Les procédés de liquéfaction utilisés pour valoriser le biométhane dans le secteur du transport

Sébastien Lajoie, Ing., CEM, PCMV
Chef de projet, Approvisionnements GNL
10e conférence APCAS – biogaz
24 mai 2012, Hôtel Gouverneur Place Dupuis, Montréal

GazMétro
la vie en bleu

Valoriser le biométhane dans le secteur du transport :

→ Défi technologique mondial de l'heure ?

GazMétro
SOLUTIONS
TRANSPORT

GazMétro
la vie en bleu

Sommaire

- → Pourquoi liquéfier le biométhane ?
- → Qualité du produit pour une carburation adéquate
- → Technologies de liquéfaction – bref survol – enjeu du « flash »
- → Projets dans le monde (3 cas)
- → Questions

Mise en garde : Les informations contenues dans ce document sont confidentielles et ne peuvent être reproduites ou retransmises à d'autres sans le consentement de Gaz Métro.

GazMétro
la vie en bleu

Pourquoi le BML ?

→ Seul carburant à pouvoir réduire presque entièrement les émissions de GES dans le transport lourd

- biodiesel limité en pourcentage
- électricité limitée par le poids et le coût des piles

→ Filière de biocarburant très efficace selon FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe), Agence allemande pour les ressources renouvelables+

DISPONIBLE - EFFICACE – ENVIRONNEMENTAL – ÉCONOMIQUE – SÉCURITAIRE

GazMétro
la vie en bleu

Pourquoi le BML ? **DISPONIBLE**

Photosynthèse

CO_2, H_2O

Nourriture, biodiversité, matières résiduelles…

méthanisation

CO_2 **CH_4**

CO_2, H_2O

Combustion

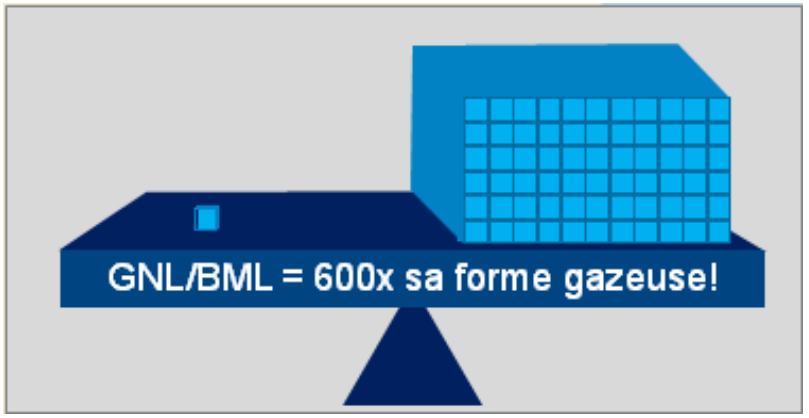
GazMétro
la vie en bleu

Pourquoi le BML ? **EFFICACE**

- La valeur calorifique du BML/GNL est la plus élevée des carburants. Il prend cependant plus de volume à stocker que le diesel (1,6 fois) bien qu'il est diminué de 600 x p/r à son volume gazeux.

- Permet une adéquation avec les technologies au GNL qui sont présentement sérieusement envisagées dans le marché du transport nord-américain :

  (en raison de son prix, de son abondance et de son potentiel de réduction de GES/MP)



Densité énergétique des carburants	Mj / kg
Hydrogène liquide ou comprimé	120,1
GNL	49,2
BML	48,4
GNC	47,6
Propane	46,4
Essence	43,5
Diesel	42,7

GazMétro
la vie en bleu

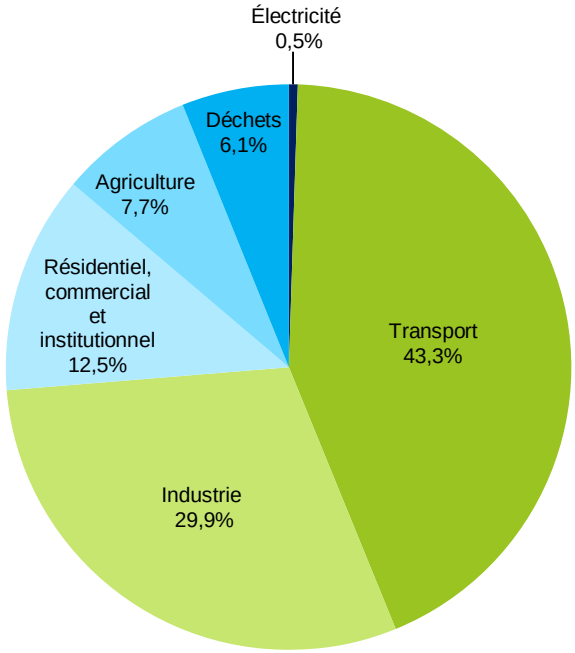
Pourquoi le BML ? **ENVIRONNEMENTAL**

→ Le transport est un grand émetteur de gaz à effet de serre :

