



# Mise à l'échelle d'un système de biofiltration méthanotrophe pour la réduction des GES générés par un lieu d'enfouissement au Québec (Canada)

Présenté par  
Nicolas Turgeon<sup>1</sup> et Matthieu Alibert<sup>2</sup>

Atmos'fair 2012  
Lyon, 27 septembre 2012

# Le CRIQ



- ❑ Société d'État
- ❑ Créée en 1969
- ❑ Mission
  - « Contribuer à la compétitivité des secteurs industriels québécois en soutenant l'innovation en entreprise »
- ❑ Laboratoires à Montréal et Québec
- ❑ 250 employés
- ❑ Recherche appliquée
- ❑ 1100 projets/année pour 700 entreprises différentes

# Plan de la présentation

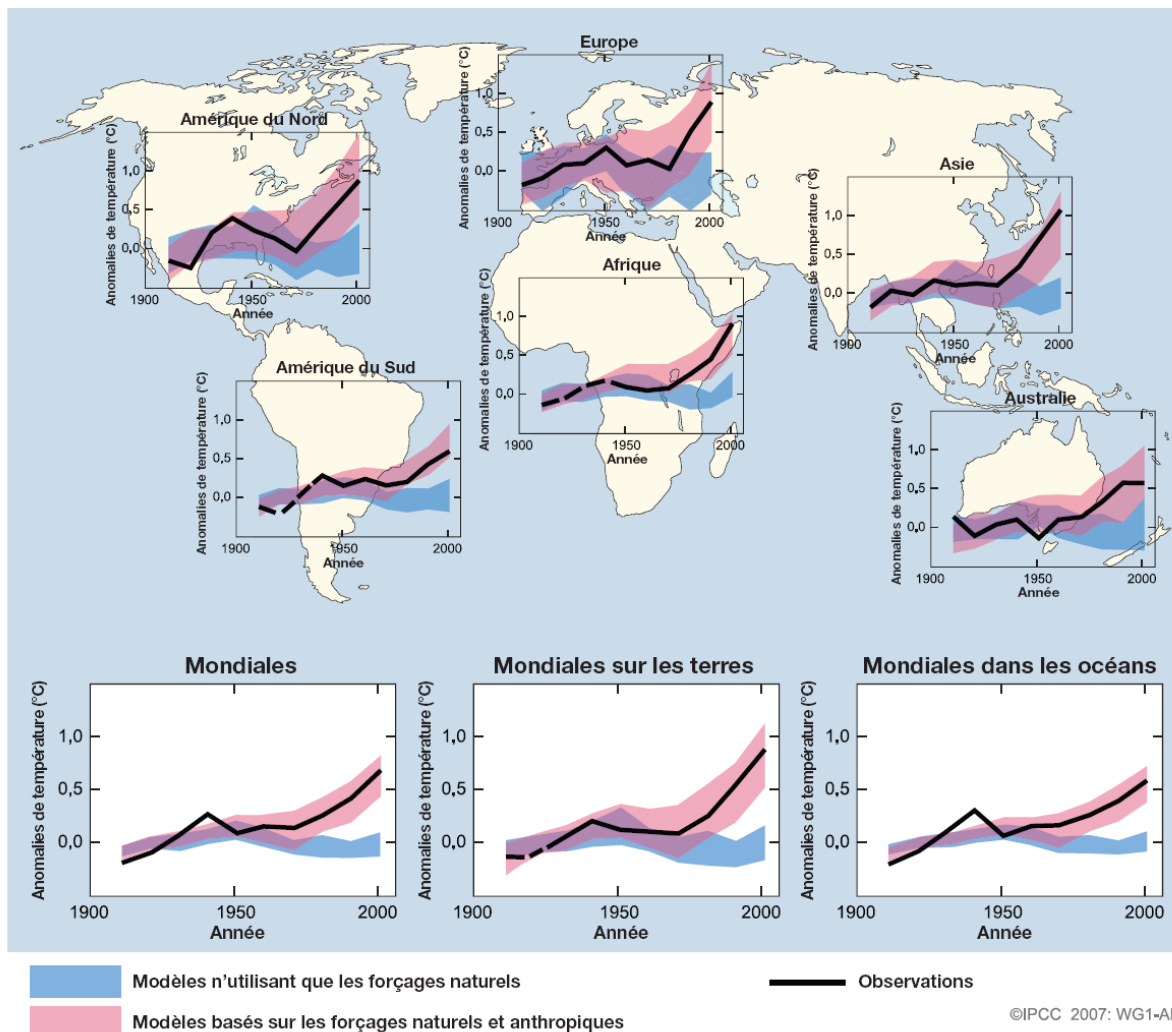


- **Contexte**
- **Contribution du CH<sub>4</sub> aux changements climatiques**
- **Problématique des lieux d'enfouissement**
- **Solutions technologiques disponibles**
- **Démarche d'innovation et partenaires**
  - **Phase 1 : Essais en laboratoire**
  - **Phase 2 : Essais pilotes sur site d'enfouissement (prototype)**
  - **Phase 3 : Mise à l'échelle de la technologie Biosor<sup>MD</sup>**
- **Perspectives et cobénéfices**



