Chloé Frédette,

candidate au doctorat

en sciences biologiques

Marais de saules à effluent nul *pour le traitement d'eau contaminée*

Introduction

Contamination résiduelle

- Phosphore
- Teinture
- Émergent
- Récalcitrant
- Très toxique

Table 3
Biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and total suspended solids (TSS) removals during the two years of wetland operation

	Removal, %					
	1st year			*2nd year*		
	BOD	*COD*	*TSS*	*BOD*	*COD*	*TSS*
Cattail bed	97±1·2	79±0·3	92±4·2	97±3·0	81±1·0	92±1·3
Unplanted bed	86±0·5	75±1·3	93±3·0	83±2·7	79±2·1	91±2·8

Mean values±standard deviation.

Table 4
Percentages of removal of ammonium nitrogen (NH4-N), nitrate nitrogen (NO3-N) and P-phosphate during the 2 years of wetland operation

Year	*Season*	*NH_4-N removal, %*		*NO_3-N removal, %*		*Phosphorous removal, %*	
		Cattail bed	*Unplanted bed*	*Cattail bed*	*Unplanted bed*	*Cattail bed*	*Unplanted bed*
1st year	Summer	19±1·1	10±3·1	63±2·1	76±1·1	39±5·1	31±0·5
	Autumn	22±0·8	6±2·8	64±0·9	78±2·0	33±0·9	34±1·1
	Winter	20±1·0	7±0·9	60±1·7	74±0·8	36±2·0	30±0·8
2nd year	Spring	30±6·0	13±1·0	70±0·9	84±1·6	−34±2·8	−28±2·1
	Summer	40±3·5	11±3·4	73±1·1	80±0·9	11±0·2	8±3·3
	Autumn	35±3·0	17±3·0	69±1·0	82±1·1	12±1·0	−4±2·8
	Winter	38±4·1	13±0·9	75±2·1	82±0·8	−40±3·7	−30±7·0

Ciria, M. P., Solano, M. L., & Soriano, P. (2005). Role of macrophyte Typha latifolia in a constructed wetland for wastewater treatment and assessment of its potential as a biomass fuel. *Biosystems Engineering*, *92*(4), 535-544.

SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTO TECHNOLOGIE

Introduction

Contamination résiduelle

- Phosphore
- Teinture
- Émergent
- Récalcitrant
- Très toxique

Table 1. Electrochemical treatment of simulated dyeing wastewater

Dyes	Chromaticity removal (%)	COD removal (%)
Reactive brilliant blue X-BR	100.0	60.0
Reactive brilliant red KM-8B	96.6	44.8
Reactive flavine K-4G	90.0	33.8
Reactive violet K-3R	95.3	53.9
Reactive turquoise blue K-GL	99.5	89.9
Reactive brilliant red K-2G	93.4	50.6
Acid turquoise blue V	98.8	43.6
Acid blue BGA	87.5	41.4
Acid red G	98.0	37.4
Acid red B	93.3	40.3
Acid navy blue GGR	90.7	39.2
Weak acid brilliant blue RAW	95.0	44.4
Weak acid deep blue GR	97.5	52.1
Neutral gray 2BL	93.3	38.0
Direct orange S	96.9	61.2
Direct violet R	98.8	60.3
Direct green B	96.9	40.2
Cationic brilliant blue 2RL	98.4	74.5
Cationic red 2GL	87.5	48.9
Cationic turquoise X-GB	98.9	56.5
Sulfur black BN	96.0	50.9
Sulfur brilliant green GB	100.0	72.5
Vat dark blue VB	98.1	73.2
Vat brilliant violet RR	100.0	69.0
Vat red F3B	100.0	60.9
Vat blue RSN	100.0	70.7
Vat direct black RB	99.6	63.6

Electrolyses voltage: 25 V, Time: 60 min, Na_2SO_4: 0.5 g l^{-1}.

Jia, J., Yang, J., Liao, J., Wang, W., & Wang, Z. (1999). Treatment of dyeing wastewater with ACF electrodes1. *Water Research*, *33*(3), 881-884.

Introduction

Contamination résiduelle

- Phosphore
- Teinture
- Émergent
- Récalcitrant
- Très toxique

Table 4 – EDCs removal of WWTPs evaluated by different bioassays

Num	Wastewater type	WWTP type	In vitro assay	Removal (%)	Reference
1	Domestic	AS	ER-binding	73	Ito (2008)
2	Swine	UASB + filter	E-screen	83–93	Shappell et al. (2007)
3	Swine	Wetland	MVLN[a]	44–99	Furuichi et al. (2006)
4	Domestic	AS	ER-binding	90 –> 99	Leusch et al. (2006)
5	Domestic	AS	E-screen	> 95	Leusch et al. (2005)
6	Domestic	AS	YES	0–100	Servos et al. (2005)
7	Domestic	AS	MVLN	61–97	Cargouet et al. (2004)
8	Domestic	AS	YES	58 to > 99	Svenson et al. (2003)
9	Domestic	AS	YES	51–67	Holbrool et al. (2002)
10	Domestic	AS	E-screen	91	Korner et al. (2000)
11	Domestic	AS	YES	92	Matsui et al. (2000)

[a]MCF-7 human breast carcinoma cell line, stably transfected with an estrogen-regulated luciferase gene.

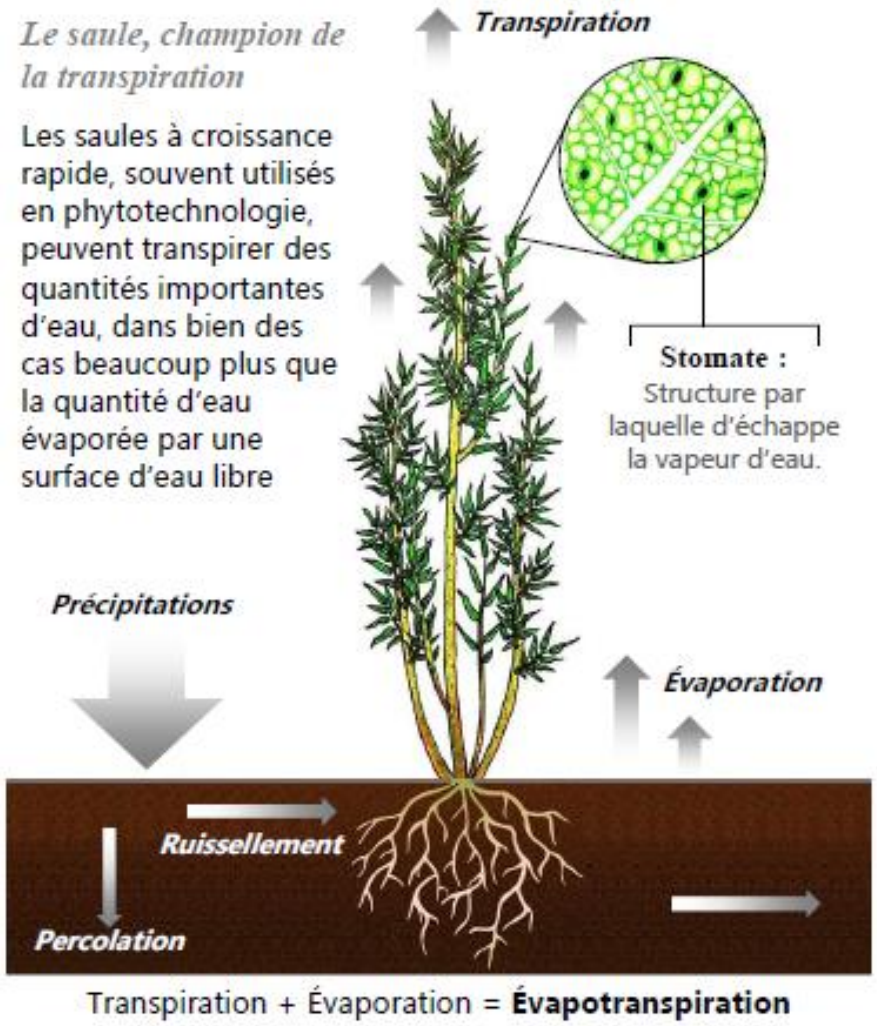
Liu, Z. H., Kanjo, Y., & Mizutani, S. (2009). Removal mechanisms for endocrine disrupting compounds (EDCs) in wastewater treatment—physical means, biodegradation, and chemical advanced oxidation: a review. *Science of the total environment*, *407*(2), 731-748.

SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTO TECHNOLOGIE

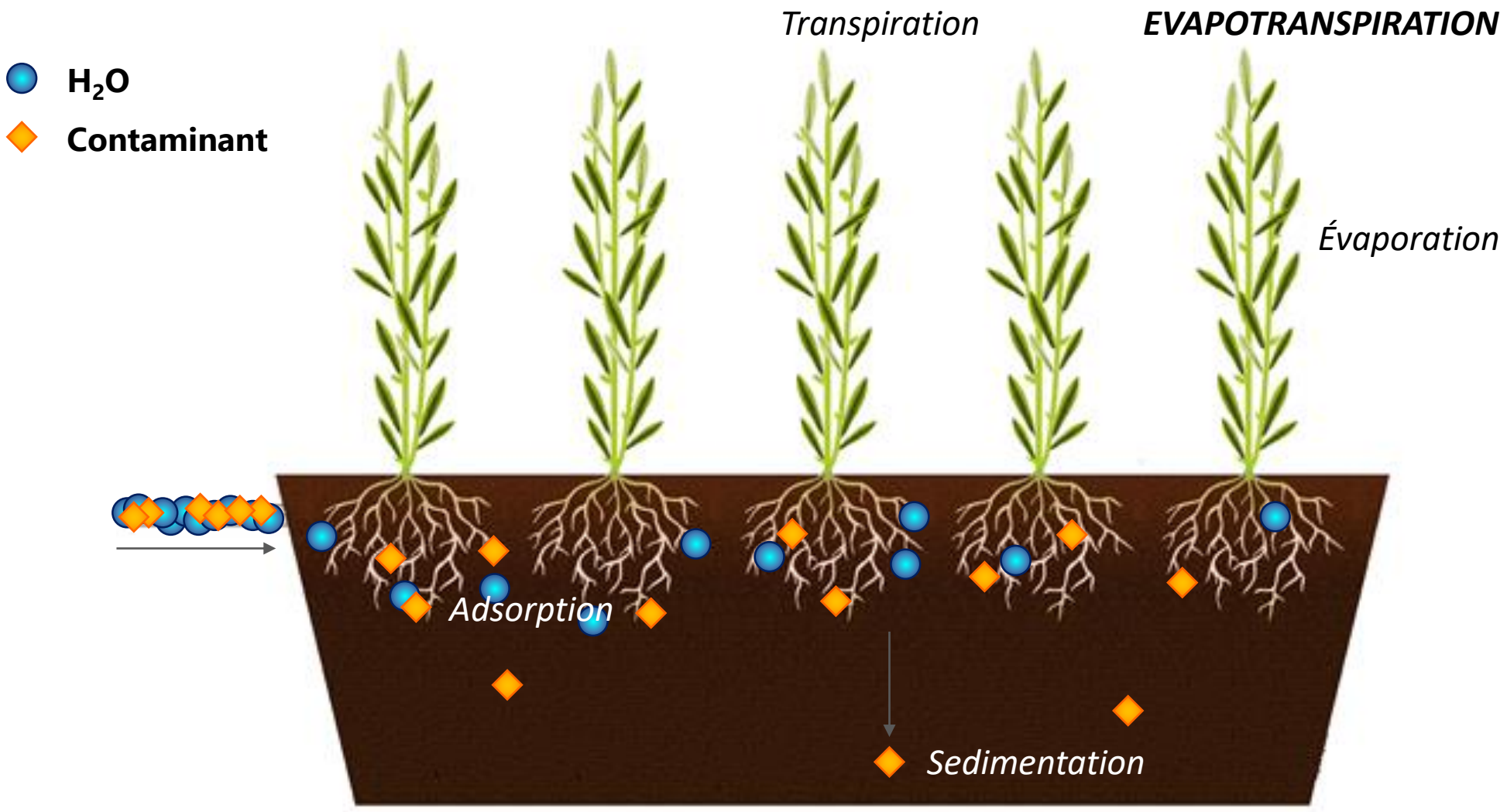
Marais à effluent nul

- Conçus en Europe (Danemark, Irlande)
- Basés sur l'évapotranspiration
- Plantes utilisées : saules à croissance rapide
- Fonctionnent à l'énergie solaire

- **Pas d'effluent… pas de risque de contamination!**



Marais à effluent nul



Problématique

Défis

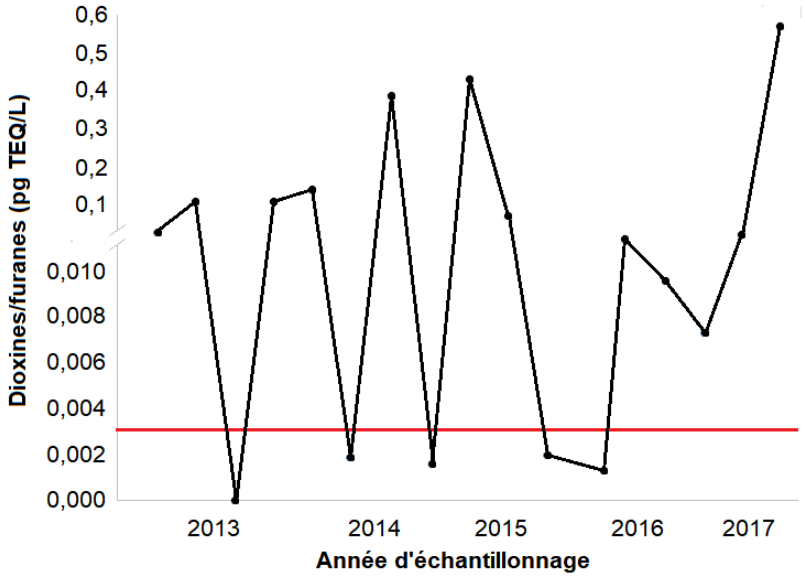
- Volume à traiter
- Phytotoxicité
- Durée de vie
- Climat

Avantages

- Efficacité invariable et totale
- Démonstration la faisabilité
- Amélioration des systèmes de traitement conventionnels

Problématique appliquée

- Normes extrêmement strictes
- Performance variable
- Dépassement occasionnels



Objectifs

Déterminer la **capacité d'évapotranspiration** de *Salix miyabeana* (SX67) en marais filtrant

