

# Les phytotechnologies, la solution verte aux problématiques urbaines

**Michel Labrecque**

Chercheur, Institut de recherche en biologie végétale

Conservateur, Jardin botanique de Montréal

Professeur associé, Université de Montréal



# Plan de présentation

- La diversité et les potentiels du monde végétal
- Processus fondamentaux
- Phytotechnologies
- Exemples de solution:
  - Eaux usées, le projet « Phytoval »
  - Sites d'enfouissement
  - Sols contaminés
- Conclusion





La diversité du monde végétal





Les végétaux ajoutent de la beauté à notre environnement

---

A close-up photograph of a small, vibrant green seedling with two emerging leaves, growing out of a narrow crack in dark, crumbly soil. The background is a blurred expanse of similar soil, creating a sense of depth and focus on the young plant. The lighting is soft, highlighting the texture of the soil and the delicate structure of the seedling.

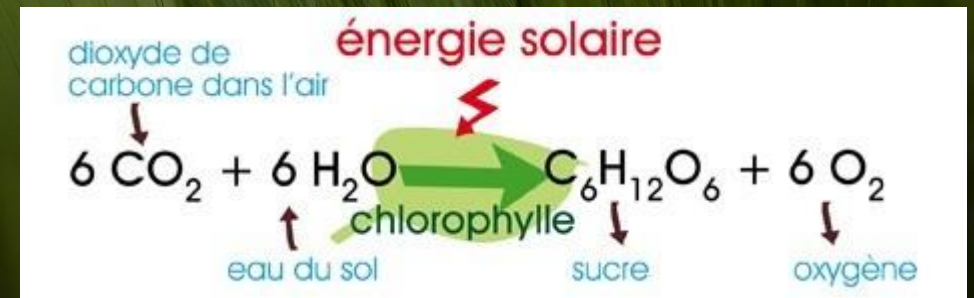
Des processus fondamentaux...



# Photosynthèse

- Processus par lequel les plantes utilisent la lumière pour synthétiser des sucres à partir du gaz carbonique (atmosphère) et de l'eau
- Par ce même processus, une plante relâche autant de molécules d'oxygène dans l'atmosphère

# Photosynthèse





# Transpiration

- Processus par lequel l'eau est transportée du sol vers la plante puis vers l'atmosphère.
- Continuum sol-plante-atmosphère
- La transpiration permet le mouvement de l'eau dans la plante assurant ainsi le transport des nutriments



# Microbiome rhizosphérique

- L'ensemble des microorganismes associés présent dans la rhizosphère et interagissant avec la plante
- On considère qu'il est le second génome de la plante

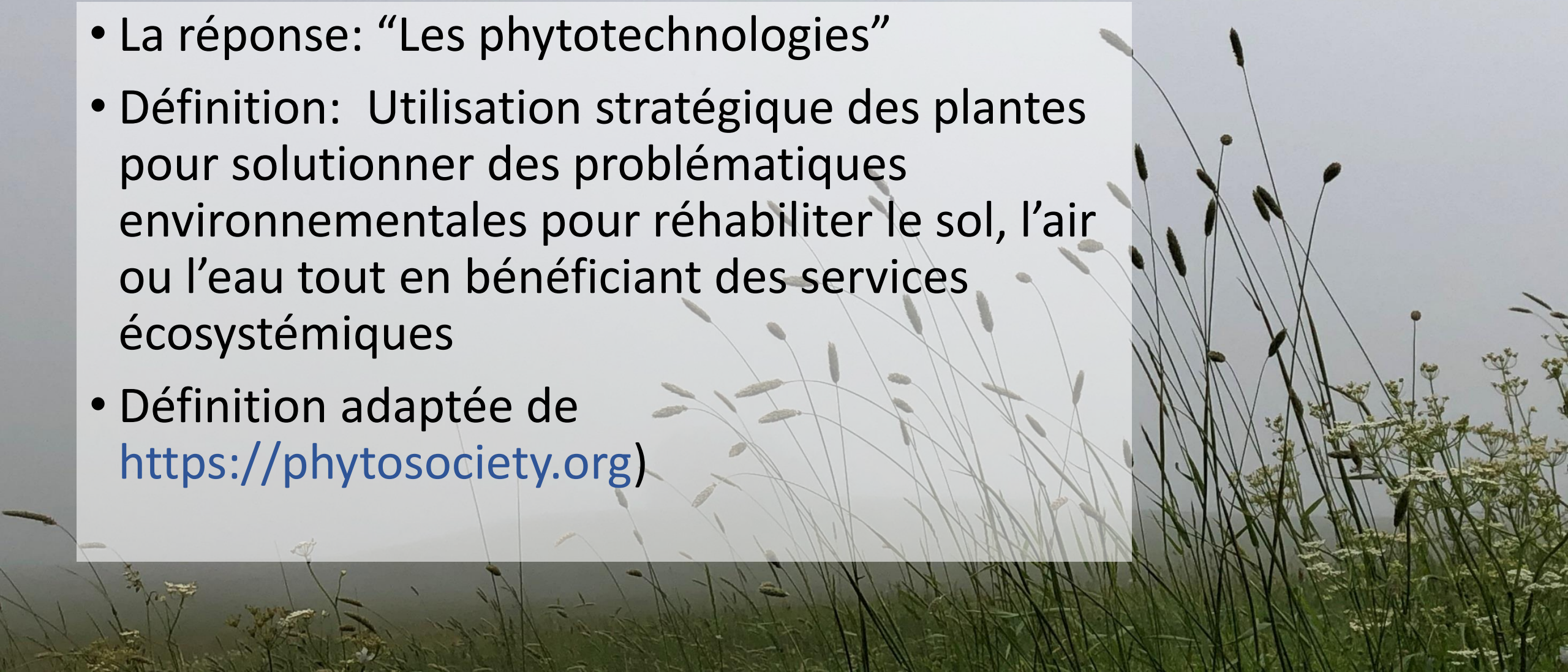




Credit: La Terre vue du coeur

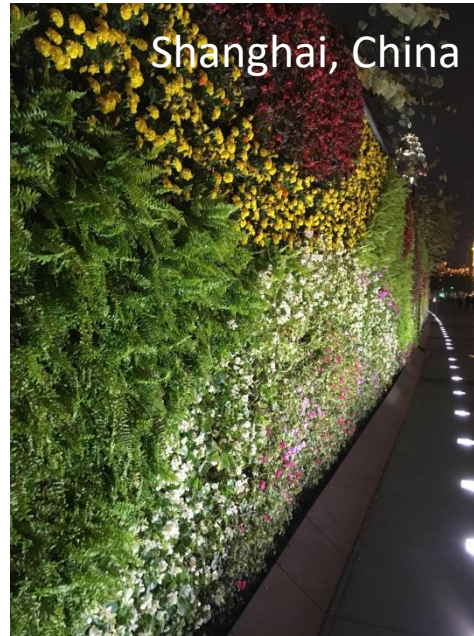
# Comment tirer profit de ces processus?

