NRC·CNRC

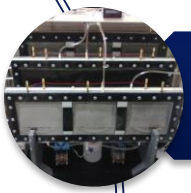
Évaluation technico-économique comparative de procédés de méthanation du syngaz visant la production de gaz naturel renouvelable

Projets exécutés par des étudiants en génie-chimique de l'université McGill

8 mai, 2018, P. Salama, J. Kopyscinski, C. Hoesli et R. Cimpoia

Technologie anaérobie et contrôle de bio-procédés, EME: Capabilités

Digestion anaérobie de déchets organiques



Traitement bio-électrochimique des eaux contaminées

Fermentation du gaz: biométhanation, réaction de Dussan par voie biologique (WGSR), fermentation C1

Modélisation et contrôle de procédés complexe biologiques

Du laboratoire aux essais pilotes

Bouteilles

- Biodégradabilité (BMP)
- Bio-toxicité (ATA)

Laboratoire

- Prétraitement
- Séparation

Usine pilote mobile (sur site)

Usine pilote fixe (au CNRC)

De déchet à gaz naturel renouvelable (GNR)

Matières premières : Déchets organiques solides

Résidu alimentaire | Résidu de jardin | Papier/Carton | Bois | Plastique | Caoutchouc/Cuir/Textile | Autres

1ère transformation

Gazéification

Syngas

CO	30-40%
H_2	25-40%
CO_2	15-35%
CH_4	1-10%

C_2+, NH_3, H_2S, N_2, HCN…

catalyse biologique versus thermochimique

2ème transformation

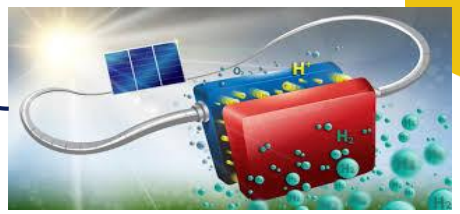
Méthanation

Biogaz
CH_4, CO_2

H_2

Combustible (produit final)

GNR



Conversion de l'électricité en gaz

RESEAU

TRANSPORT

NRC·CNRC

Méthanation:Thermochimique Vs. Biologique

Obstacles au développement de la technologie thermochimique:

- Complexité technologique du à la variabilité de la composition du gaz de synthèse (e.x. type et qualité des intrants, conditions de fonctionnement du gazéificateur)
- Disponibilité et coûts de transport élevés de la biomasse

Projet de biométhanation du CNRC:

- Approche simplifiée:
  - éviter l'utilisation de catalyseurs;
  - contourner les réactions secondaires thermochimiques;
  - minimiser le coût lié au prétraitement du mélange gazeux et
  - réduire le nombre d'étapes de traitement (opérations unitaires) requises.

Mandat et critères des projets

- Mandat: Concevoir un procédé pour la transformation d'un gaz de synthèse à un gaz naturel renouvelable (GNR).

