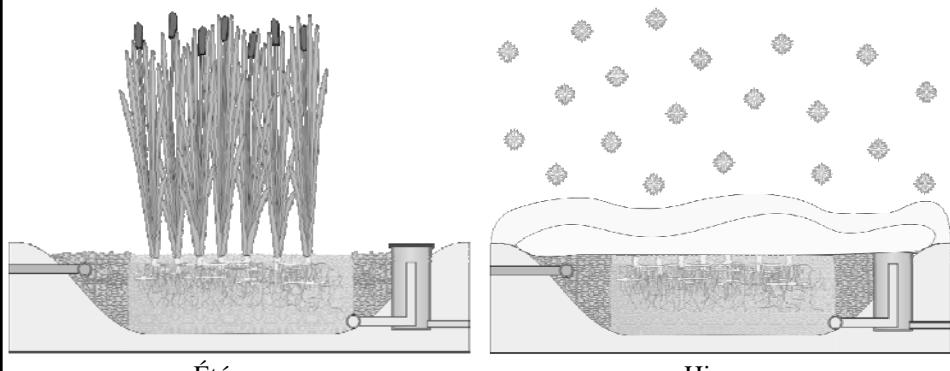
Introduction: Les facteurs qui influencent le traitement

- Effet de l'ajout de carbone organique
 - Néanmoins, des études ont montré un faible enlèvement des nitrates (13-27%) lors du traitement de rejets hydroponiques par marais filtrant (Prystay et Lo, 2001)
 - Toutefois seule une espèce de plante (*Typha*) a été utilisée lors de cette étude (Prystay et Lo, 2001), il possible que d'autres espèces donne de meilleurs résultats
 - Néanmoins, une source de carbone externe est souvent nécessaire pour éliminer de façon satisfaisante les nitrates, particulièrement lorsque la concentration est élevée (Zhu and Sikora, 1995; Prystay and Lo, 2001; Lin *et al.*, 2002)
 - L'épuration optimum des nitrates en marais filtrant a été observée à une ratio de DCO/N de 3,5 fructose comme source de carbone (Lin *et al.*, 2002)

6

Introduction: Les facteurs qui influencent le traitement

- Effet de la saison



7

Objectives et hypothèses

- Les objectifs de cette étude étaient d'évaluer l'effet:

- Plantes (présence et espèce de plante)
- Ajout de carbone organique (sucré)
- Saison (été et hiver)

- Les hypothèses:

- Les marais filtrants plantés devraient être plus efficace que les non plantés
- L'élimination des nitrates devrait être différent selon les espèces de plantes
- L'ajout de carbone organique devrait augmenter l'enlèvement des nitrates
- L'élimination des polluants devrait être meilleur en été qu'en hiver

8

Méthodes

- Installation expérimentale

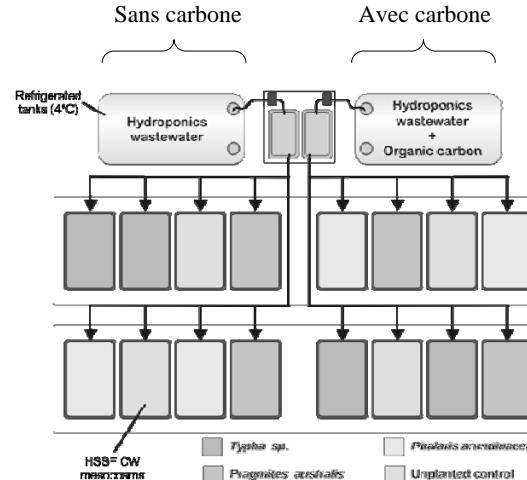
- Sous serre au Jardin Botanique
- 16 mésocosmes (1 m^2)

- 3 espèces de plantes

- *Typha sp.*
- *Phragmites australis*
- *Phalaris arundinacea*
- unplanted control

- Réplication: 2x

- Ajout de carbone organique (Sucré: 815 mg L^{-1} COD; COD/N: 3.5)



9

Méthodes

○ Installation expérimentale

- Alimentation par bâchée
- Charge d'alimentation: $30 \text{ L m}^{-2} \text{ d}^{-1}$

○ Charge de polluants :