- La réponse: “Les phytotechnologies”
- Définition: Utilisation stratégique des plantes pour solutionner des problématiques environnementales pour réhabiliter le sol, l’air ou l’eau tout en bénéficiant des services écosystémiques
- Définition adaptée de <https://phytosociety.org>)

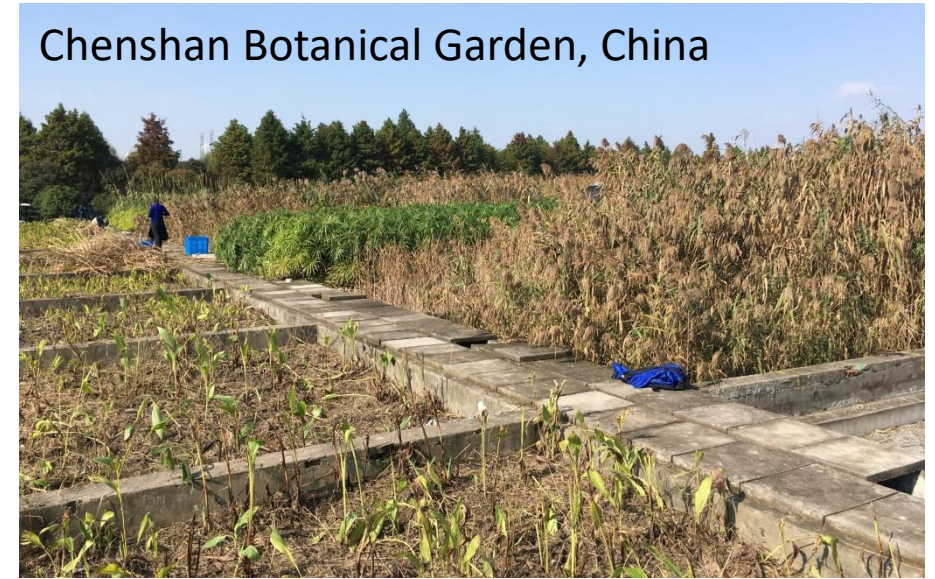




Montreal airport, Canada



Shanghai, China



Chenshan Botanical Garden, China



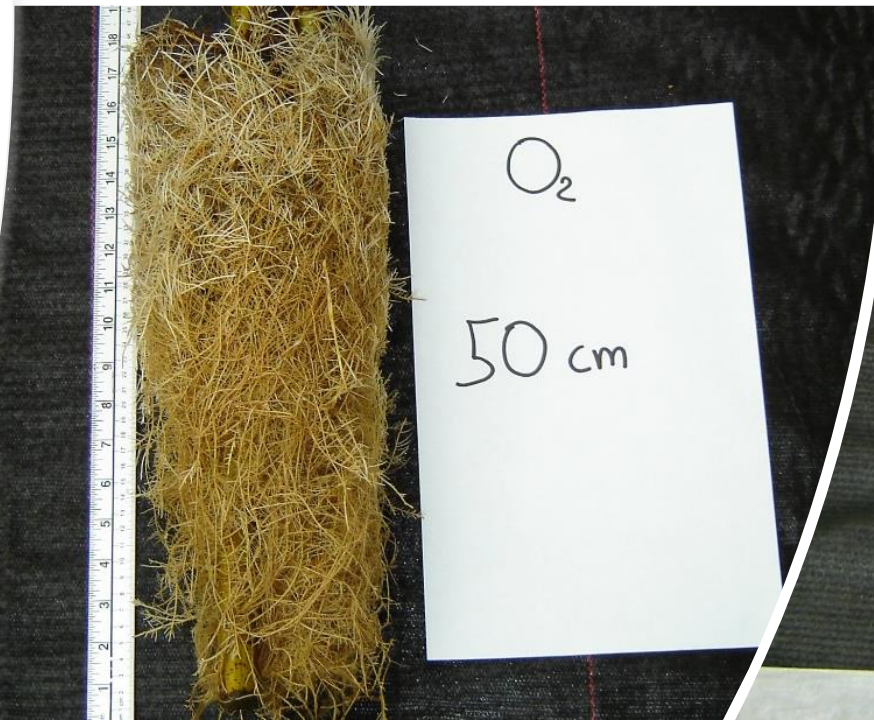
Chicago USA

# Phytotechnologies

---

# Notre choix: les saules?

- Facilité d'implantation
- Faibles exigences (sols lourds, peu fertiles...)
- Rapidité de croissance
- Production de rejets après la taille
- Grande production de racines
- Résistants à l'inondation
- Parmi les espèces avec la plus longue saison de croissance
- Grande diversité d'espèces (> 375 sp.)
- 76 espèces au Canada sur 200 espèces ligneuses



## Grande valeur ornementale

- Les espèces et cultivars de saule sont caractérisés par des architectures variées de même que par des tiges et des feuillages de diverses couleurs;
- Leur utilisation pour des applications environnementales peut ainsi contribuer à diversifier les paysages.



Problèmes urbains,  
Solution  
phytotechnologique





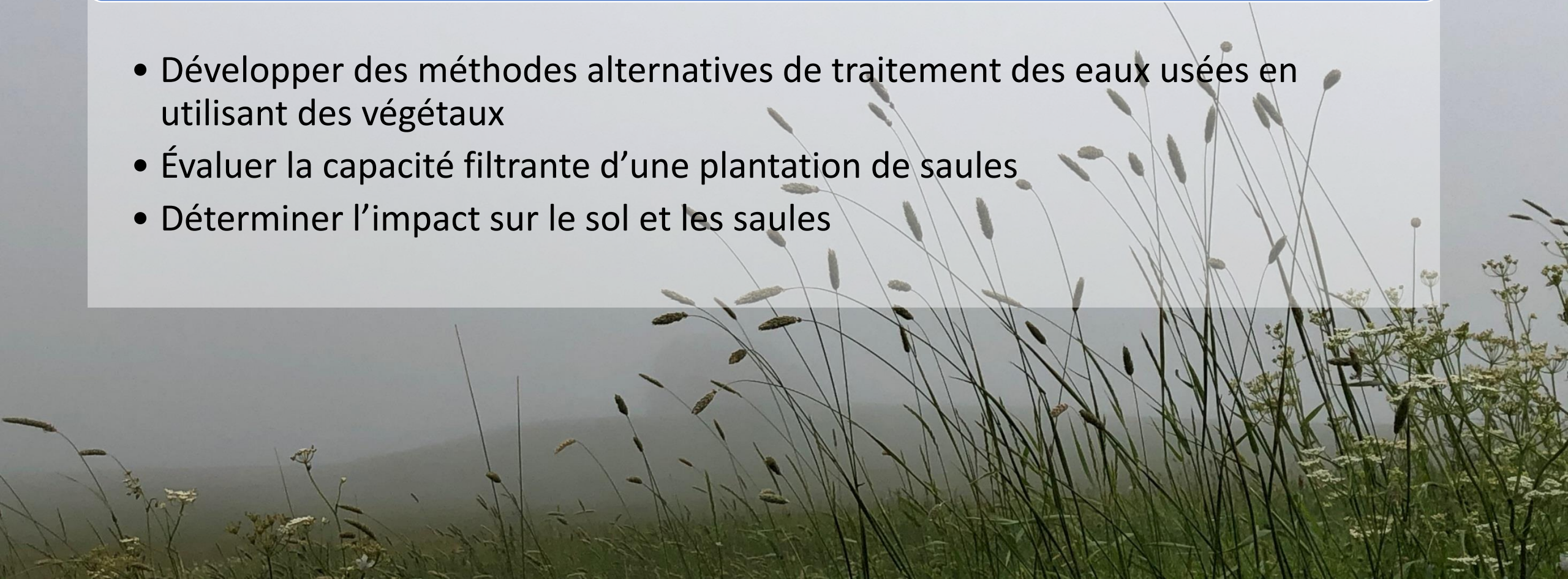
# Le problème du rejet des eaux usées

- Au Canada, comme dans de nombreux pays du monde, il existe de nombreuses petites municipalités (<1000 hab.) qui ne traitent pas leurs eaux usées et les rejettent directement dans les cours d'eau
- En raison d'un manque de fonds et/ou de personnel qualifié