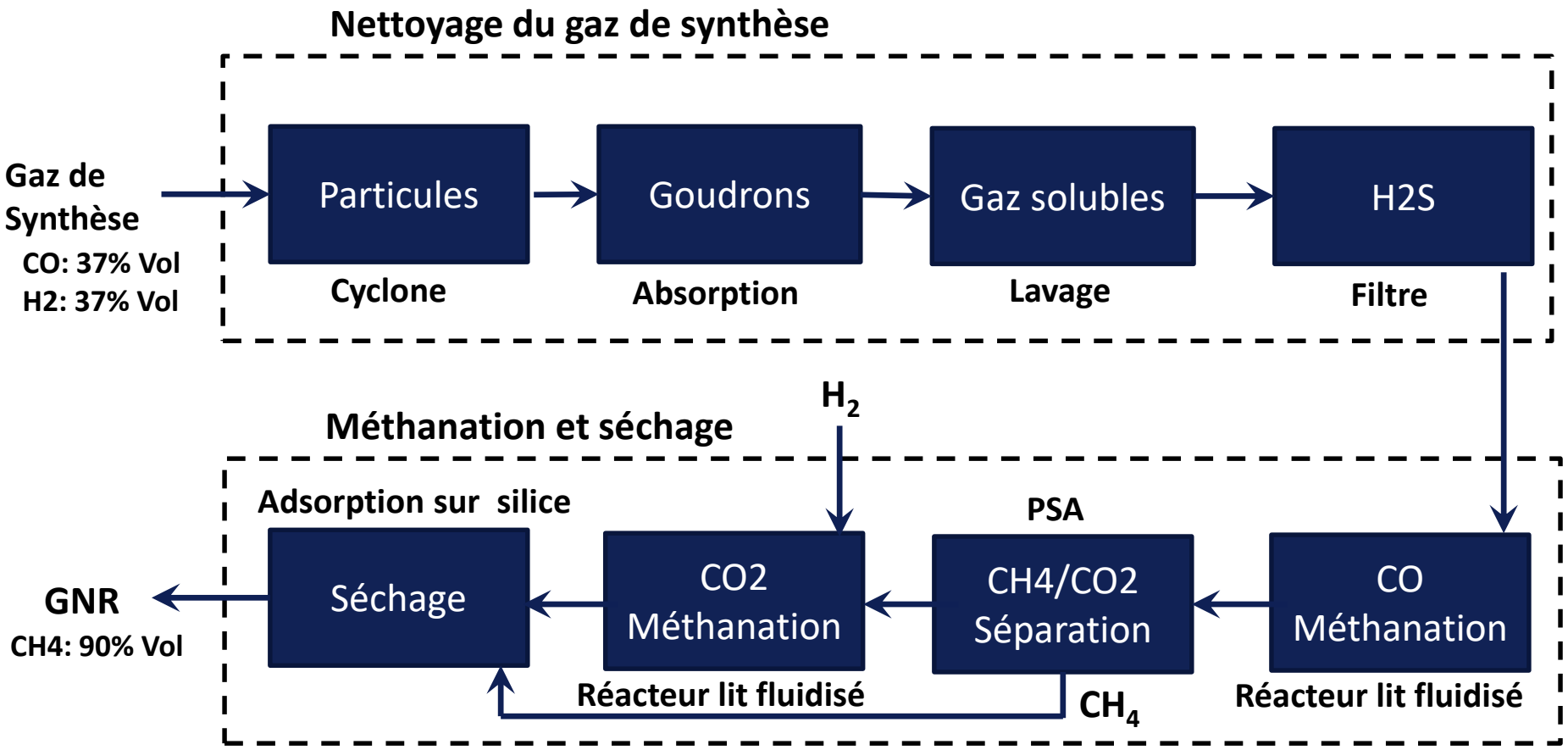
  - **Groupe 1:** Par voie thermochimique (catalyseurs température élevé)
  - **Groupe 2:** Par fermentation (réacteur biologique température peu élevé)

- Critères :
  - GNR avec capacité énergétique équivalente à 1 MW;
  - Respecter la norme BNQ: 3672-100: Qualité pour injection dans le réseau de distribution et de transport;
  - Spécification du gaz de synthèse (composition et conditions); et
  - Utilisation de l'hydrogène pour maximiser la conversion en biométhane (power to gas)