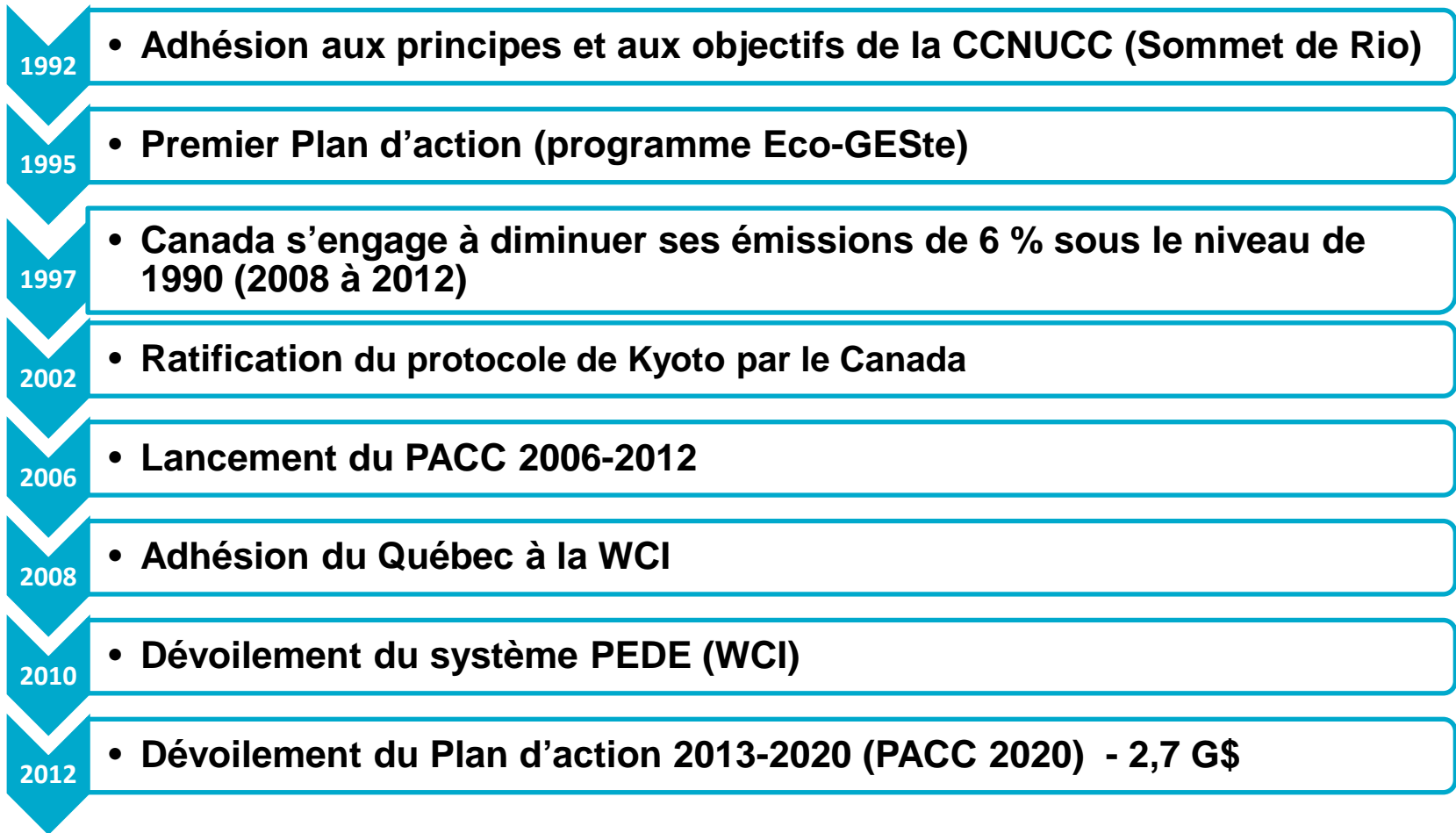
# Changements climatiques

## ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES AUX ÉCHELLES MONDIALE ET CONTINENTALE



©IPCC 2007: WG1-AR4

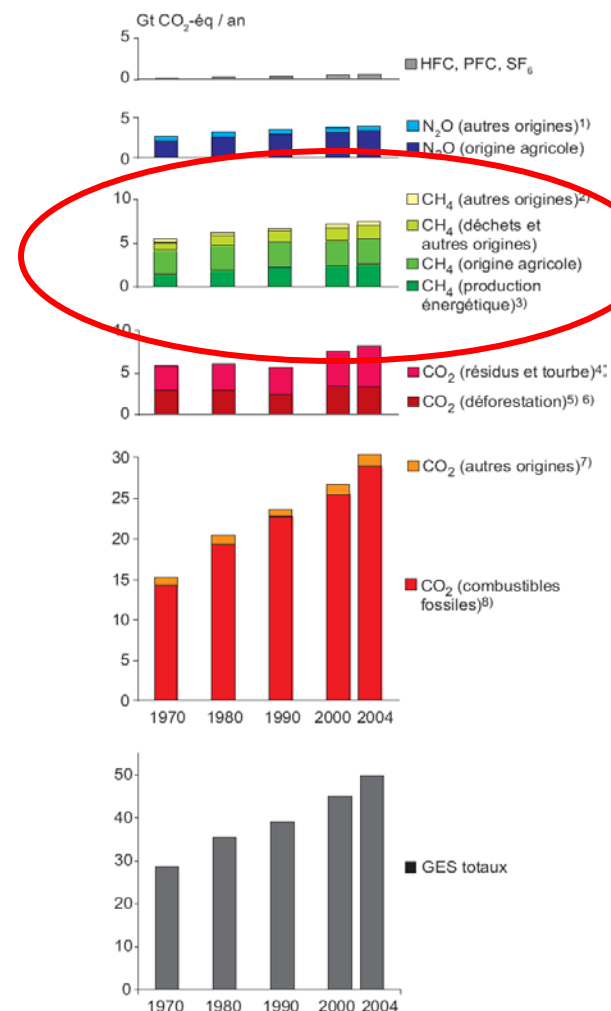
# Les actions du Québec



<http://www.quebecvert2020.gouv.qc.ca/>

# Le méthane CH<sub>4</sub>

- Un des 6 GES couverts par le protocole de Kyoto
- Possède un PRP = 21 à 25 × CO<sub>2</sub>
- 2<sup>e</sup> GES en importance après le CO<sub>2</sub>
- Les principales sources :
  - Origine agricole
  - Production énergétique
  - Gestion des déchets



Source : IPCC 2007 WG3-AR4

# Problématique des lieux d'enfouissement\*

- Enfouissement des déchets (matière organique, matériaux secs, etc.) → Québec : 6,4 Mt/an
- Production de  $\text{CH}_4$  par les bactéries méthanogènes en condition anaérobie
- Autres contaminants ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , COV, odeurs)
- Biogaz → 6,5 Mt Éq $\text{CO}_2$  en 2005 (7,5 % des GES au Québec)
- 2006 : entrée en vigueur au Québec du REIMR



\* Source : Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC)



# Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (Q-2, r. 19)

- Obligation pour tous les lieux d'enfouissement technique d'avoir un système permettant de capter tous les biogaz produits