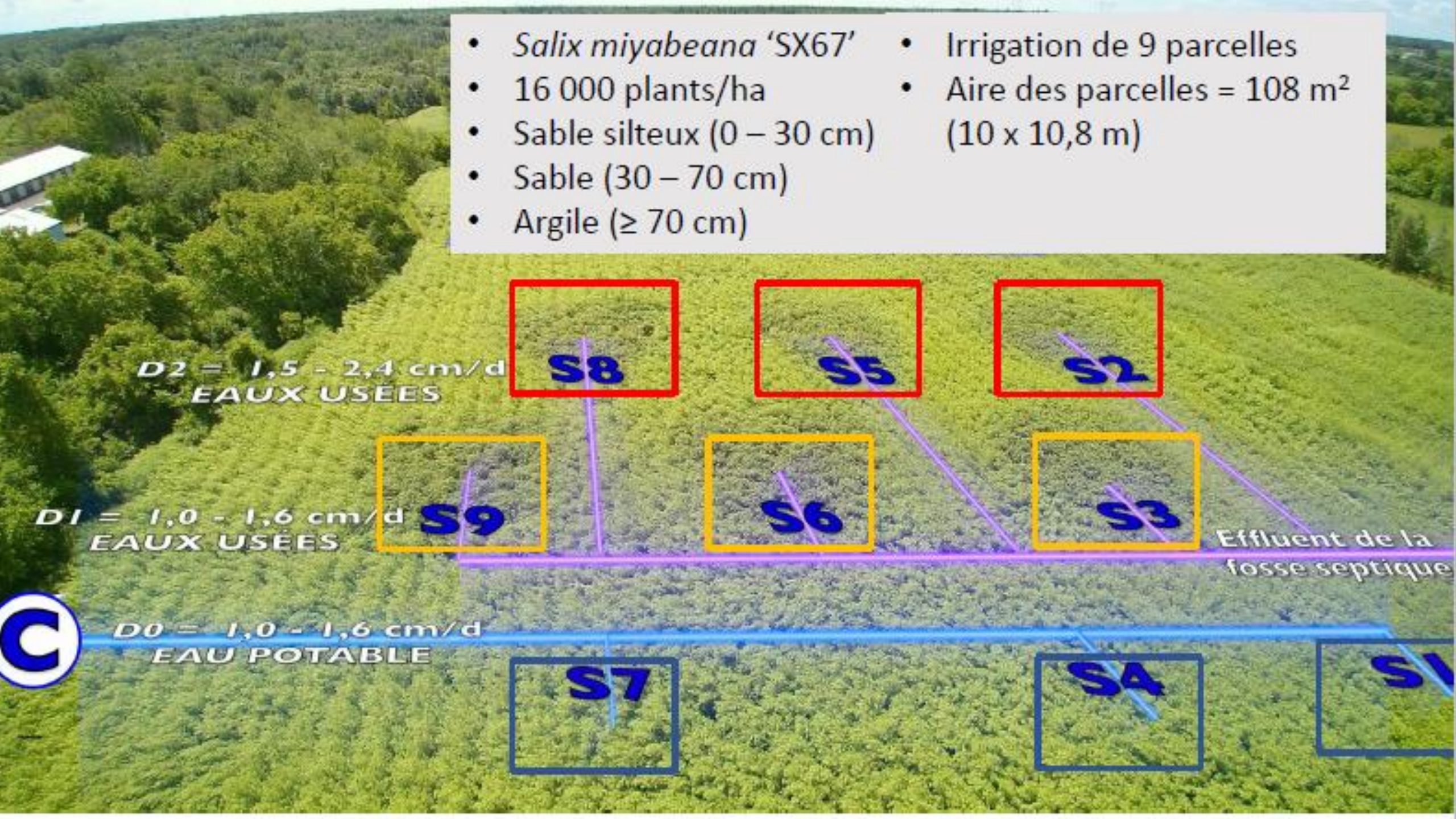
# Le projet « PhytoVal »

## Objectifs

- Développer des méthodes alternatives de traitement des eaux usées en utilisant des végétaux
- Évaluer la capacité filtrante d'une plantation de saules
- Déterminer l'impact sur le sol et les saules



- *Salix miyabeana* 'SX67'
- 16 000 plants/ha
- Sable silteux (0 – 30 cm)
- Sable (30 – 70 cm)
- Argile ( $\geq 70$  cm)
- Irrigation de 9 parcelles
- Aire des parcelles = 108 m<sup>2</sup> (10 x 10,8 m)