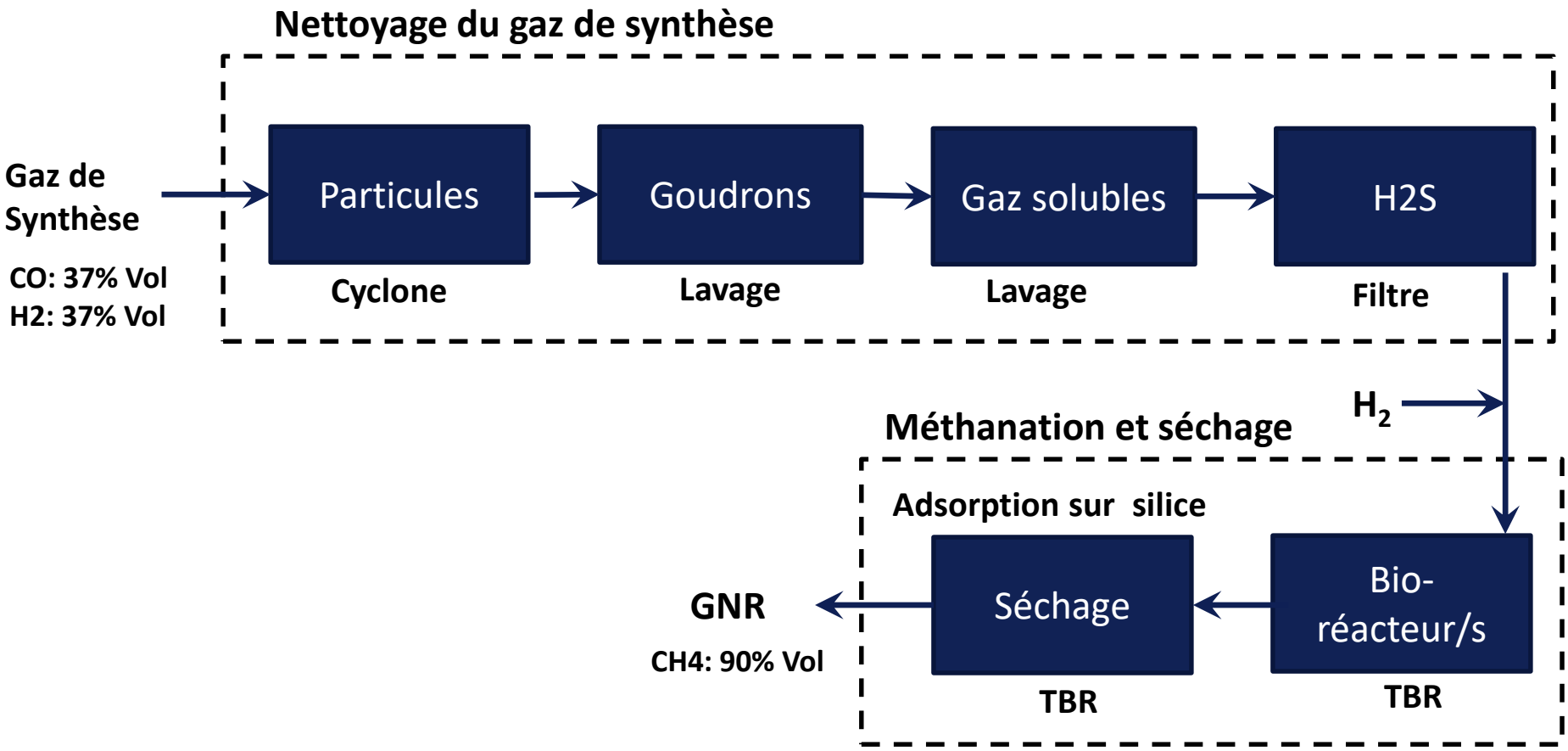
Livrables des projets

- Bilans massiques et énergétiques (sur logiciel Aspen-HYSYS)
- Dessins du procédé (PFD et P&ID)
- Conception et coûts estimés des équipements
  - Modélisation des bio-réacteurs (validation du modèle aux résultats laboratoire);
  - Application d'un modèle pour réacteur thermochimique de type lit fluidisé développé par chercheur du Département de génie chimique de l'université McGill.
- Étude type HAZOP préliminaire
- Analyse et outils d'évaluation économique (CAPEX et OPEX)
- Rapport et présentation