Quantifier la **réponse** écophysiologique de *Salix miyabeana* **à un gradient de contamination**

Concevoir et optimiser **un système** de traitement d'eau à effluent nul par marais de saules

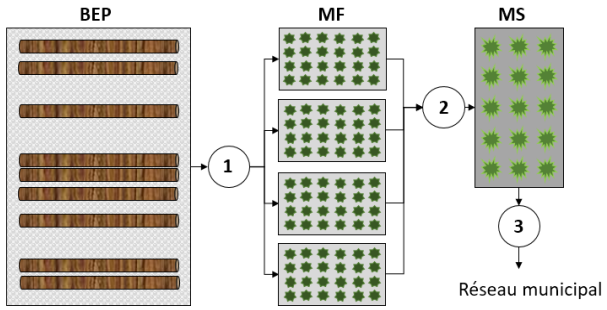
SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTO TECHNOLOGIE

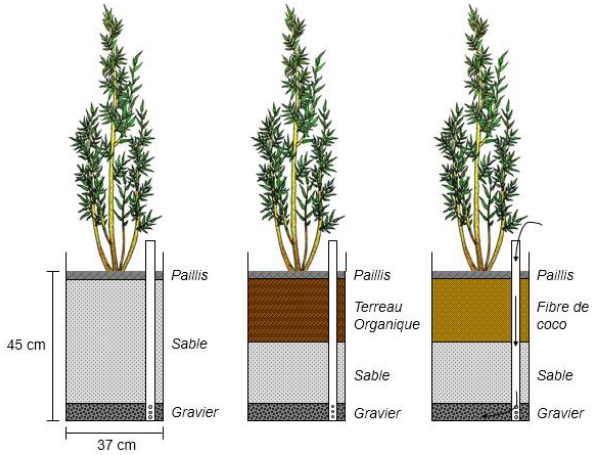
Méthodologie

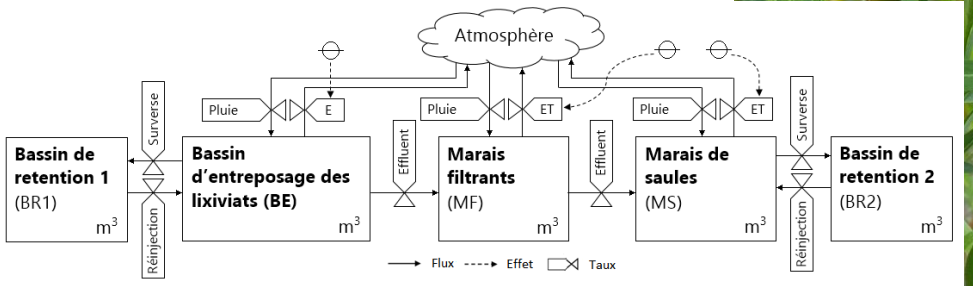
Projet pilote

Expérimentation en serre

Modélisation

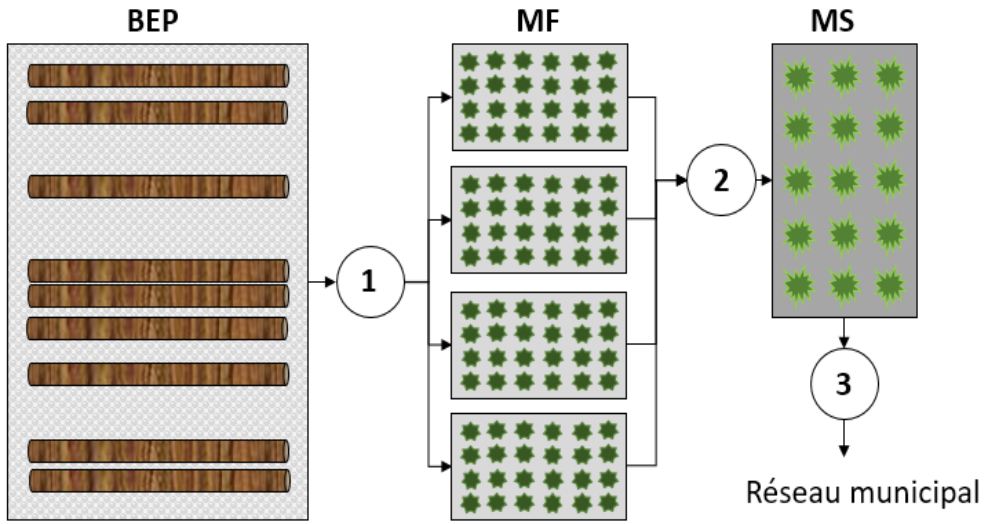




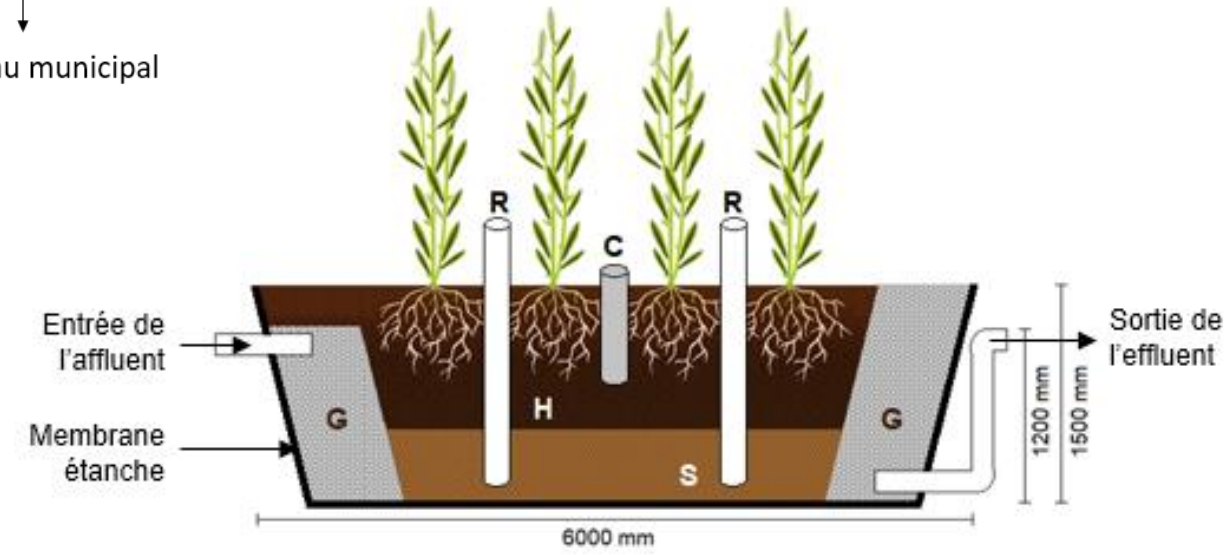


Méthodologie

Projet pilote