- Dans le cas des lieux d'enfouissement plus importants (capacité > 1 500 000 m<sup>3</sup>), ou dès qu'un lieu d'enfouissement reçoit 50 000 tonnes de matières résiduelles ou plus par année, les biogaz doivent être éliminés au moyen d'équipement de destruction thermique (c.-à-d. torchère) s'ils ne sont pas valorisés. Ces prescriptions concernant l'élimination des biogaz valent aussi longtemps que la concentration de méthane généré par les matières résiduelles excède 25 % par volume

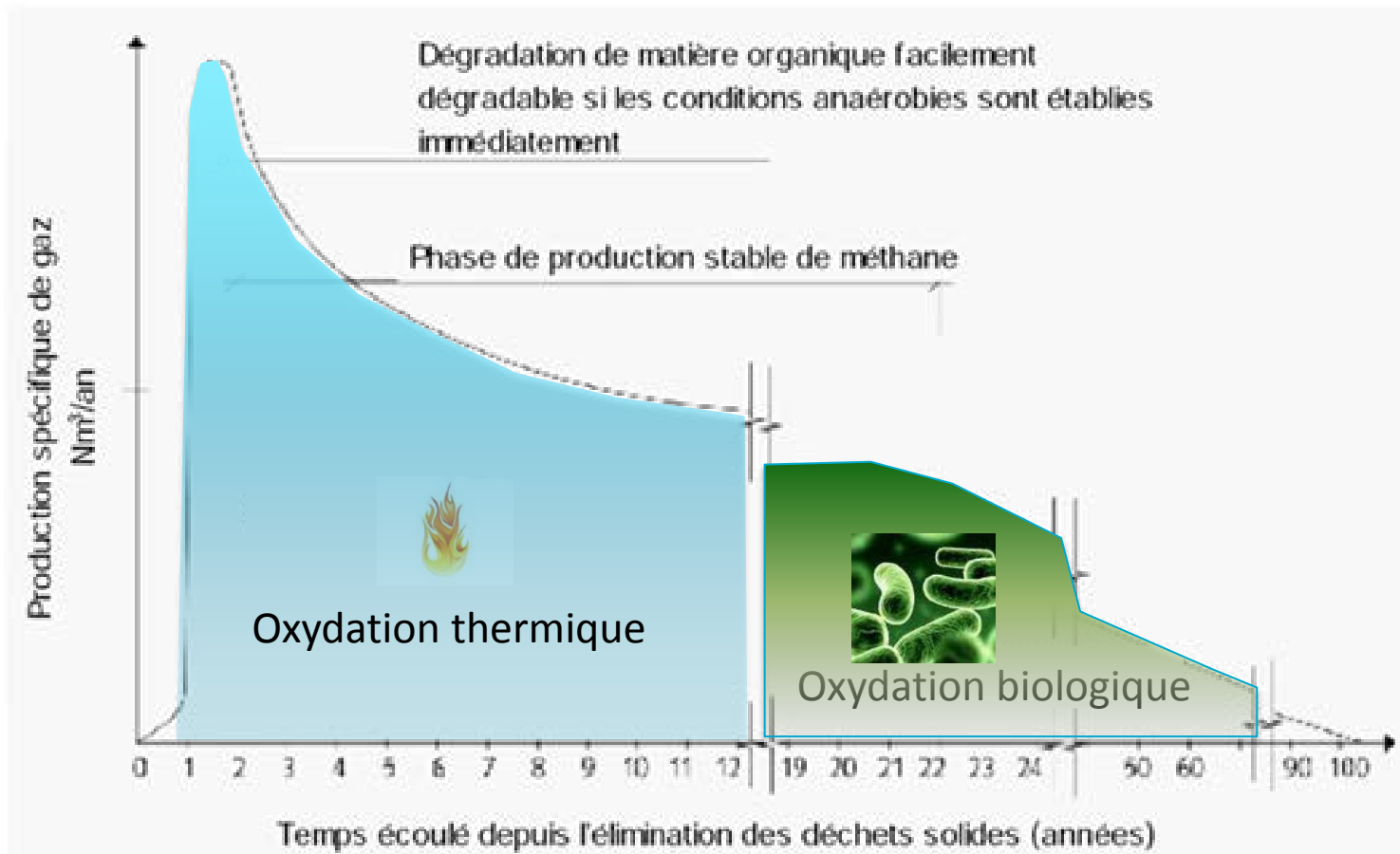


# Les technologies disponibles

- Valorisation énergétique  
 $[\text{CH}_4] > 30 - 40 \%$ ;  $Q > 50 \text{ m}^3/\text{h}$
- Torchère  
 $[\text{CH}_4] > 25 \%$ ;  $Q_{\text{énerg.}} > 0,9 \text{ MMBTU/h}$