Procédé thermochimique proposé



Procédé biologique proposé



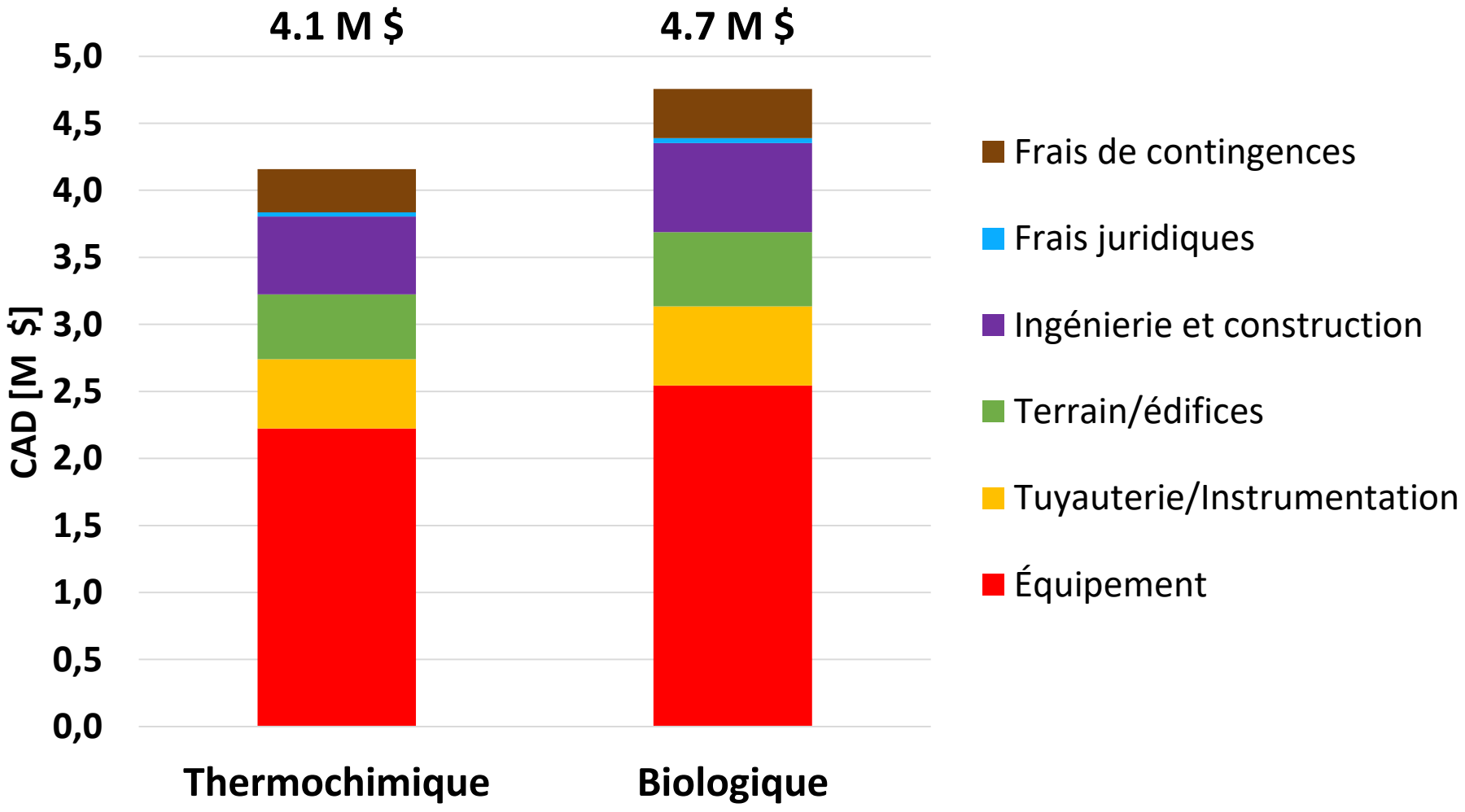
Analyses Économiques – Paramètres

- Équivalent à une étude FEL-2 (±30%);
- Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI : 2017);
- Ajustements pour conditions et matériaux;
- Addition à une installation de gazéification existante;
- Taux de remise de 7% (r) pour une vie d'usine (n) de 25 années ;
- Calcule des coûts nivelés de l'énergie (CNDE/LCOE) ($CAD/GJ);