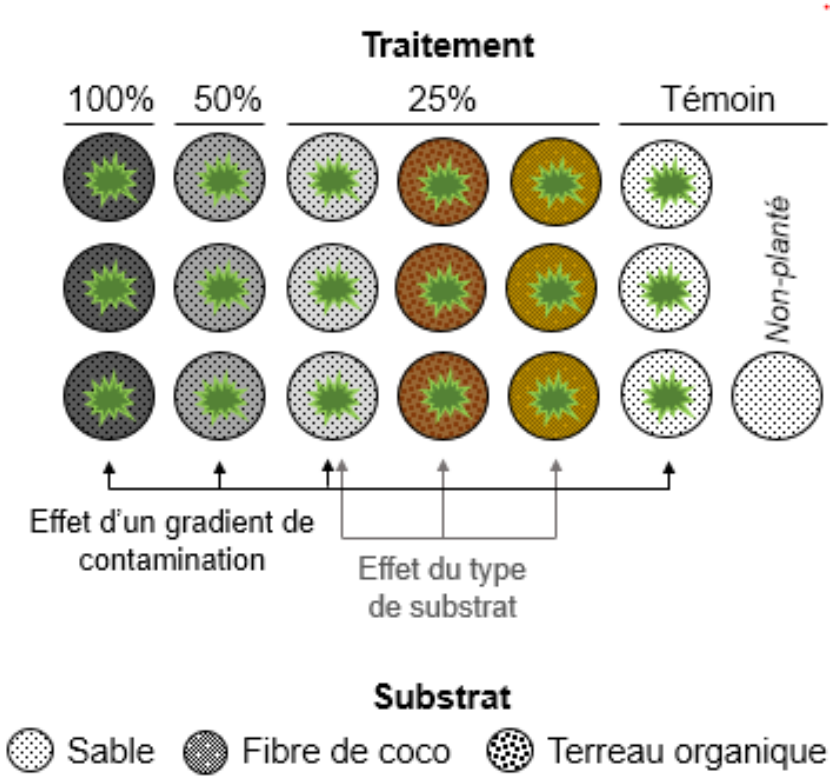
- Site d'entreposage de poteaux de bois
- Pluie contaminée aux produits de préservation du bois (ACC, PCP)
- Traitement par marais filtrants, polissage par marais de saules



Méthodologie

Expérimentation en serre

- Test d'un gradient de contamination (eau)
- Test de l'effet du substrat
- Seuil de phytotoxicité

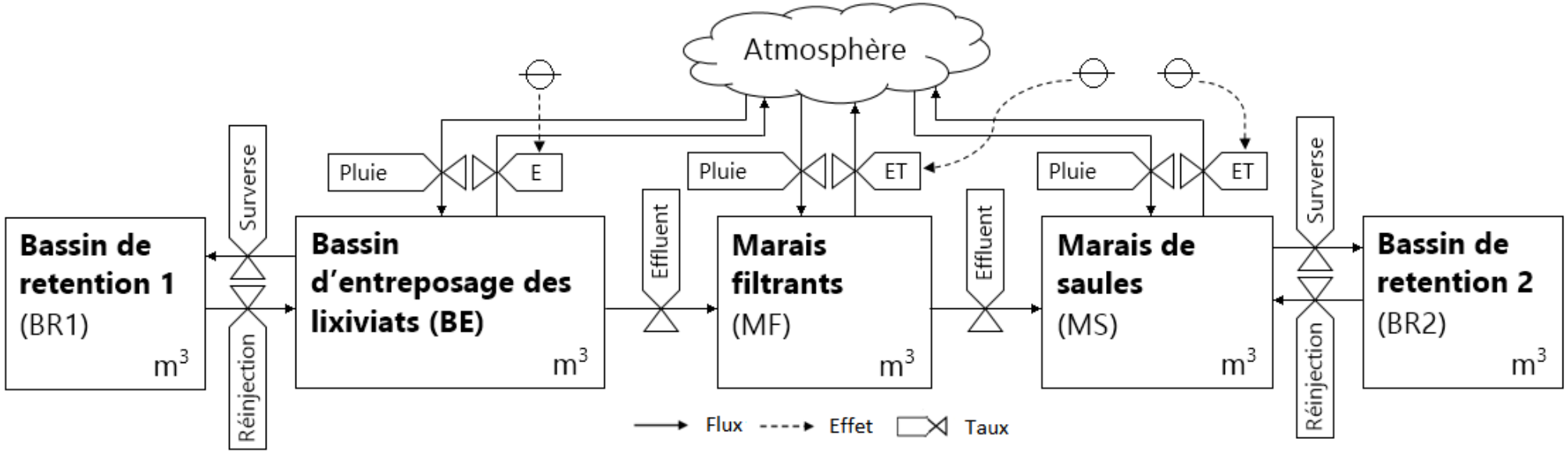


SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECHNOLOGIE

Méthodologie

Modélisation

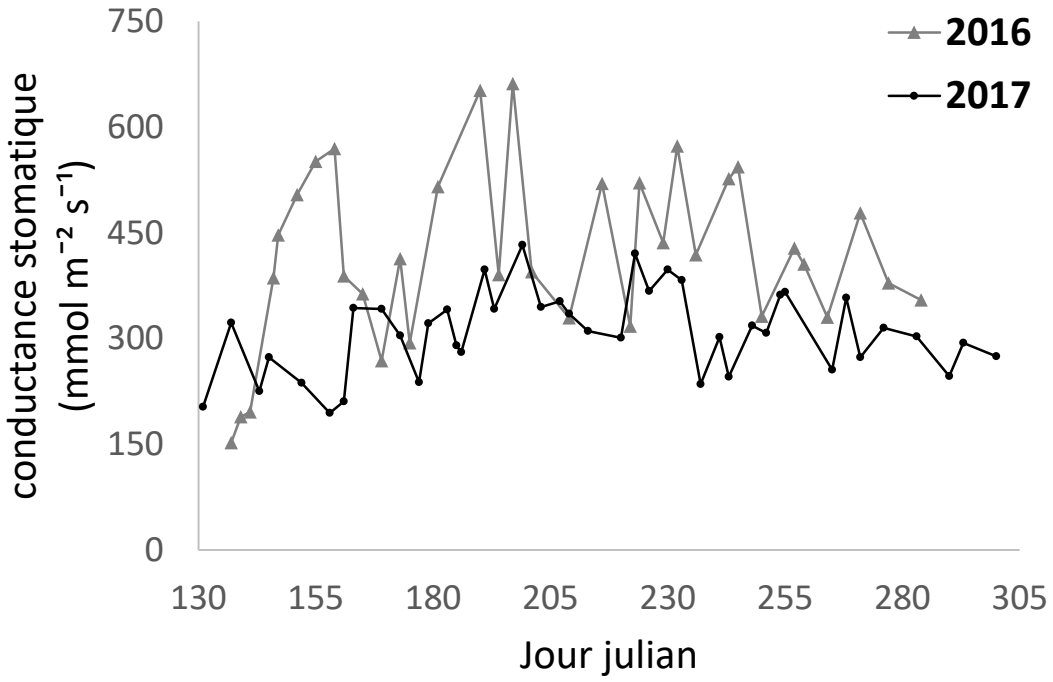
- Modèle global du système de traitement