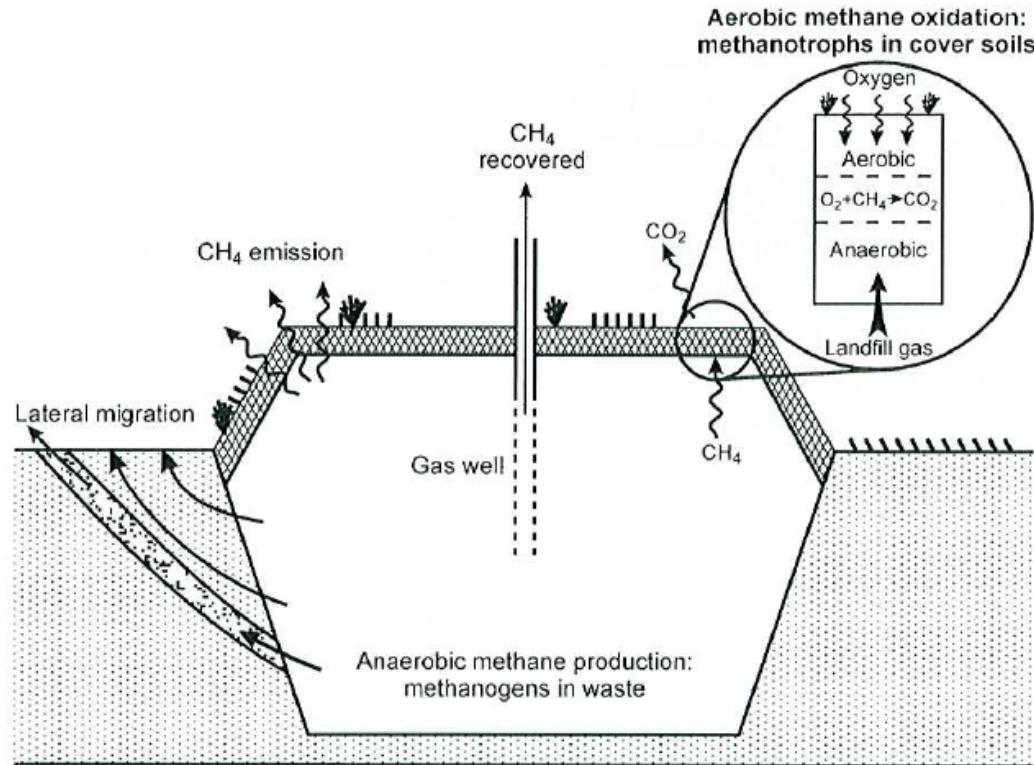


# Représentation de la dégradation d'une décharge selon le modèle Scholl-Canyon



(adapté du Rapport d'inventaire national 1990-2008 - Partie 2)

# Oxydation microbologique du CH<sub>4</sub>



Scheutz *et al.* (2009)

## Micro-organismes méthanotrophes + nutriments



# Phase 1 : Essais en laboratoire (2007-2009)

Collaboration : Université de Sherbrooke et Université Laval

**Objectif : Comparer 2 types de biotechnologies pour l'oxydation microbienne du CH<sub>4</sub>**



Description	PUfoam	BIOSOR <sup>MD</sup>
Technology	Biotrickling Filter	Biofilter
Material	Cube of Polyurethane Foam	Mix of Wood Barks and Peat Moss
Dimension	40 x 40 x 40 mm	Variable
Specific surface	600 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Variable
Density	35 kg/m <sup>3</sup>	500 kg/m <sup>3</sup>
Porosity	97 %	50 %



# Phase 1 : Principaux résultats

- **Durée : 240 j**
- **Débit de gaz traité : 1 L /min**

	[ ] CH <sub>4</sub> (%)	Charge (g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> /h)	CE max (g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> /h)	EE <sub>moyenne</sub> (%)
<b>BIOSOR<sup>MD</sup></b>	1	10,5 – 14,4	13,4	<b>97</b>
	2	20,4 – 28,4	24,1	<b>51</b>
	3	30,8 – 45,3	37,3	<b>82</b>
<b>PUfoam</b>	1	10,6 – 15,9	11,1	<b>71</b>
	2	16,5 – 31,9	12,4	<b>48</b>
	3	31,7 – 38,7	17	<b>36</b>

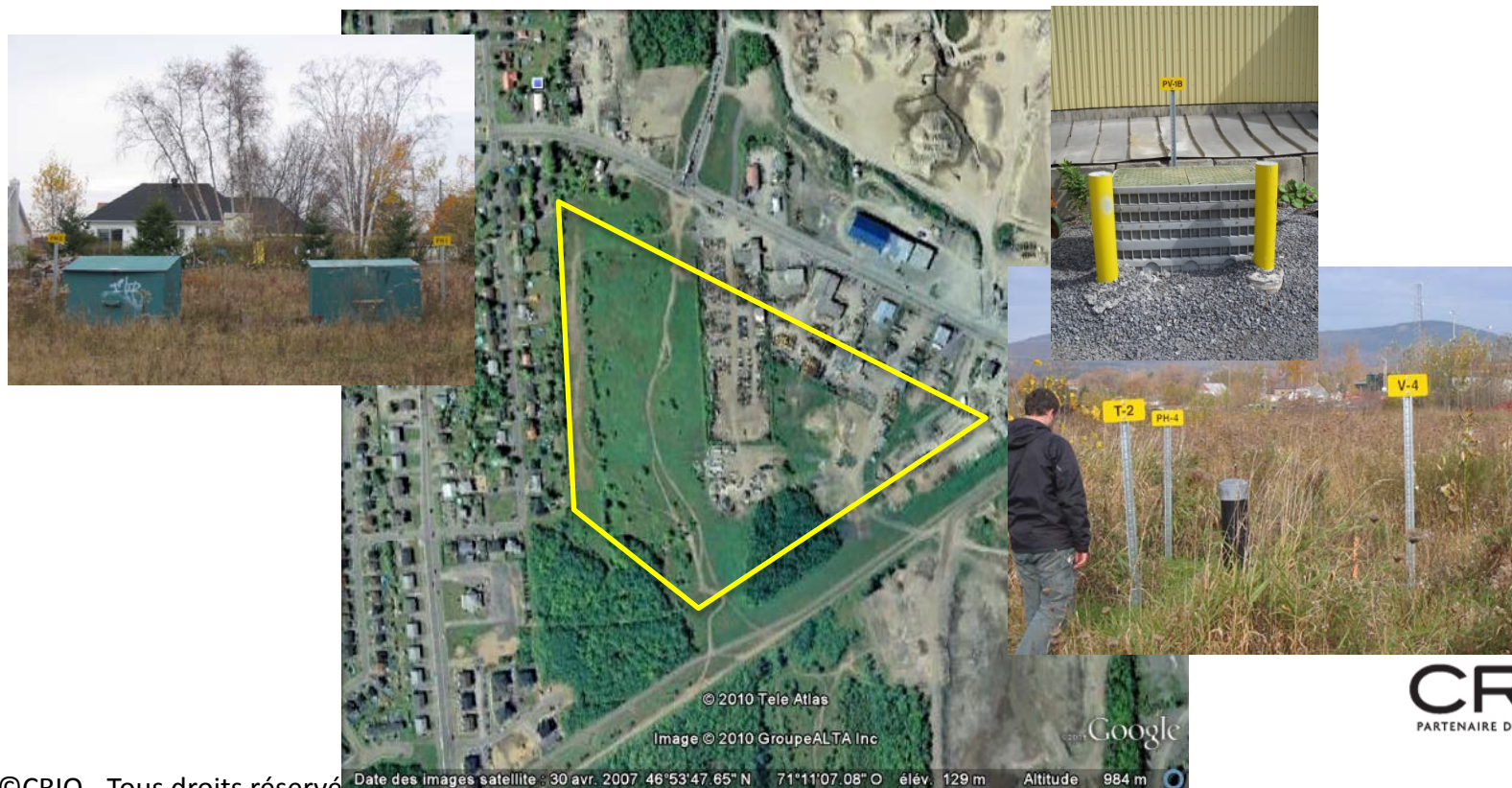
**BIOSOR<sup>MD</sup> :** Meilleures performances, technologie plus stable et plus robuste