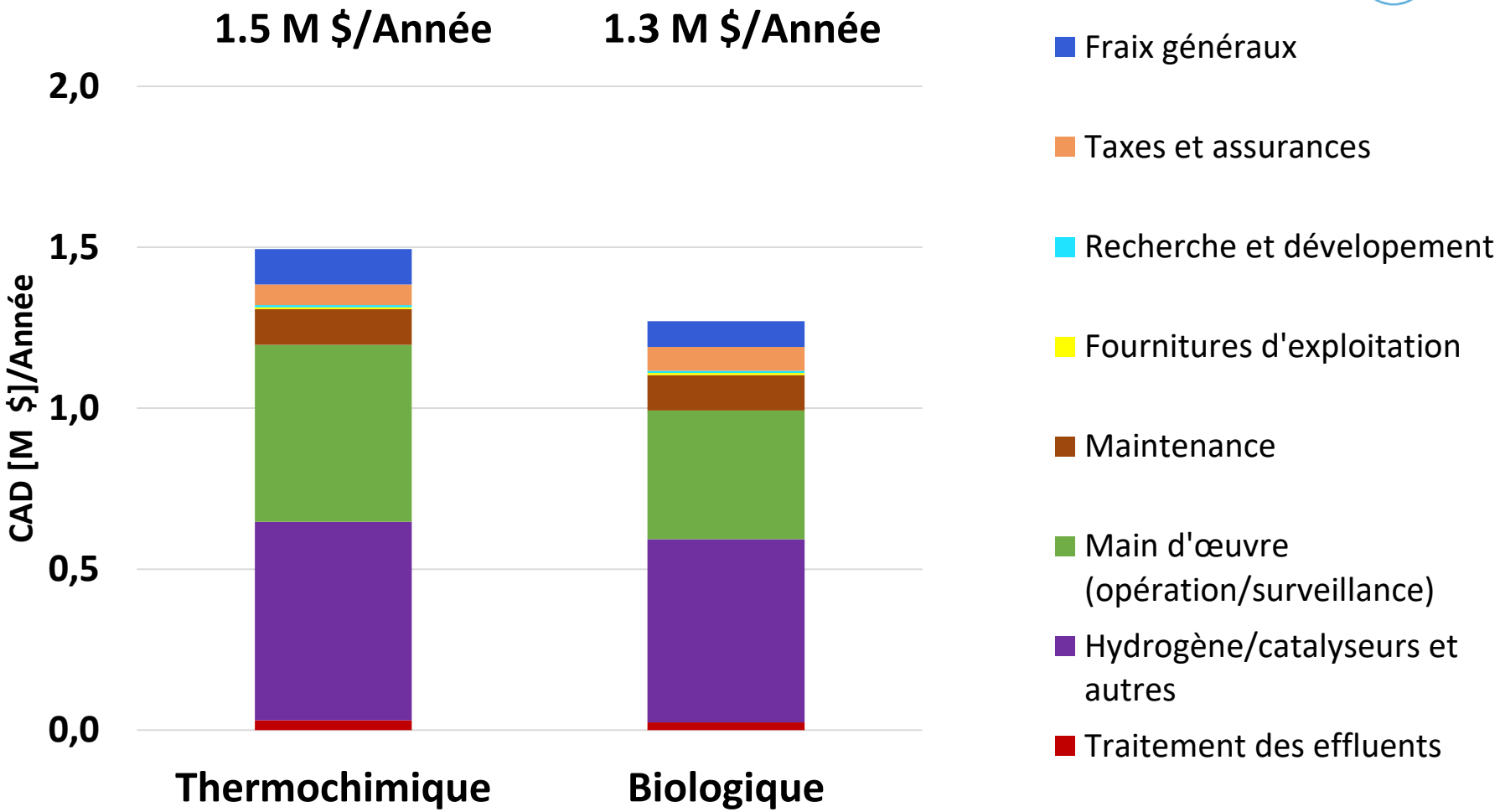
$$\text{CNDE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{(C_t + O_t)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

- C = CAPEX, O = OPEX, E = Production en énergie
- r = taux de remise, et n = vie de l'usine