Pollutant	Loading ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)
$\text{NO}_3\text{-N}$	6.8
$\text{NH}_3\text{-N}$	0.5
$\text{PO}_4\text{-P}$	1.7
COD (no added C)	0.8
COD (added C)	24.4

Autres éléments ajoutés

Nutrient	Theoretical concentration (mg/L)	Nutrient	Theoretical concentration (mg/L)
Potassium	344	Boron	1.1
Calcium	253	Iron	0.9
Chloride	183	Copper	0.8
Sulphate	168	Zinc	0.6
Sodium	17	Manganese	0.5
Magnesium	76		

- Les analyses ont été effectués selon les Standard Methods pour : COD, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$

- L'efficacité d'épuration a été calculée par des bilan de masse de polluants

10

Méthodes

○ Installation expérimentale

○ Saison



Condition estivale

Température: $22 \pm 3^\circ\text{C}$

Plantes actives

Condition hivernale

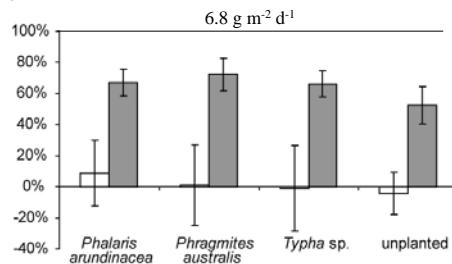
Température: $8 \pm 1^\circ\text{C}$

Plantes en dormances

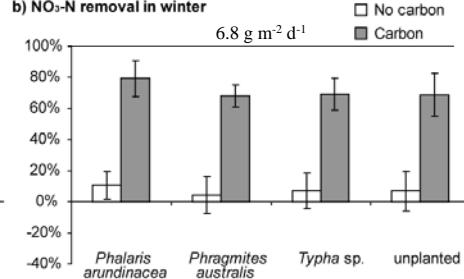
11

Résultats et discussion

a) NO₃-N removal in summer



b) NO₃-N removal in winter



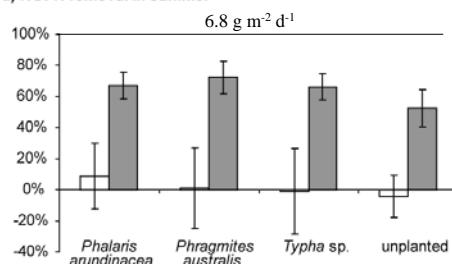
Effet de la saison

- Légère amélioration de l'enlèvement des nitrates en hiver

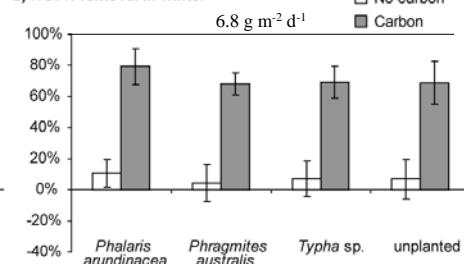
12

Résultats et discussion

a) NO₃-N removal in summer



b) NO₃-N removal in winter



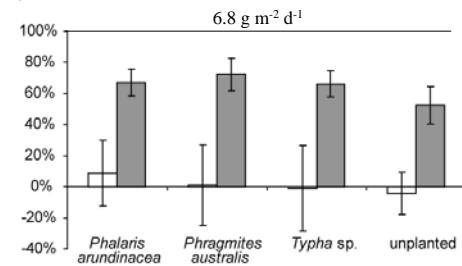
Effet des plantes

- Les marais plantés ont épuration des nitrates légèrement supérieur que les non plantés
- Les marais plantés de *Phalaris arundinacea* ont une meilleure performance que les marais planté de *Phragmites australis* en condition hivernale ($F_{3,8}=4.4$, $P<0.05$),