D2 = 1,5 - 2,4 cm/d  
EAUX USEES

S8

S5

S2

D1 = 1,0 - 1,6 cm/d  
EAUX USEES

S9

S6

S3

Effluent de la fosse septique

D0 = 1,0 - 1,6 cm/d  
EAU POTABLE

S7

S4

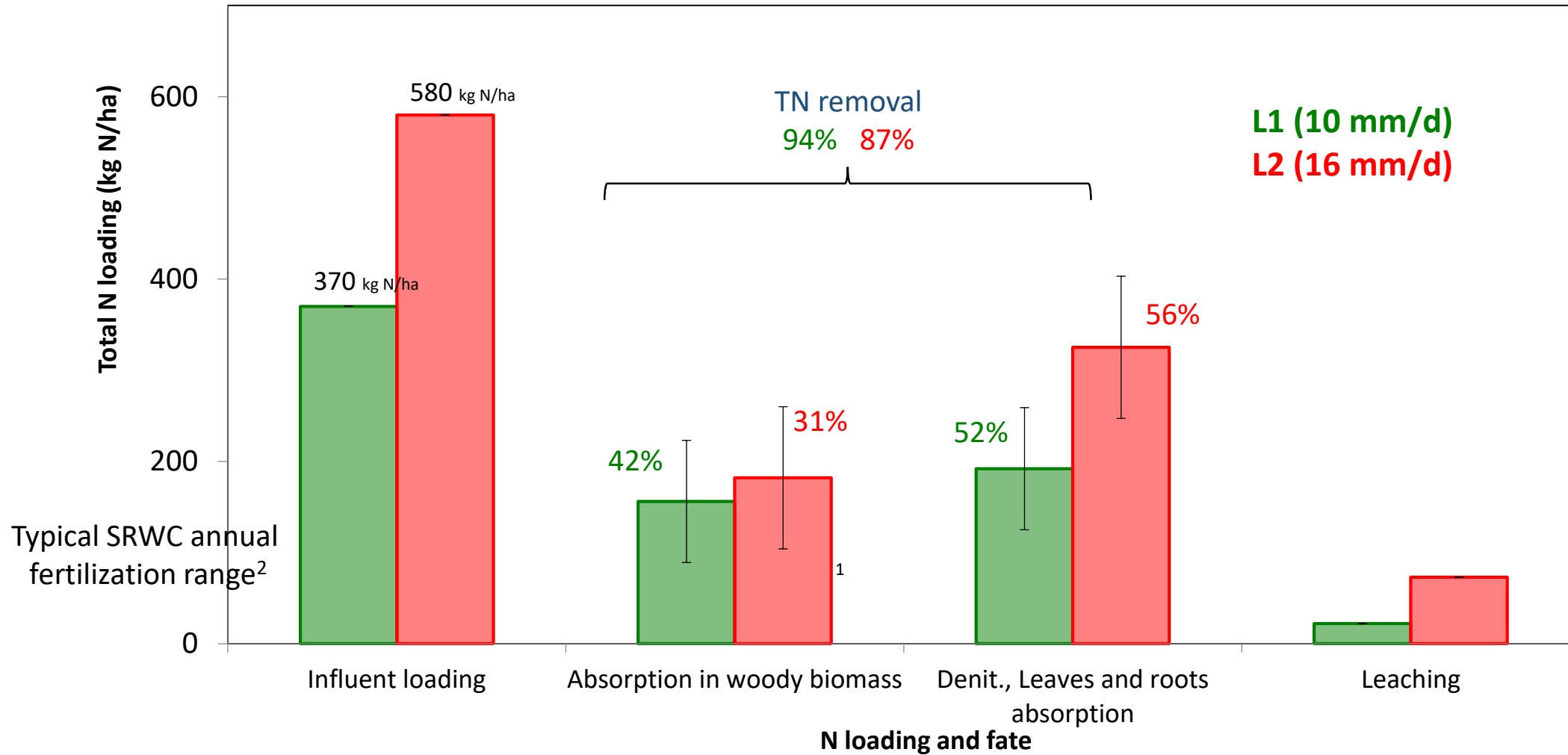
S1



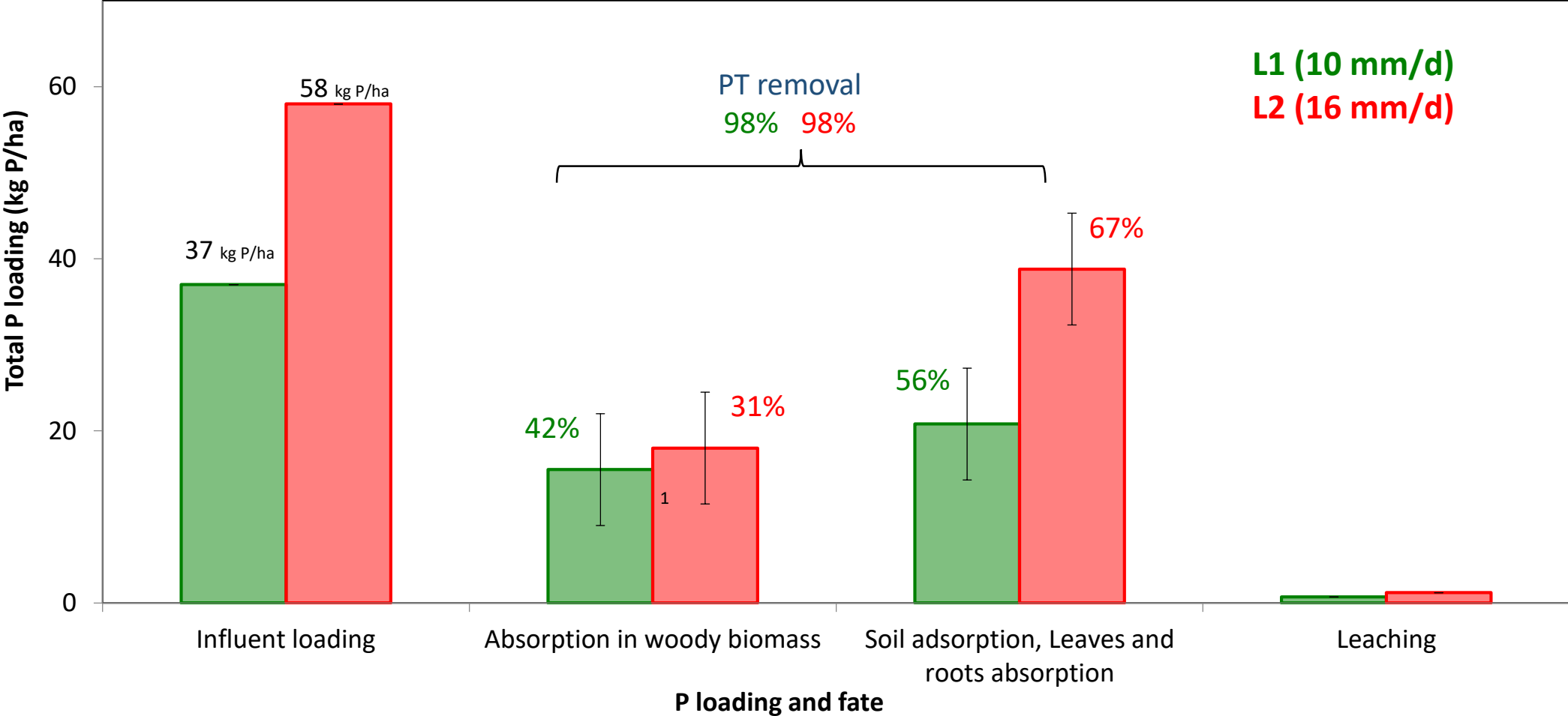




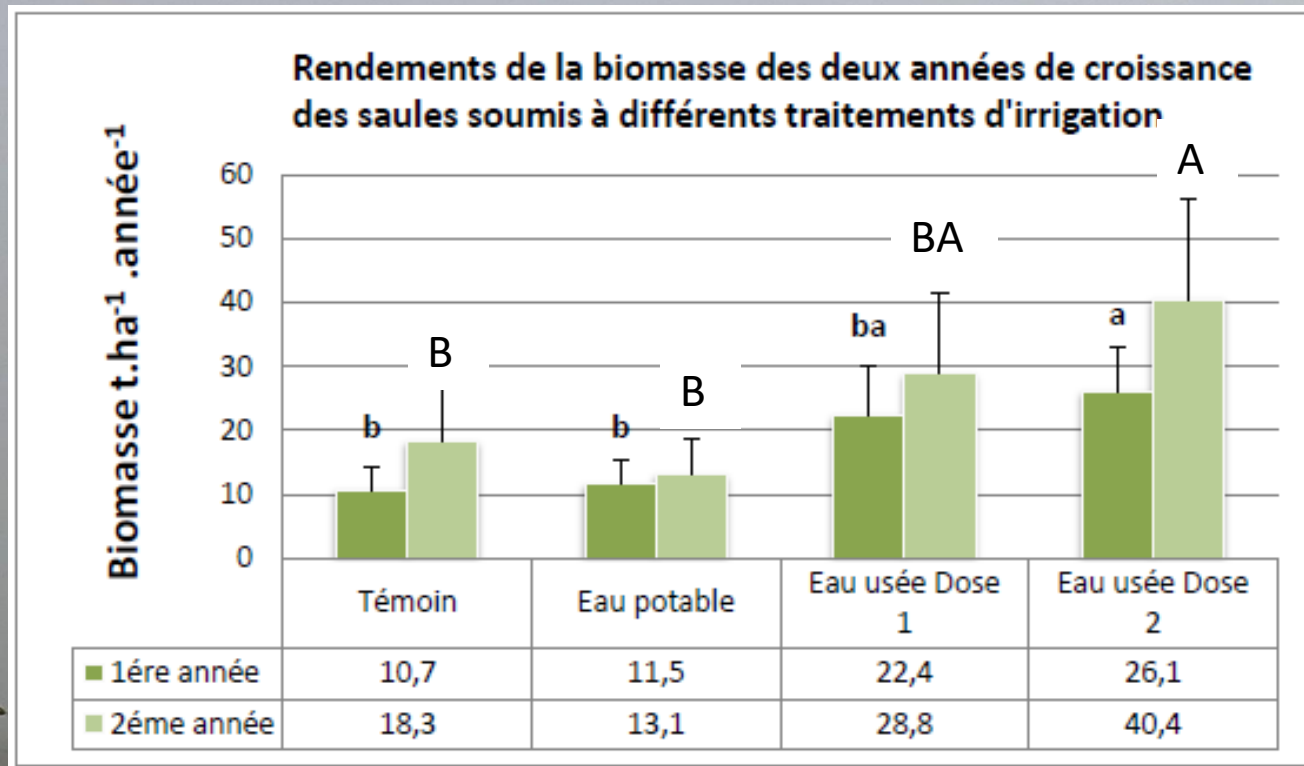
# Enlèvement de l'azote




# Enlèvement du phosphore



# Rendements annuels de biomasse - saisons 2016 & 2017





- 
- Peu coûteux et ne nécessite pas d'infrastructures complexes
  - Permet le traitement de 20 000 m<sup>3</sup> d'eau usées par ha et par an
  - Élimination de plus de 95% de N et TP
  - Permet la production de biomasse, > 30 tonnes par ha et par an!
  - Génère plusieurs services écosystémiques

Une autre  
problématique:  
les lixiviats des sites  
d'enfouissement

- Credit: Shuokr Qarani Aziz



# LA SOLUTION:

Planter des milliers de saules caractérisés par un haut taux de transpiration

Permettant de limiter le rejet de lixiviat dans l'environnement





ramea  
phytotechnologies




AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



- Traitement de différents types de lixiviats provenant de cellules d'enfouissement
- Objectifs:
  - Déterminer la capacité biofiltrante de saules pour le traitement de lixiviats
  - Préciser les volumes que la plantation filtrante peut traiter au cours de la saison
  - Évaluer les impacts potentiels sur les saules, le sol et l'environnement