CAPEX:Thermochimique Vs. Biologique



OPEX: Thermochimique Vs. Biologique

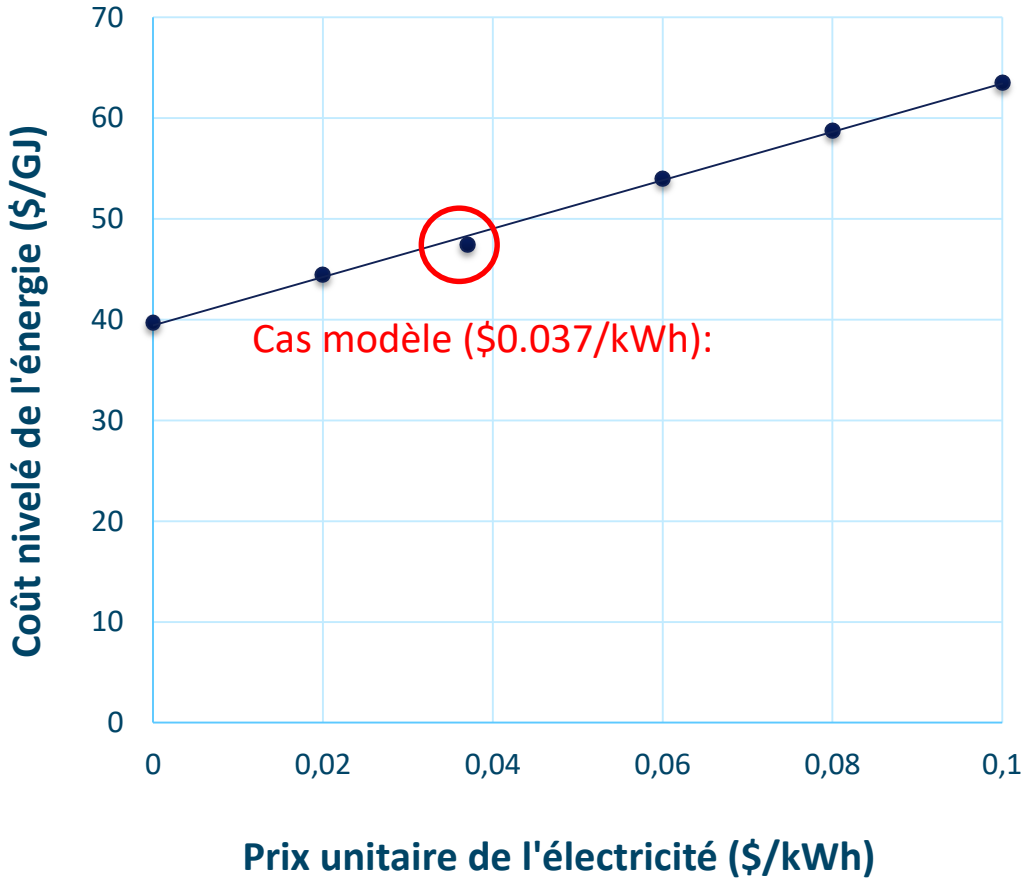


Coûts Nivelés de l'Énergie (CNDE)

$47.0 GJ^{-1}

$51.5 GJ^{-1}

Effet du prix de l’électricité sur le CNDE



Conclusions

- L’étude démontre pour une usine de 1 MW un coût légèrement favorable pour un système de méthanation biologique.
- Les coûts pourraient diminuer à près de $40/GJ dans une situation ou l’électricité en excédent est utilisée pour la production en hydrogène.
- Autres revenus à considérer:
  - Tarifications des intrants;
  - Mécanismes incitatifs en faveur de l’énergie renouvelable, marchés visés par les crédits d’énergie renouvelable;
  - Autres aides fiscales des gouvernements

Reconnaissance - Remerciements

Département de Génie Chimique de Université McGill

Groupe 1 : Thermochimique

- Sophia Gupta
- Gabriel Jay
- Robert Magid
- Taieef Mahmood

Groupe 2 : Biologique

- Cedric Kafie
- Darius Klassen
- Tazmir Nahar
- Jody Wong