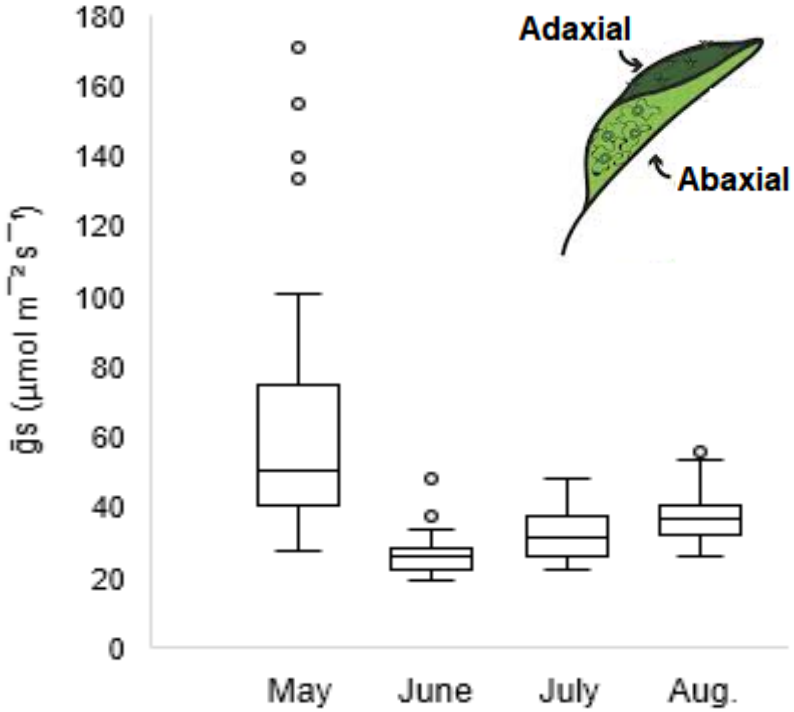


- Modèle d'évapotranspiration : **ET = Ḡs · LAIactive · D**
- Optimisation

Résultats préliminaires

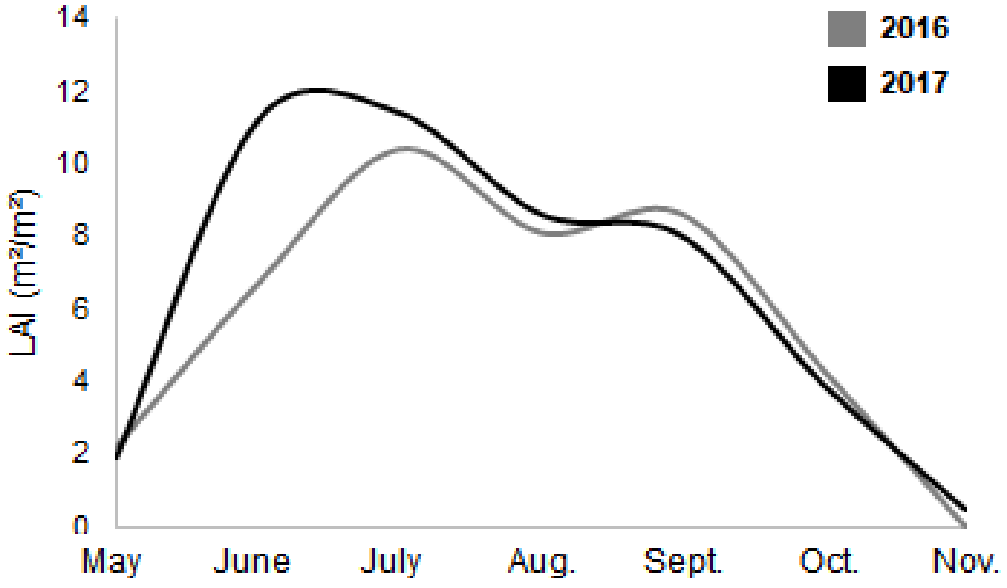
Données écophysiologiques : conductance stomatique (Ḡs) *in situ*

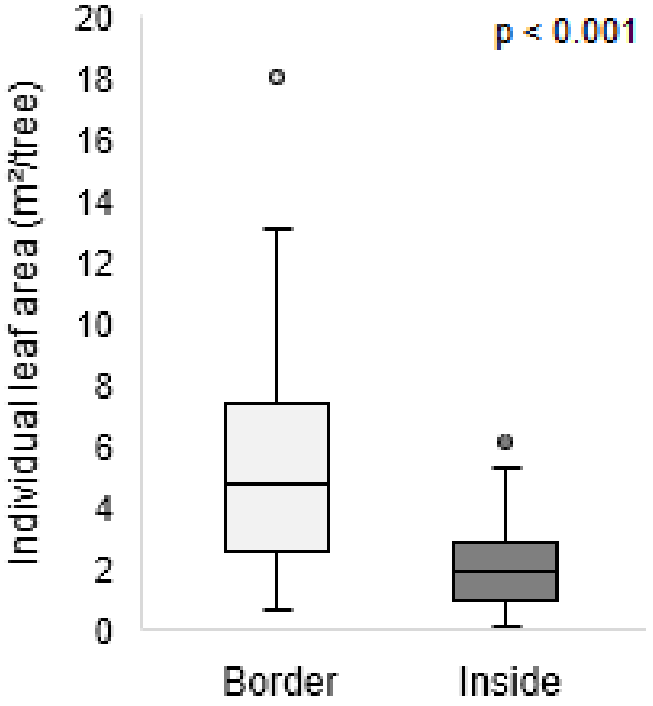




Résultats préliminaires

Données écophysiologiques : surface foliaire *in situ*





Résultats préliminaires

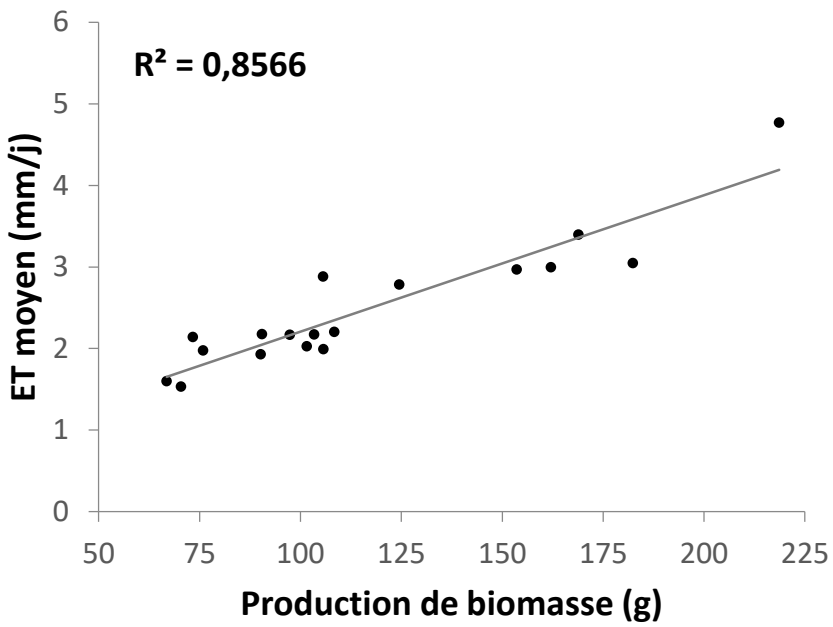
Données écophysiologiques : production de biomasse

in situ

2,6	2,6	3,0	3,8	1,5	3,3	1,5	2,5	3,3	5,1	0,9	5,7	3,2	16,0
1,4	1,4	2,0	0,4	0,9	1,4	1,1	0,8	1,1	2,0	1,5	1,0	1,2	4,9
2,0	1,0	1,2	0,4	1,5	1,2	1,1	1,8	0,8	1,1	1,7	1,0	3,5	1,8
2,0	1,5	1,4	1,8	1,6	2,1	1,9	1,2	1,3	1,0	0,3	2,0	3,6	2,8
3,2	1,8	1,5	0,9	1,1	2,2	1,2	2,1	2,7	2,3	1,1	2,7	2,5	3,6
1,9	1,1	1,0	2,2	0,5	1,9	2,6	1,5	1,1	1,4	1,4	2,0	2,4	4,4
1,8	2,7	1,9	0,6	1,5	1,2	2,7	4,3	0,8	2,4	2,7	3,3	2,9	6,9
0,2	4,0	3,1	3,6	8,0	3,5	3,0	5,2	6,9	1,5	7,7	5,5	5,2	7,3