# Phase 2 : Essais pilotes sur site (2009)

Partenaires : CRIQ - Ville de Québec

**Objectif : Valider, en conditions réelles, le potentiel de la technologie de biofiltration BIOSOR<sup>MD</sup> pour le traitement du CH<sub>4</sub> et la réduction des GES générés par un site d'enfouissement**

## Site d'enfouissement de Beauport



## Phase 2 : Montage expérimental sur site

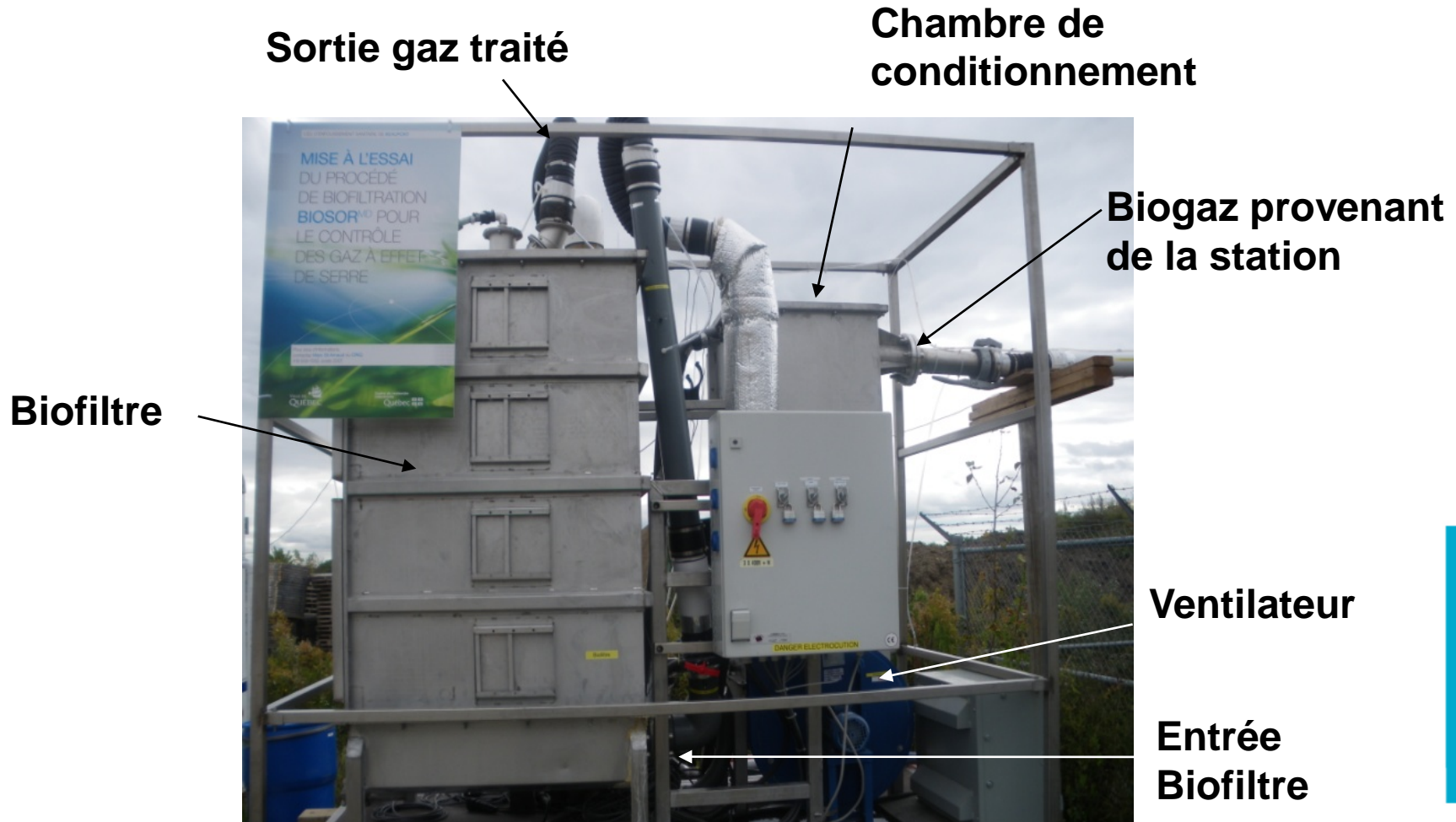
**Station Biogaz  
(existante)**

**Unité pilote de  
biofiltration**

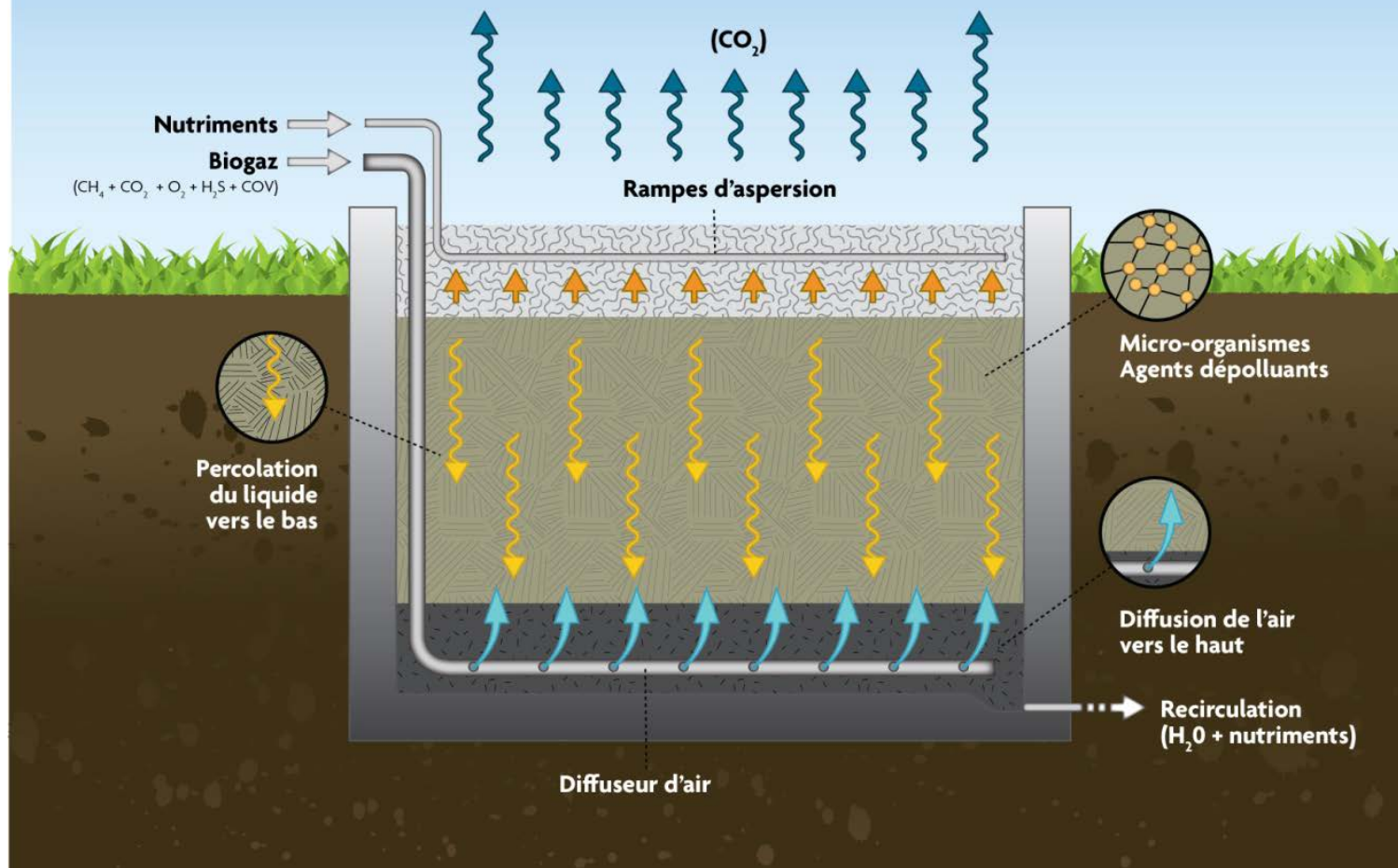