  - Valoriser le bois des saules ainsi produits



PhytoVaLix

- 
- Les plantes peuvent retenir un pourcentage important du lixiviat et le traiter
  - Jusqu'à 6 000 m<sup>3</sup> par ha et par an
  - Waste Management possède 293 sites en Amérique du Nord et entend appliquer cette approche à plusieurs autres sites



# Sols contaminés

---

---

## La méthode conventionnelle de décontamination

- Excavation, déplacement, enfouissement
- Moins respectueuse du développement durable





Mais également, accroît les risques d'actes illégaux

Publié le 10 août 2018 à 05h00 | Mis à jour le 10 août 2018 à 06h05

### De moins en moins d'inspections pour les sols contaminés



Publié le 12 juillet 2018 à 07h44 | Mis à jour le 12 juillet 2018 à 07h49

### Sols contaminés: « le dossier politique de l'été », selon le PQ



Publié le 02 mai 2018 à 07h57 | Mis à jour le 02 mai 2018 à 07h57

### Sols contaminés rejetés dans la nature: «C'est une bombe à retardement!»



**EXCLUSIF** Publié le 23 novembre 2018 à 05h00 | Mis à jour le 23 novembre 2018 à 05h00


### Laurentides: des déversements illégaux resteront impunis



# Une alternative: la phytoremédiation

---

- **Utilisation des végétaux et des microorganismes qui leur sont associés pour éliminer, contenir ou rendre moins toxiques les contaminants environnementaux.**
- **Une approche in situ, plus soucieuse du développement durable et qui permet de restaurer l'intégrité des sols.**