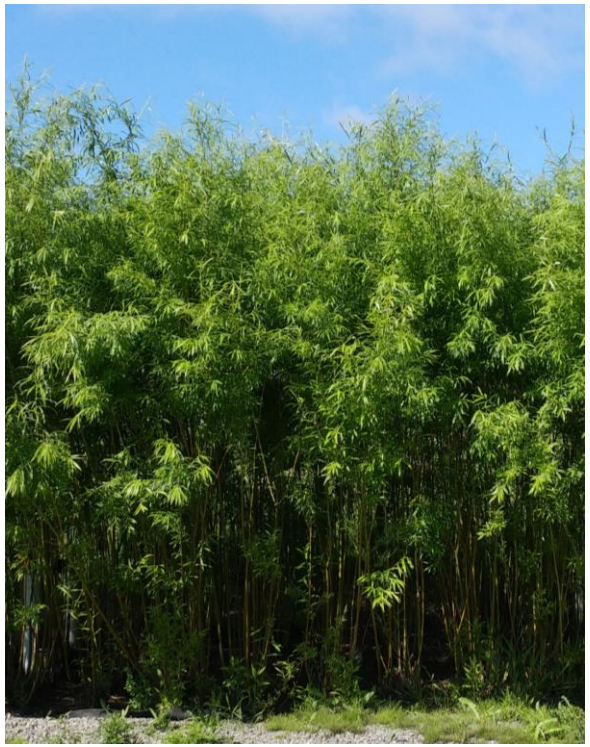
Nord Sud

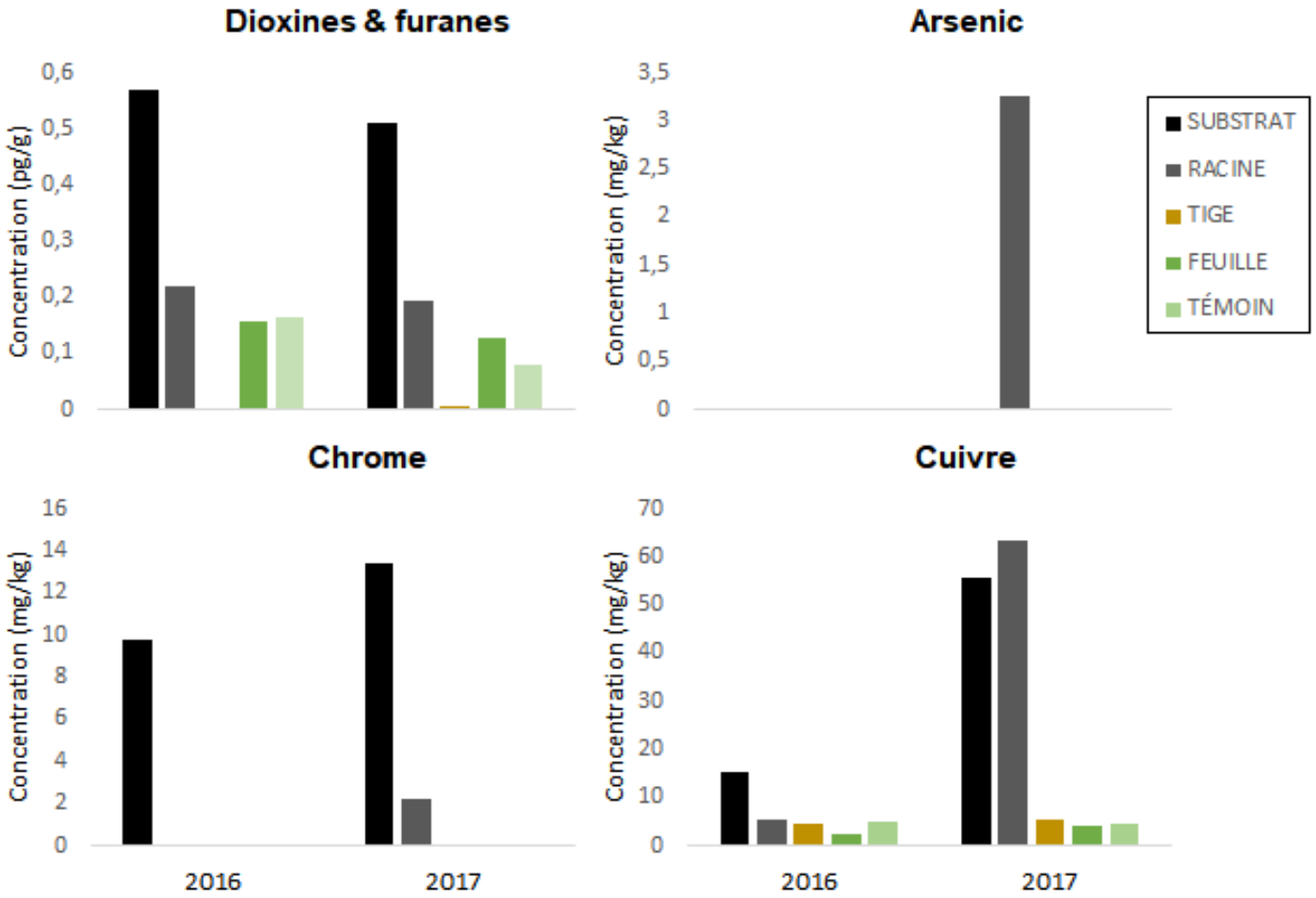
en serre



Résultats préliminaires

Contamination : *in situ*





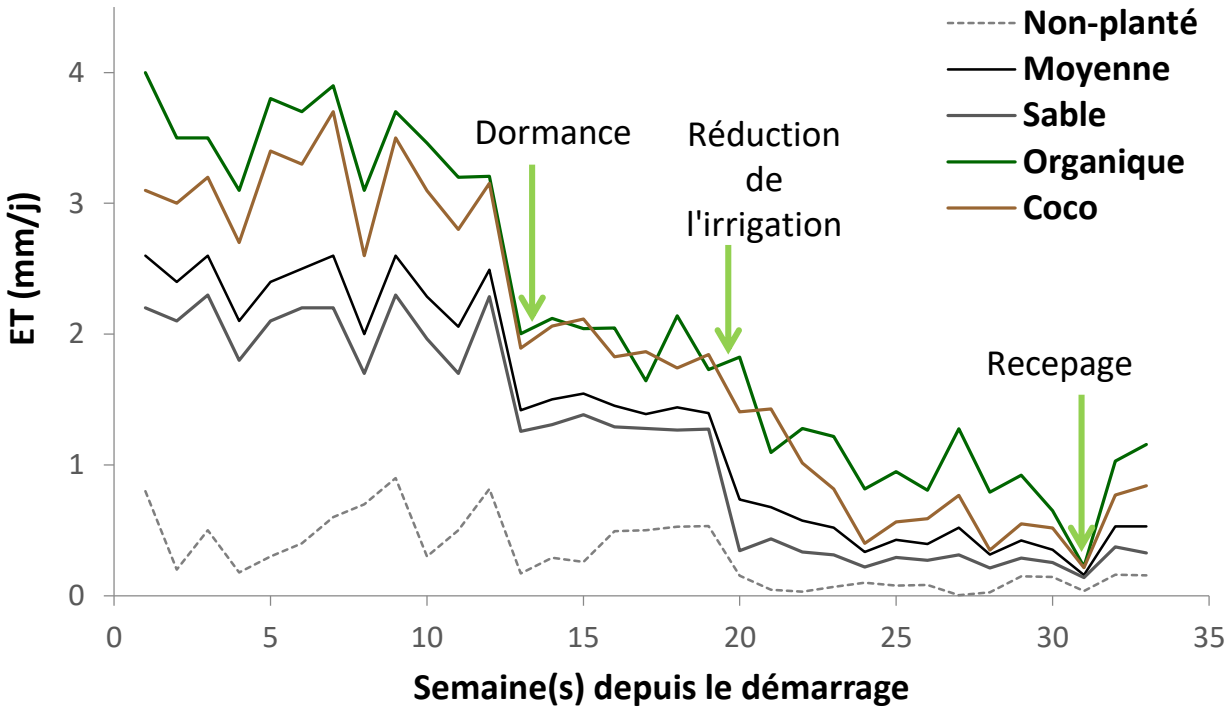
Résultats préliminaires

Évapotranspiration

in situ

	Taux moyen (mm/j)		Cumul. Saison (mm)	
Pluie	-	-	391	712
ET référence	4,5	3,2	808	749
ET marais de saules	**31**	**17**	**4536**	**2906**

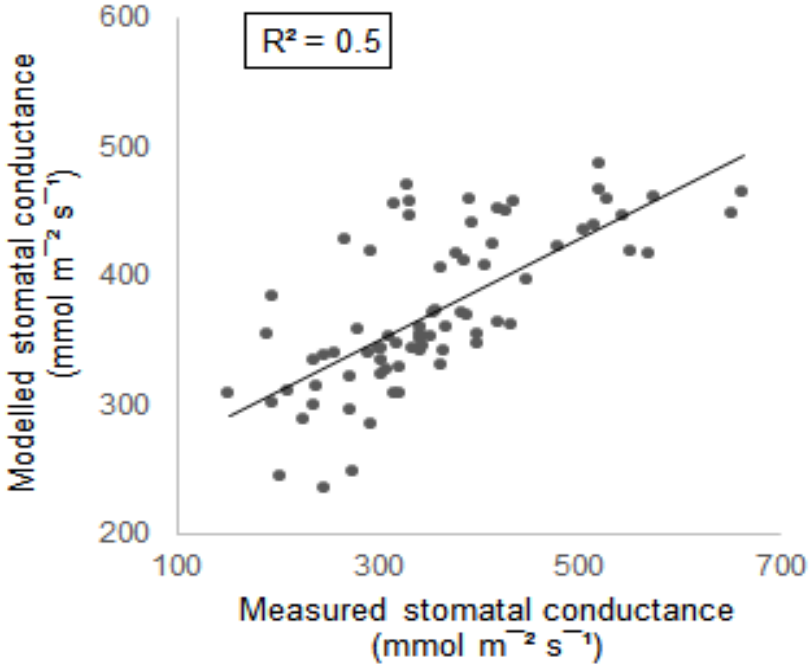
en serre

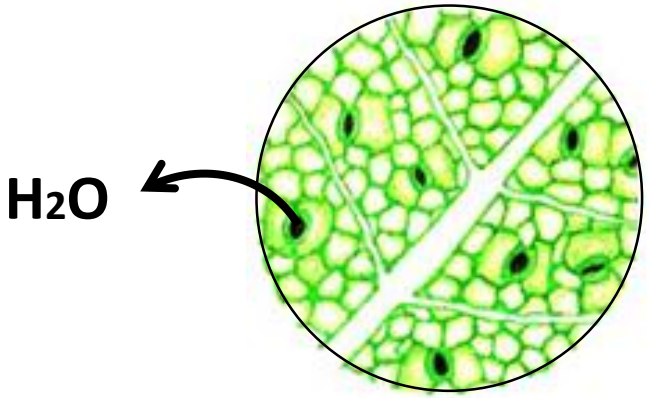


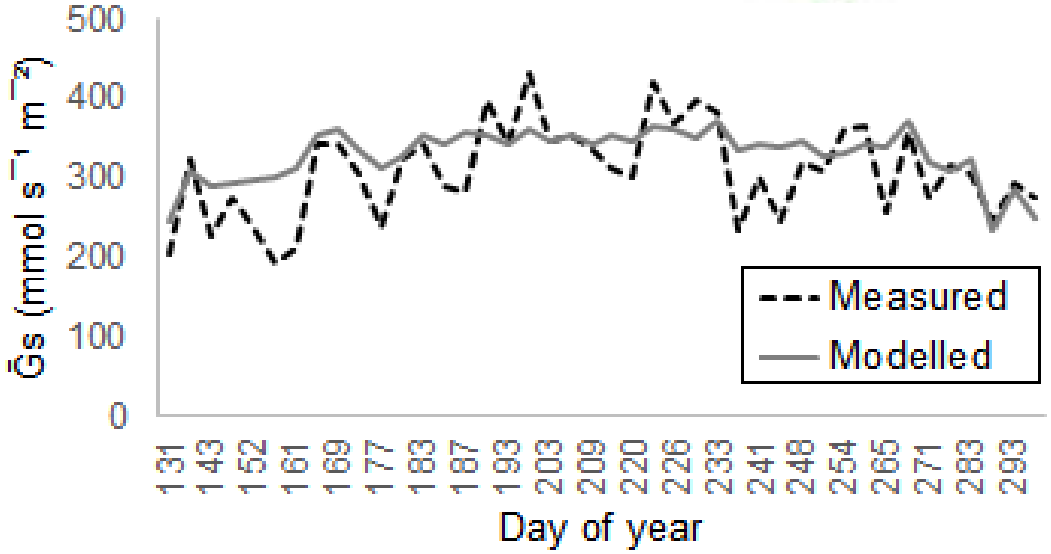
Résultats préliminaires

Modélisation : évapotranspiration

Conductance stomatique







Résultats préliminaires

Modélisation : évapotranspiration

	2016				2017			
	ET_0	LAI_{active}	ET_{SX67}	$K_{(SX67)}$	ET_0	LAI_{active}	ET_{SX67}	$K_{(SX67)}$
Mai	5,2	3,3	4,3	0,8	4,0	3,4	3,9	1,0
Juin	5,5	8,2	15,5	2,8	3,9	12,1	16,5	4,3
Juillet	5,4	11,6	26,8	5,0	3,8	13,3	19,4	5,1
Août	5,0	10,1	27,4	5,5	3,5	10,7	17,8	5,1
Sept,	3,9	9,5	20,0	5,2	2,6	9,1	13,4	5,1
Octobre	1,8	4,5	8,7	4,8	1,4	4,8	6,4	4,4
Moyenne	4,5	7,9	17,1	4,0	3,2	8,9	12,9	4,2