**Laboratoire mobile**



## Phase 2 : Unité pilote de biofiltration (1 m<sup>3</sup>)



# Biosor<sup>®</sup> Principe de fonctionnement





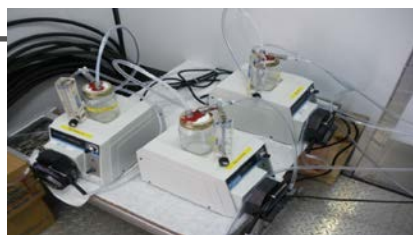
## Phase 2 : Principaux résultats

### Caractérisation des biogaz générés par le site de Beauport (2009-07-24 à 2009-11-24) :

- Débit : 165 Nm<sup>3</sup>/h (141 à 192 Nm<sup>3</sup>/h)
- Température : 30 à 40 °C
- N : 362
- CH<sub>4</sub> : 6,4 % (1,7 à 13,1 %)
- CO<sub>2</sub> : 4,1 % (2,6 à 13,1 %)
- N<sub>2</sub>O : 3 ppm (0 à 8 ppm)
- O<sub>2</sub> : 7 à 9 % (mesures instantanées)
- GES : ~ 1 270 t CO<sub>2</sub>e/an



Gas Analyzer Varian  
3800 (GC-ECD/FID)