# Des conditions édaphiques complexes

---

Contamination, souvent mixte

---

Compaction

---

Drainage mauvais

---

Peu de matière organique

---

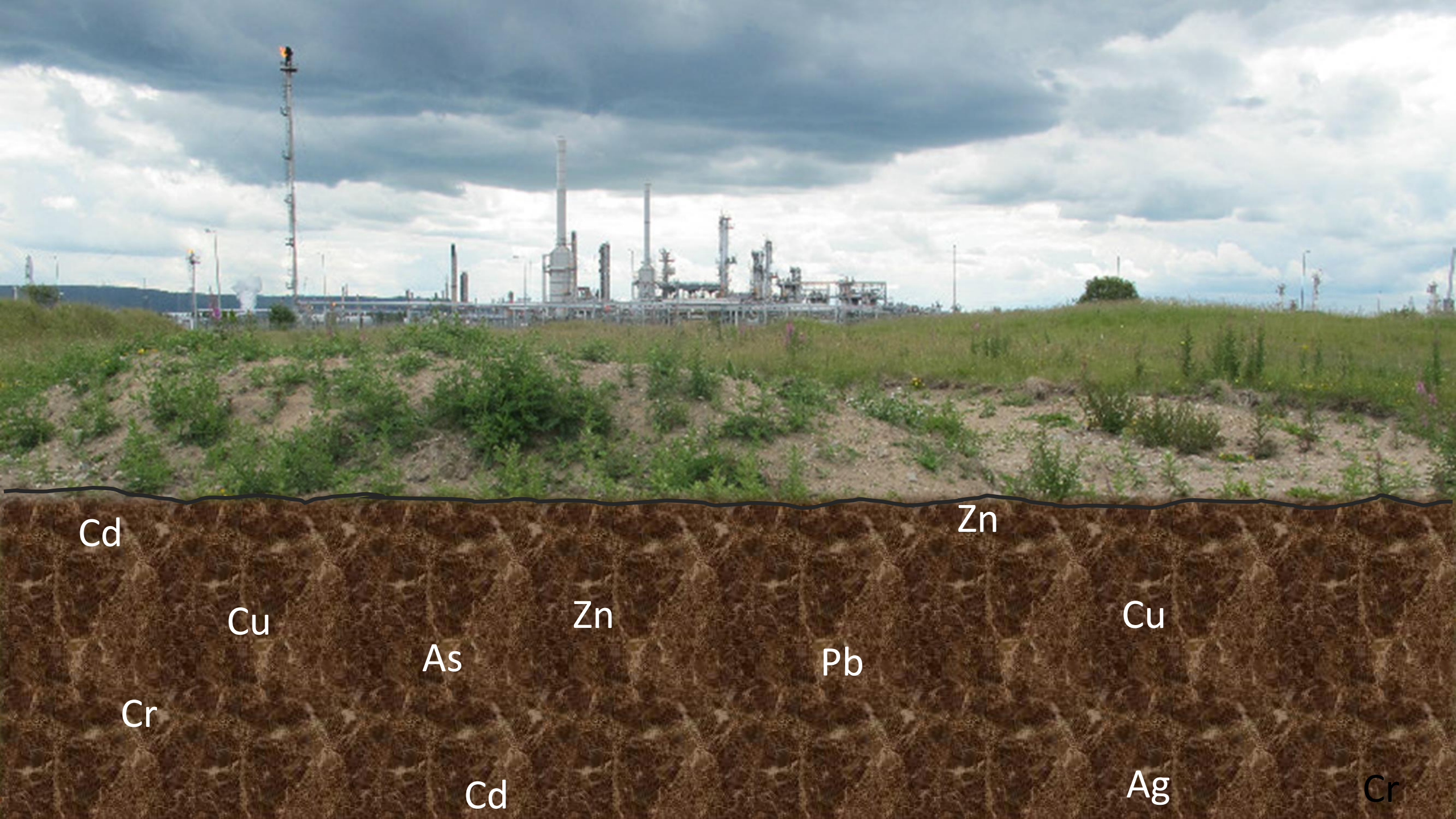
Espèces envahissantes



Différentes situations:  
Différentes approches

---





Cd

Zn

Cu

Zn

Cu

As

Pb

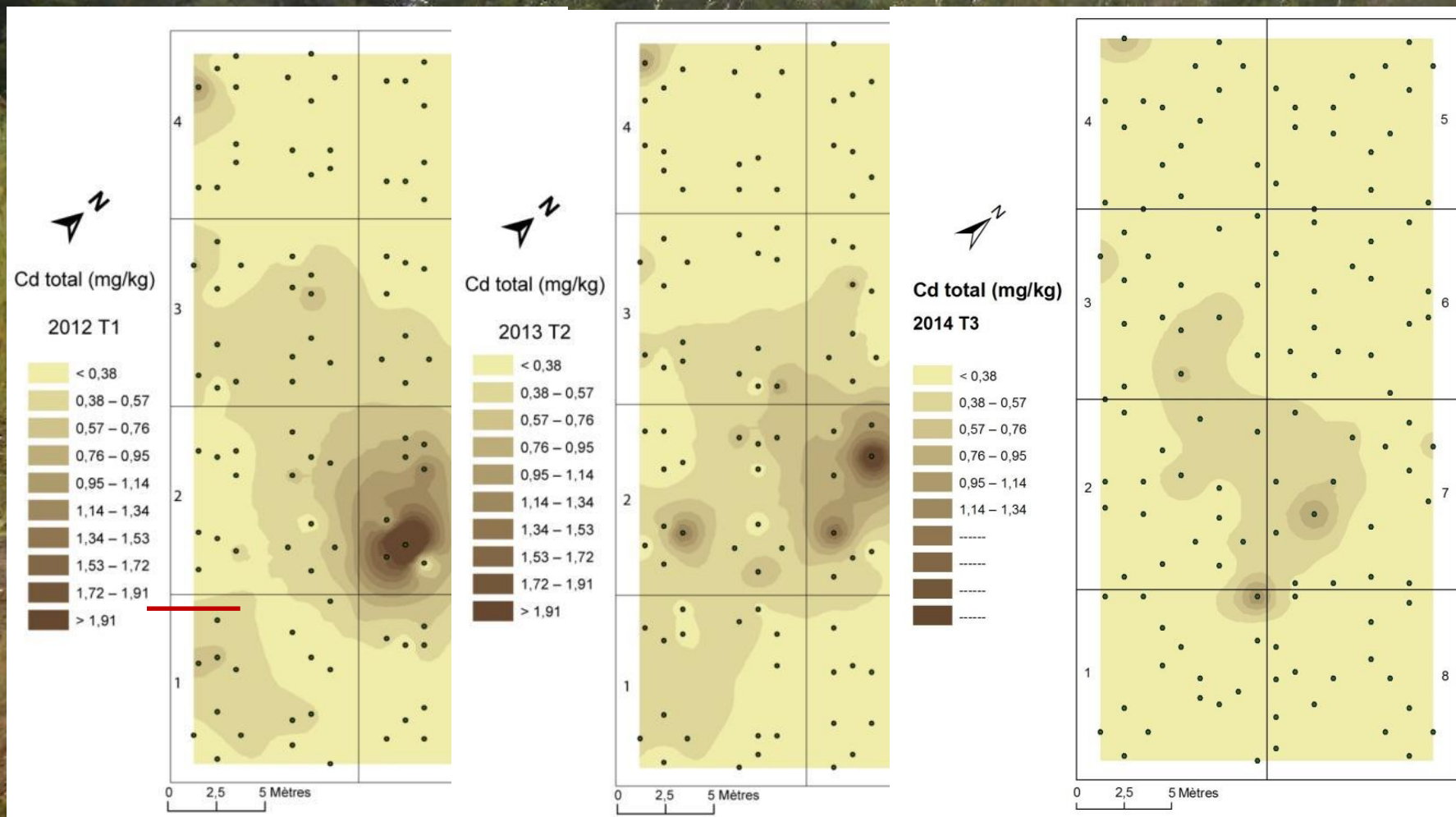
Cr

Cd

Ag

Cr

# Change in soil Cd concentration between 2012 and 2014

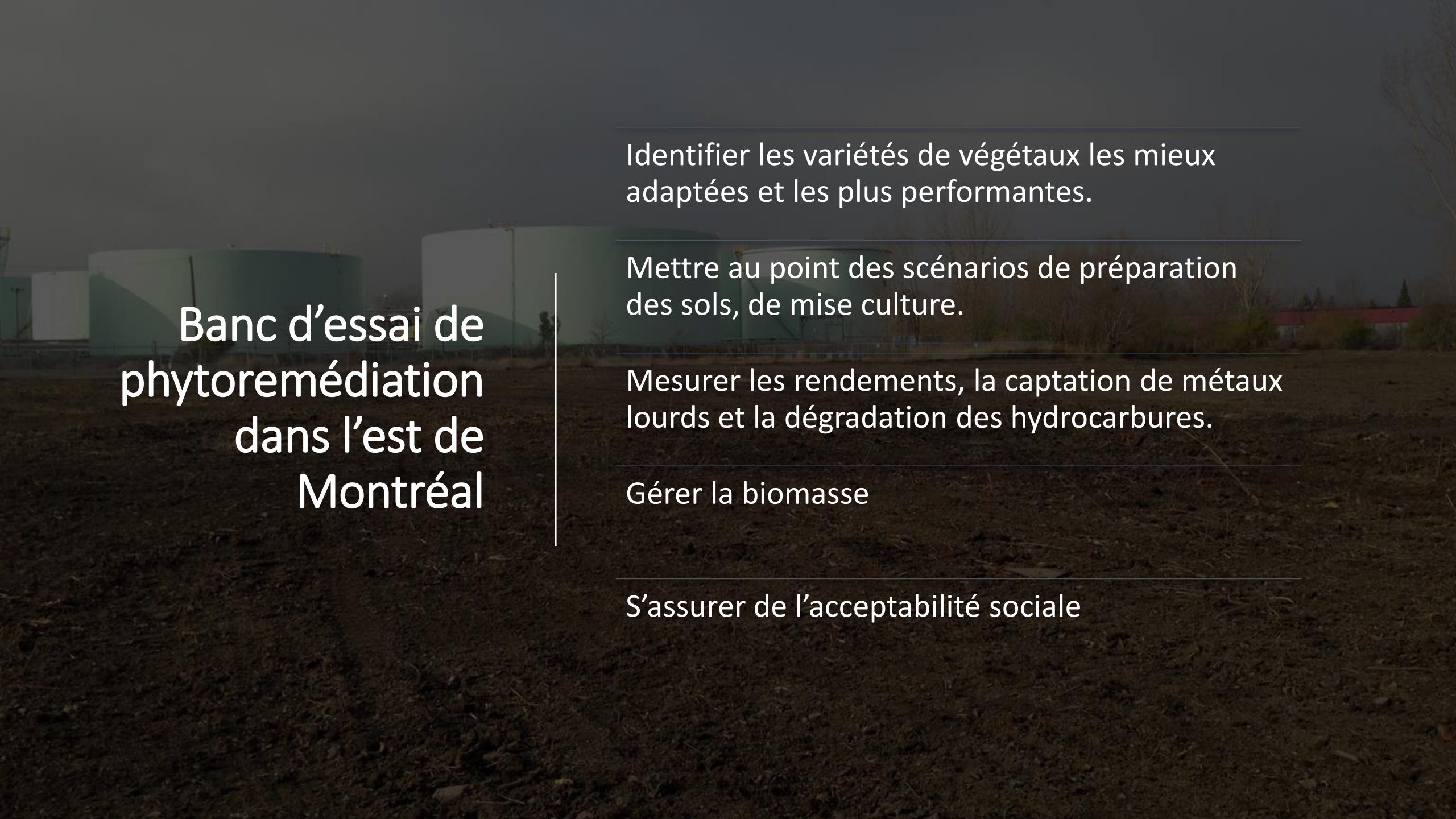


## Efficacité de la phytoextraction

Suivant trois saisons, la présence de saules a induit un changement significatif dans les teneurs édaphiques du Cd, Ni et Zn ( $\sim$  - **20% diminution**).

Pour le Cd et le Zn la phytoremédiation peut se faire en respect d'un délai raisonnable (1-10 ans).





# Banc d'essai de phytoremédiation dans l'est de Montréal

---

Identifier les variétés de végétaux les mieux adaptées et les plus performantes.

---

Mettre au point des scénarios de préparation des sols, de mise culture.

---