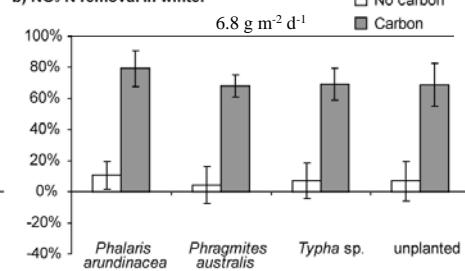
12

Résultats et discussion

a) $\text{NO}_3\text{-N}$ removal in summer



b) $\text{NO}_3\text{-N}$ removal in winter



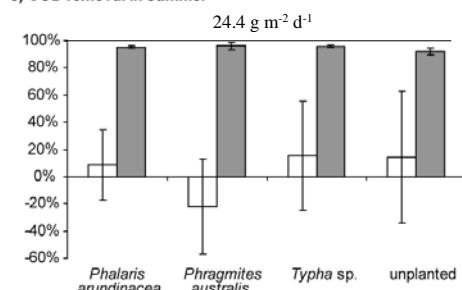
Effet de l'ajout de carbone organique

- L'ajout de carbone organique a entraîné une augmentation significative de l'élimination des nitrates ($F_{1,8}=1\ 607.7$, $P < 0.001$)
- Cependant, même avec l'ajout de carbone, la capacité de dénitrification est probablement saturé

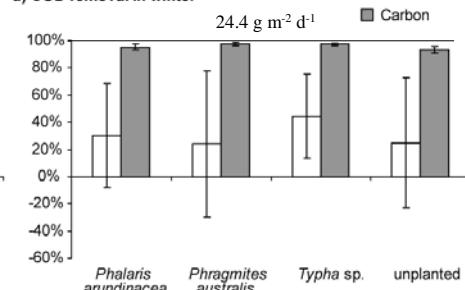
12

Résultats et discussion

c) COD removal in summer



d) COD removal in winter



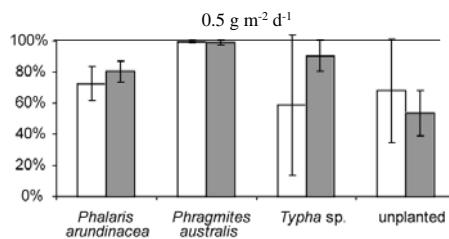
Effet de l'ajout de carbone organique

- Un épuration presque complète de la DCO (92 à 96%) lors de l'ajout de carbone, ce qui suggère que le carbone reste encore un facteur limitant pour la dénitrification
- Cela pourrait être causé par la compétition pour le carbone ajouté entre les bactéries dénitrifiantes et d'autres bactéries hétérotrophes présentes dans le marais
- Dénitrification pourrait encore être stimulée par l'augmentation du rapport C/N

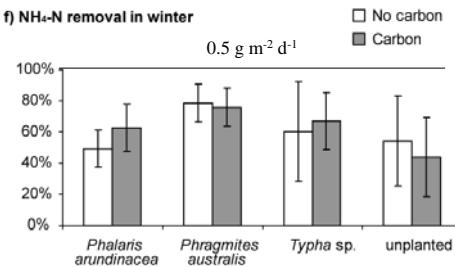
13

Résultats et discussion

e) NH₄-N removal in summer



f) NH₄-N removal in winter

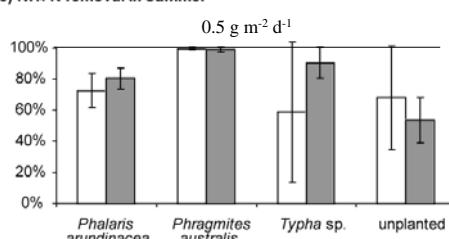


Effet de la saison

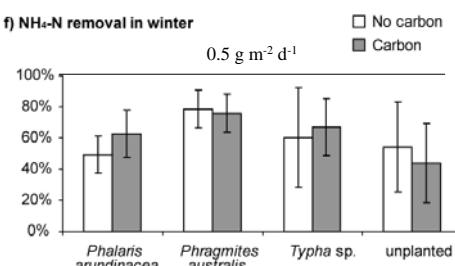
- Élimination de l'ammoniac plus faible en condition hivernal
- Nitrification plus faible à température froide
- Apport d'oxygène par les plantes durant la saison estivale

14

e) NH₄-N removal in summer



f) NH₄-N removal in winter



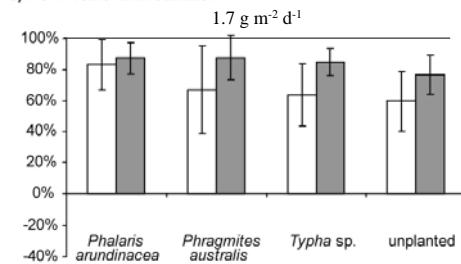
Effet de l'ajout de carbone organique

- Une épuration inférieure de l'ammoniaque dans les marais non planté ajouté de carbone
- L'inhibition de la nitrification pourrait être causé par la forte charge en DCO et l'absence de libération d'oxygène par les plantes
- L'ajout de carbone augmente l'enlèvement de l'ammoniaque dans les systèmes plantés
- Cela pourrait être expliqué par la nitrification hétérotrophe (Tanner *et al.*, 2002)