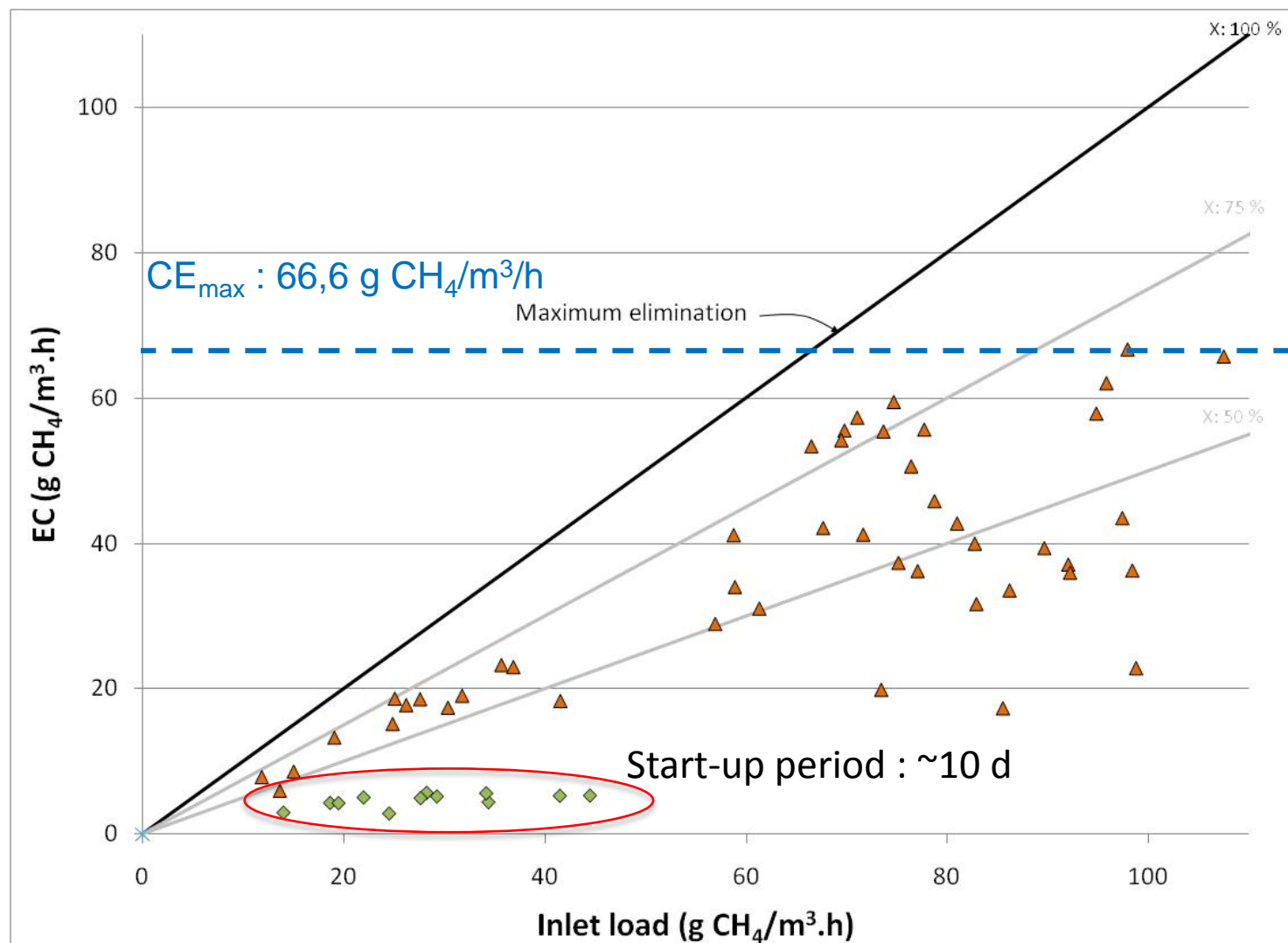


Continuous Sampling System

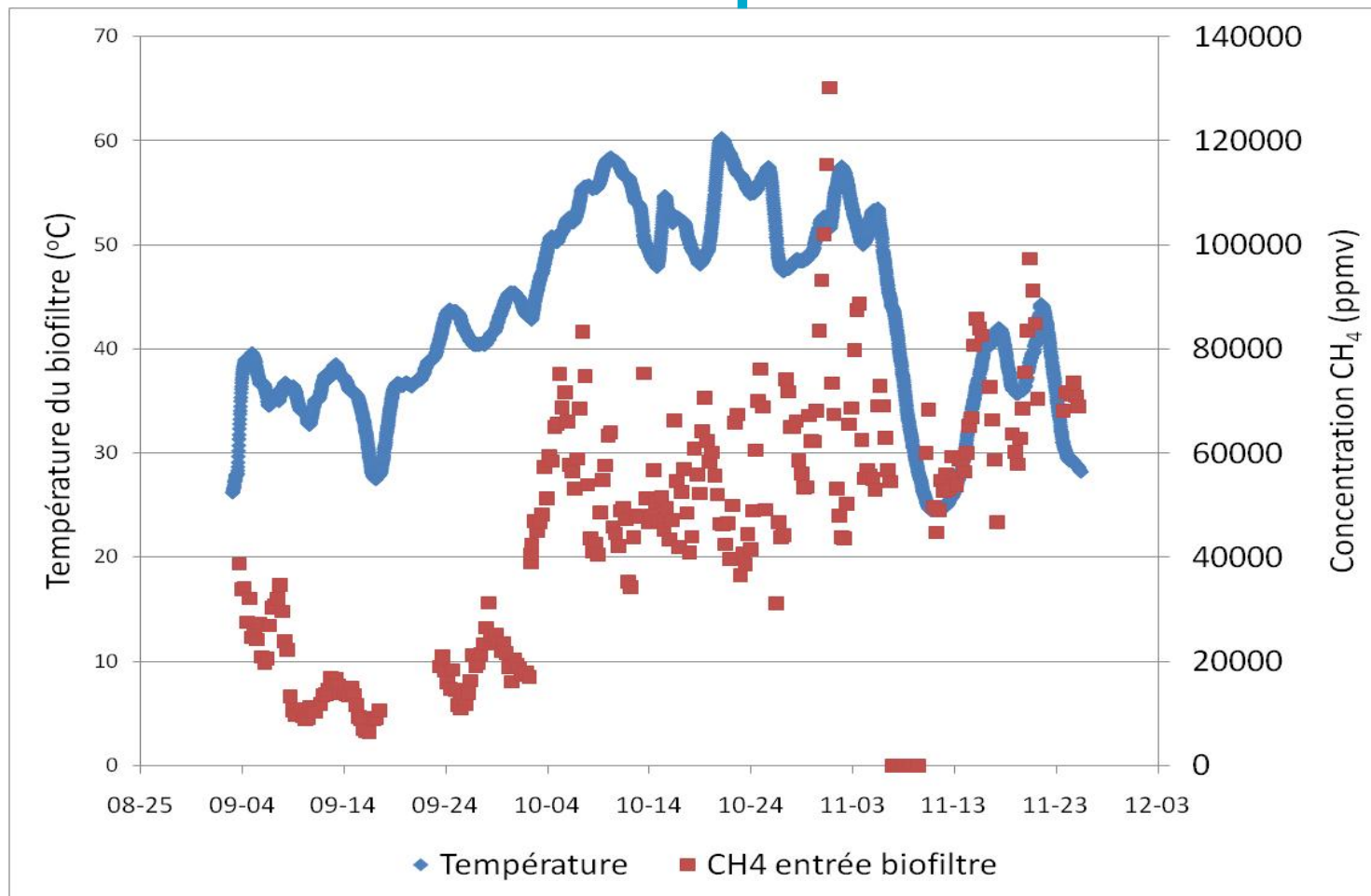




# Phase 2 : Capacité d'élimination



## Phase 2 : Résultats complémentaires



- **Efficacité d'élimination du H<sub>2</sub>S : 60 à 90 %**
- **Efficacité d'élimination des COV<sub>totaux</sub> : 40 à 80 %**