Mesurer les rendements, la captation de métaux lourds et la dégradation des hydrocarbures.

---

Gérer la biomasse

---

S'assurer de l'acceptabilité sociale





DIVERSES TECHNIQUES  
DE PLANTATIONS



# Principaux contaminants en cause

---

Des métaux (Cu, Se, Zn, Pb),  
niveau B-C quelques plages D

Des hydrocarbures aromatiques  
polycycliques (HAP), niveau B

Autres contaminants organiques  
(C10-C50), plages de B-C



Concentrations d'ETM (mg/kg) dans les parties aériennes des cultivars de saule plantés à partir de microboutures après quatre saisons de croissance.

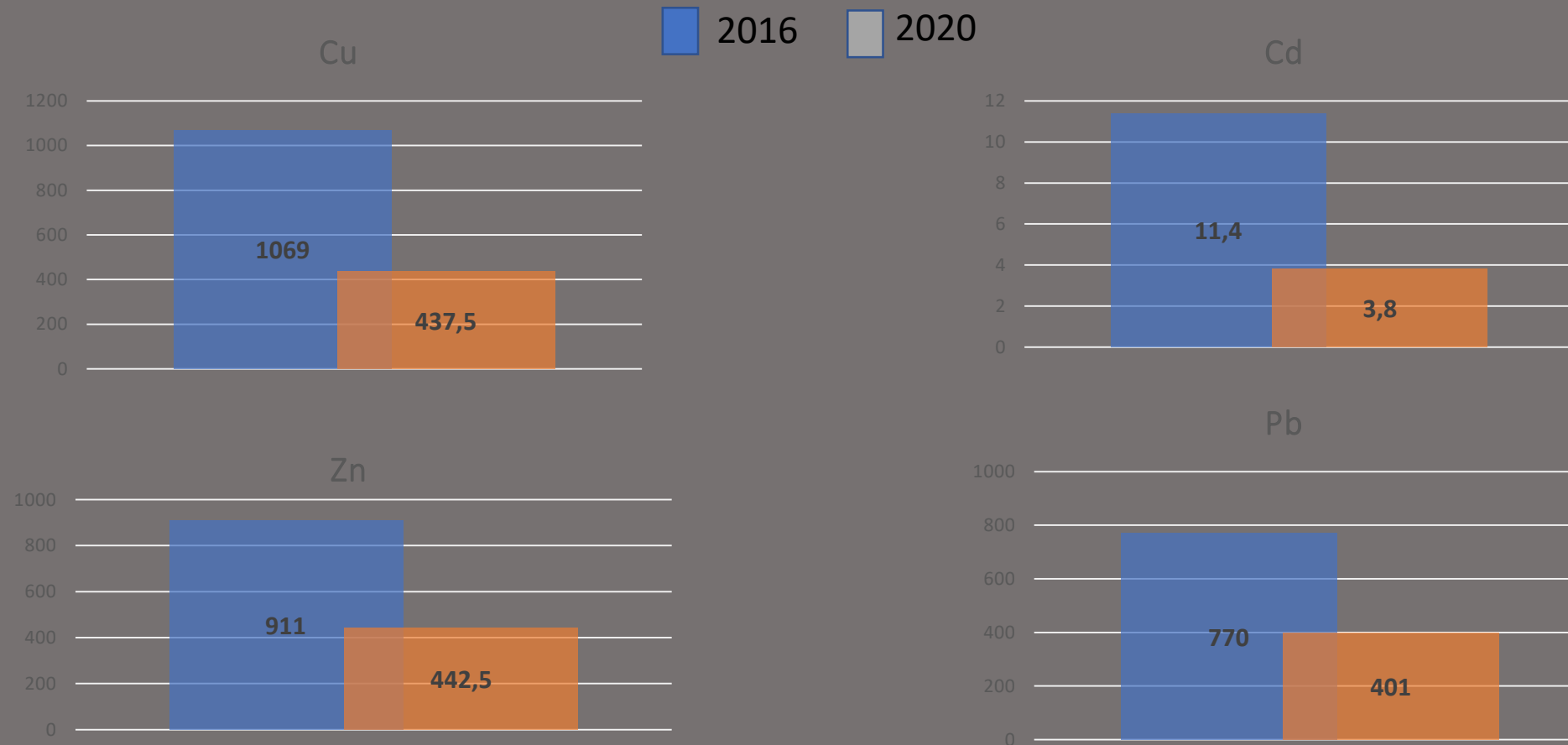
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Ba	Pb
'India'	0,35	32,29	2,18	15,27	<b>277,87</b>	0,15	0,75	<b>4,06</b>	14,89	2,00
'SX61'	0,24	17,59	2,41	10,63	<b>306,03</b>	0,16	0,59	<b>3,29</b>	19,33	1,67
'SX67'	0,37	39,08	2,85	14,10	<b>361,47</b>	0,20	0,74	<b>4,65</b>	17,01	2,04
'Fish Creek'	0,30	17,25	1,93	10,93	<b>261,56</b>	0,15	0,50	<b>2,44</b>	13,93	2,00