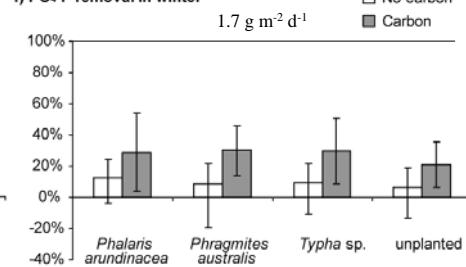
14

Résultats et discussion

e) PO₄-P removal in summer



f) PO₄-P removal in winter



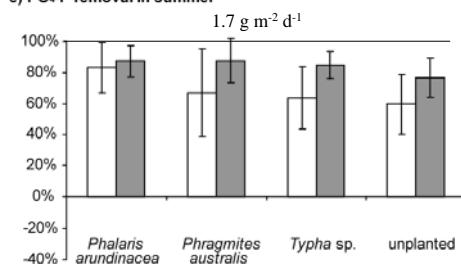
Effet des plantes

- Aucune différence statistique entre les espèces de plantes et entre les marais plantés et non planté

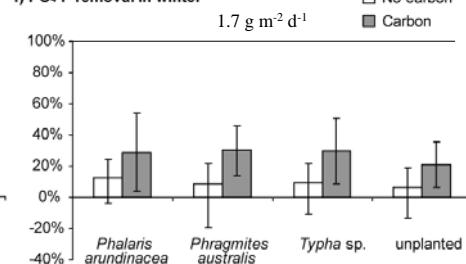
15

Résultats et discussion

e) PO₄-P removal in summer



f) PO₄-P removal in winter



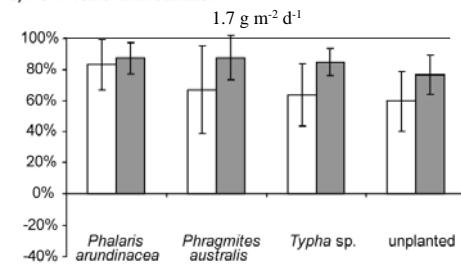
Effet de l'ajout du carbone

- L'ajout de carbone augmente significativement l'enlèvement du phosphore ($F_{1,8} = 136.9$, $P < 0.001$)
- Cela pourrait être causé par la séquestration du phosphore dans la biomasse microbienne, stimulé par l'ajout de carbone organique (Park *et al.* 2008)

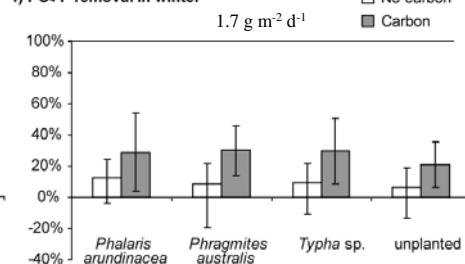
15

Résultats et discussion

e) PO₄-P removal in summer



f) PO₄-P removal in winter



L'effet de la saison

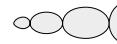
- L'élimination du phosphore est plus élevée en été
- Lorsque la densité et l'activité microbienne est être plus élevée

15

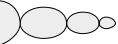
Conclusion

- Les marais filtrants plantés ont généralement de meilleure performance épuratoire que les marais témoins non plantés
- L'ajout de carbone organique a une effet significatif sur l'enlèvement des nitrates et des phosphates
- Néanmoins, de plus haute performance pourrait être atteint avec un ratio carbone/azote (C/N) plus élevé
- Les marais filtrants ont montré de bonnes performances en hiver
- De façon générale les marais plantés, spécialement de *Phalaris*, et additionné de carbone organique offre la meilleure combinaison pour l'épuration des eaux de rejet de serre de culture hydroponique, cela même en hiver.

16



Plus d'informations



Gagnon, V., Maltais-Landry, G., Puigagut, J. Chazarenc, F., Brisson, J. (2010). *Treatment of Hydroponics Wastewater Using Constructed Wetlands in Winter Conditions*. Water Air and Soil Pollution, 212: 483-490