## Phase 3 : Mise à l'échelle de la technologie Biosor<sup>MD</sup> (2012)

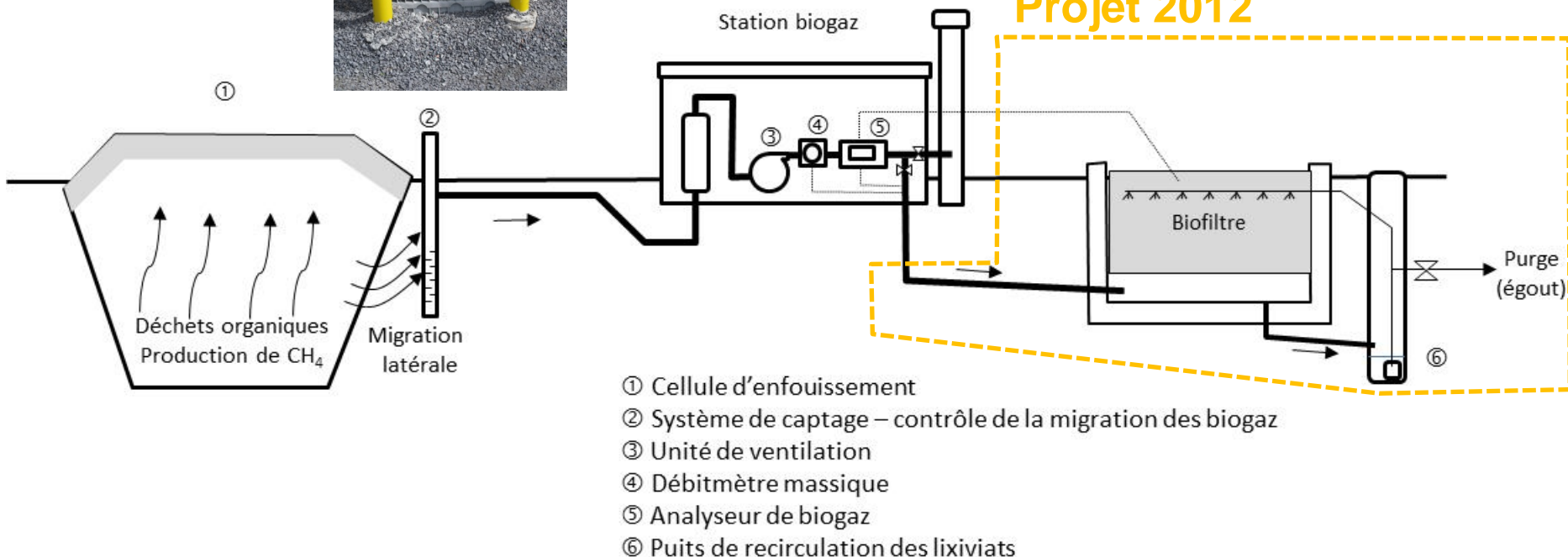
- Concevoir et mettre en place un prototype de biofiltration pleine grandeur (environ 100 m<sup>3</sup>).
- Procéder au démarrage et au suivi sur une période de 12 mois.
- Quantifier les réductions de GES, en tonne de CO<sub>2</sub> équivalent (t CO<sub>2</sub>e), générées par le projet selon la norme ISO 14064-2.
- Déterminer la capacité d'élimination CE (en g CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>/h) et les coûts unitaires (\$/t CO<sub>2</sub>e) de la technologie, les avantages ainsi que les limites du procédé

**490 k\$ (24 mois)**

# Description du processus de réduction des émissions de GES



Projet 2012



# Partenaire :



- **Trois dépôts de matériaux secs : ~ 19 k t CO<sub>2</sub>e (2006)**
- **LET St-Joachim : ~ 8,5 k t CO<sub>2</sub>e (2009)**
- **Saint-Tite-des-Caps : 284 k – 392 k t CO<sub>2</sub>e (période de 10 ans)**



# Partenaire :



Programme de démonstration des technologies vertes visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Technoclimat)



**Volet mise à l'essai**

**50 % des coûts admissibles;  
un maximum de 1 000 000 \$ par projet**



\* Les étapes financées lors d'une démonstration d'une technologie émergente sont la mise au point et la mise à l'échelle. Il s'agit d'étapes au cours desquelles les technologies quittent le laboratoire pour être testées dans des situations réelles d'utilisation.



# Perspectives

- Cadre réglementaire favorable
- Enfouissement au Canada = 20 M t CO<sub>2</sub>e/an (2008)
- Au Québec : 5 M t CO<sub>2</sub>e/an (1990-2008)
- ~ 40 sites actifs dont 15 de moyenne à grande envergure
- ~ 40 petits sites + sites industriels + DMS...
- Potentiel marché du carbone
- R-D : Traitement combiné (CH<sub>4</sub>/lixiviat)
- + Cobénéfices...

**PARTENAIRE D'INNOVATION**

**Merci.  
Des questions?**

**Nicolas.turgeon@criq.qc.ca**

# Références

- Cabral, A. R., Arteaga, K., Rannaud, D., Aït-Benichou, S., Pouët, M.-F., Allaire, S., Jugnia, L. & Greer, C. Analysis of methane oxidation and dynamics of methanotrophs within a passive methane oxidation barrier. IN: Proc. Sardinia 7, 11th International Waste Management and Landfill Symposium, 1-5 October 2007, CISA, Environmental Sanitary Engineering Center, Cagliari, Italy.
- Nikiema, J., Brzezinski, R., Heitz, M., Elimination of methane generated from landfills by biofiltration: a review, Rev. Environ. Sci. Biotechnol, 6 :261-284, 2007.
- Nikiema, J., Heitz, M., The use of inorganic packing materials during methane biofiltration, Hindawi Publishing Corporation, International Journal of Chemical Engineering, Article ID 573149, 8 pages, Volume 2010
- Nikiema, S. J., Atténuation des émissions de gaz à effet de serre par biofiltration du méthane : optimisation des paramètres opératoires, thèse de doctorat ès sciences appliquées, Université de Sherbrooke, 2008.
- Scheulz, C., Bogner, J. E., De Visscher, A., Gelbert, J., Hilger, H. A., Huber-Humer, M., Kjeldsen, P., Spokas, K., Microbial methane oxidation processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions, Waste management & research, Volume 27, Issues 5, August 2009.
- Turgeon N., Bourgault, C., Buelna, G. Le Bihan, Y., Verreault, S., Lessard, P., Nikiema, J., Heitz, M. (2011), Application of methanotrophic biofilters to reduce GHG generated by LGF in Quebec (Canada), 19<sup>th</sup> International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution, Air Pollution XIX, Wessex Institute of Technology, WIT Press, 387-397