Quantités d'ETM phytoextraits (g/ha) suivant la récolte des parties aériennes de cultivars de saule produits à partir de microboutures après quatre ans de croissance.

---

	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Ba	Pb
'India'	6,9	645,8	43,6	305,4	<b>5 557,5</b>	3,1	15,0	<b>81,2</b>	297,8	40,0
'SX61'	11,0	809,0	110,7	489,0	<b>14 077,4</b>	7,2	27,4	<b>151,3</b>	889,2	76,9
'SX67'	16,5	<b>1 719,3</b>	125,3	<b>620,3</b>	<b>15 904,6</b>	8,6	32,4	<b>204,4</b>	748,3	90,0
'Fish Creek'	10,8	621,1	69,5	393,6	<b>9 416,0</b>	5,3	18,0	<b>87,9</b>	501,4	71,8

Changements dans les teneurs en ETM (en mg/kg) dans le sol (0-60 cm) de parcelles plantées avec des boutures de saules (*S. miyabeana* et *S. gmelinii*) entre 2016 et 2020.



## Évolution de la concentration des HAP entre 2016 et 2020 dans le sol des parcelles plantées avec de longues boutures de *S. miyabana* 'SX67'

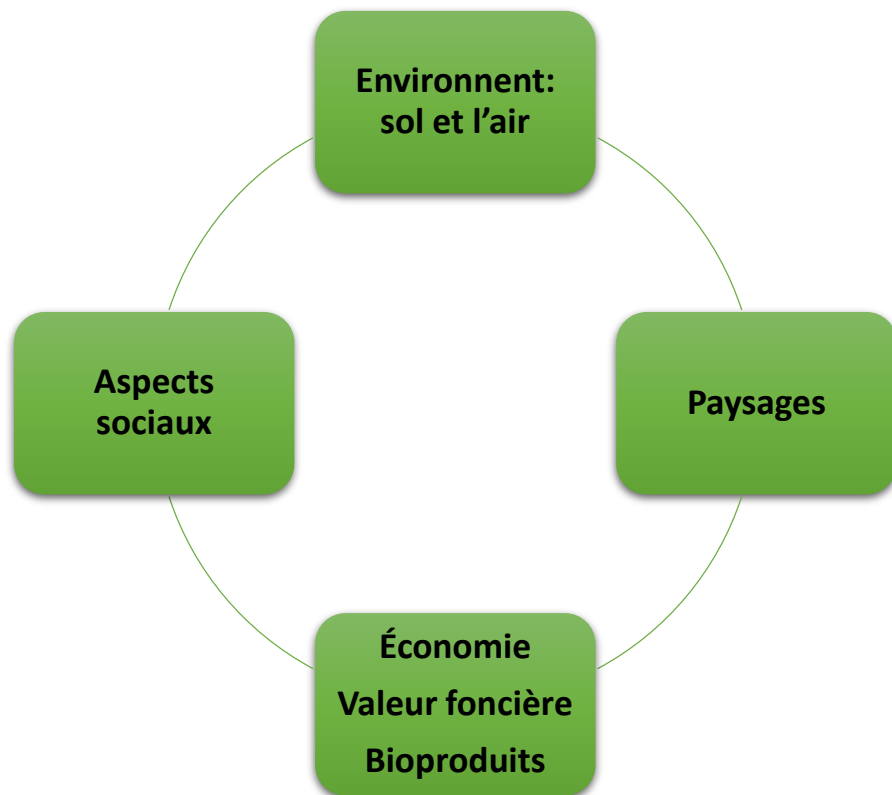
- Le patron de décontamination des HAP dans les sols est complexe
- Il existe des mouvements d'ascension qui rend plus difficiles les interprétations
- Cependant dans ces parcelles, les teneurs en HAP ont toutes diminué, certaines passant du critère C à B-C ou du niveau B-C au niveau A-B

HAP (mg/kg MS sol)	16E035-29		
	2016	2020	%
Acénaphène	2,03	1,10	45,81
Acénaphylène	0,52	0,00	100,00
Anthracène	7,31	2,00	72,64
Benzo(a)anthracène	9,96	3,30	66,87
Benzo(a)pyrène	6,30	2,70	57,14
Benzo (b) fluoranthène	5,55	2,20	60,36
Benzo (j) fluoranthène	3,07	1,30	57,65
Benzo (k) fluoranthène	2,93	1,40	52,22
Benzo (b,j,k) fluoranthène	11,57	4,90	57,65
Benzo(c)phénanthrène	1,21	0,50	58,68
Benzo(g,h,i)pérylène	3,10	1,60	48,39
Chrysène	8,90	3,10	65,17
Di benzo(a,h)anthracène	1,52	0,50	67,11
Di benzo(a,i)pyrène	0,61	0,20	67,21
Di méthyl-1,3naphthalène	0,53	0,10	81,13
Fluoranthène	20,77	8,30	60,04
Fluorène	3,88	1,10	71,65
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	3,59	1,40	61,00
Méthyl-1naphthalène	0,59	0,10	83,05
Méthyl-2naphthalène	0,89	0,10	88,76
Naphthalène	1,90	0,10	94,74
Phénanthrène	26,50	7,80	70,57
Pyrène	15,41	6,10	60,42



# LES RETOMBÉES DE LA PHYTOREMÉDIATION

---







August 2017

---

# Conclusion

---

- Les études conduites en phytotechnologies nous montrent le formidable potentiel des végétaux pour solutionner des problèmes environnementaux en milieu urbain et périurbain
- Alors que partout dans le monde on parle de transition écologique, les phytotechnologies figurent au premier rang des voies à considérer
- Il importe d'améliorer nos connaissances pour que ces phytotechnologies soient encore plus efficaces.



# REMERCIEMENTS

Service du développement économique de la Ville de Montréal  
Fonds vert municipal de la Fondation Canadienne des Municipalités  
Arrondissement Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles

Pétromont Inc. - Waste Management - Ramo Inc.

MITACS – CRSNG - CRIBIQ