$$\mathbf{ET = \bar{G}s \cdot LAI_{active} \cdot D}$$

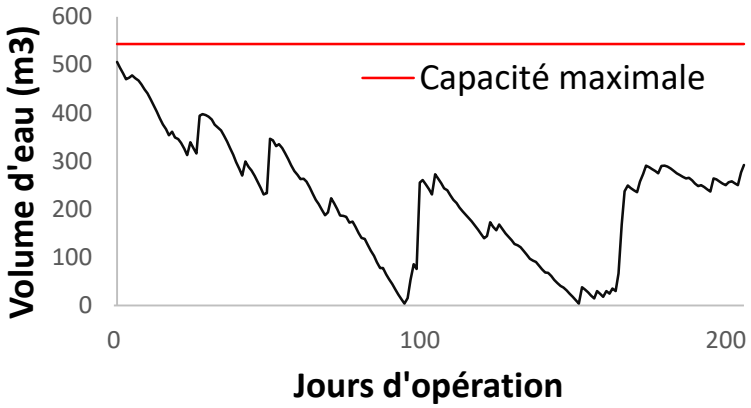
ET de référence

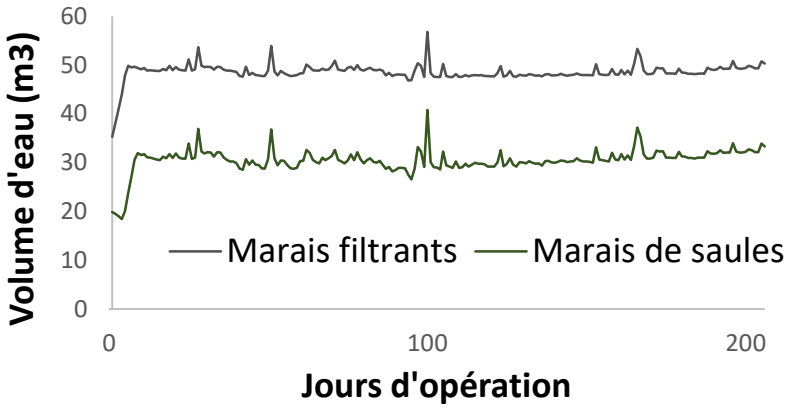
$$ET_{sz} = \frac{0.408\,\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d\, u_2)}$$

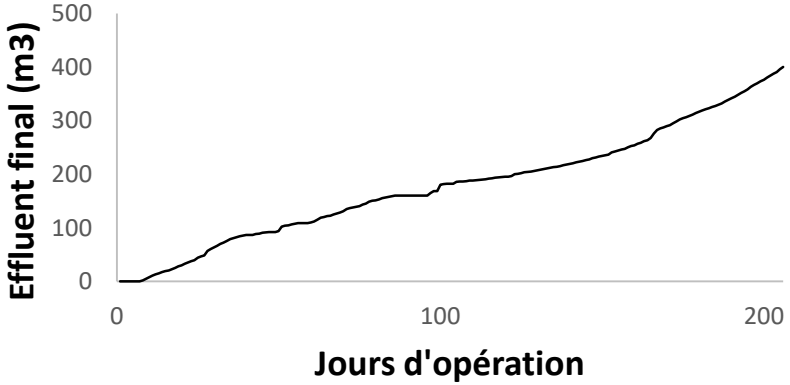
Résultats préliminaires

Modélisation : système de traitement

Situation actuelle



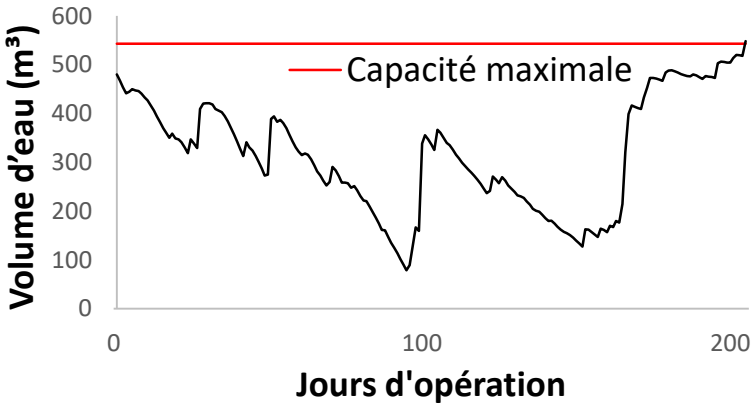


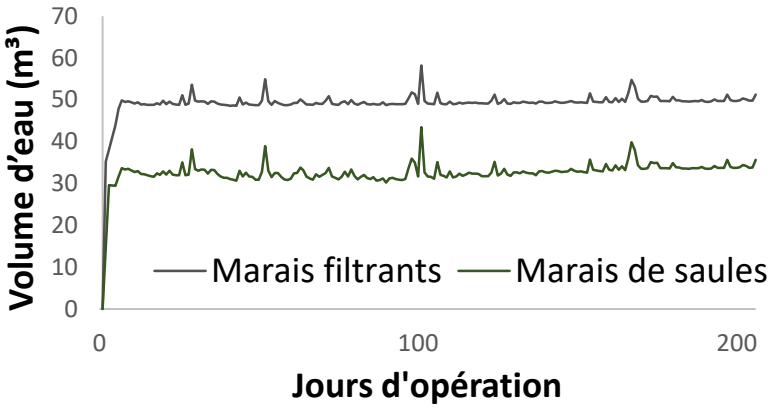


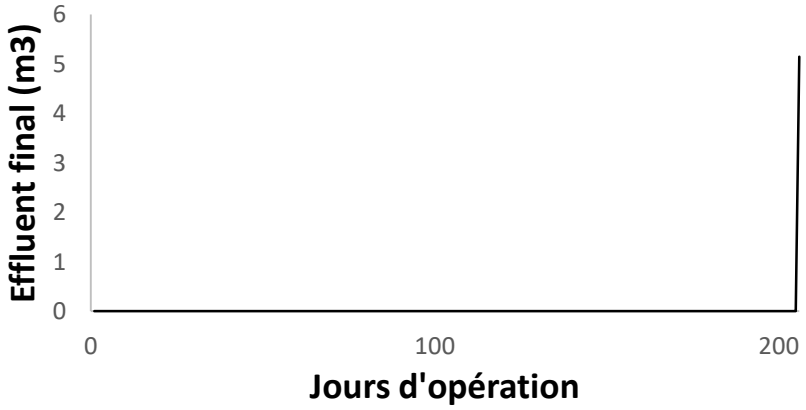
Résultats préliminaires

Modélisation : système de traitement

Circuit fermé







Perspectives

- Meilleure gestion de la contamination résiduelle
- Amélioration de l'efficacité de traitement
- Adaptée à divers type d'effluent
- Autres applications possibles :
  - Traitement de lixiviats de site d'enfouissement
  - Rétention des eaux pluviales
  - Interception des eaux de ruissèlement
  - …

SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTO TECHNOLOGIE

Merci! Questions?