- 43 % du bilan total des émissions de GES au Québec, soit environ 36 millions de tonnes de CO2
- Transport routier = 78 % des émissions de GES du secteur du transport, soit environ 28 millions de tonnes de CO2
- Les camions lourds contribuent à eux seuls pour 24 % des émissions de GES du transport routier avec 6,7 millions de tonnes de CO2

→ Critique dans son positionnement concurrentiel vs transport maritime et ferroviaire

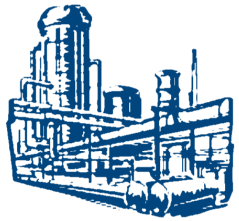
Répartition des émissions de GES au Québec en 2008 par secteurs d'activité



Source : MDDEP, inventaire des gaz à effet de serre du Québec.

GazMétro
la vie en bleu

Pourquoi le BML ? **ENVIRONNEMENTAL**

	Extraction	Raffinage	Distribution	Émission à l'usage	Total sur le cycle de vie du carburant
Gaz naturel liquide (moteur GX)	94 g/km	 25 g/km	55 g/km	842 g/km	1,016 g/km
Diesel	148 g/km	132 g/km	6 g/km	1079 g/km	1,365 g/km

25 % de réduction par simple substitution du diesel

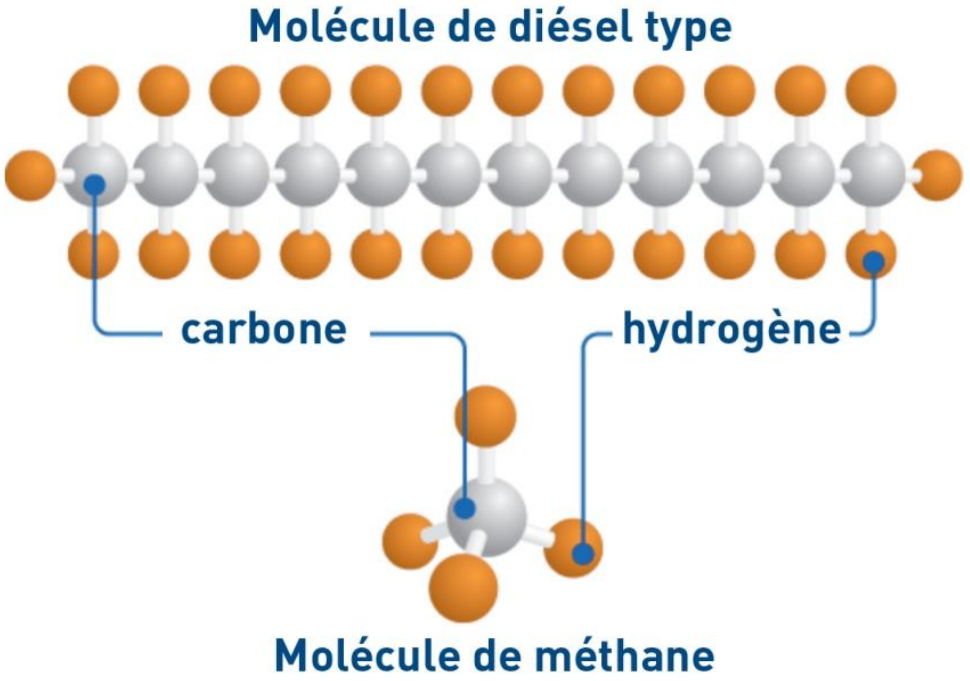
Plus de 90 % de réduction avec le biométhane

Source : NRCan GHGenius Model 3.19. (S&T)2 Consultants inc.

GazMétro
la vie en bleu

Pourquoi le BML ? **ENVIRONNEMENTAL**

→ Le carburant dont le ratio en carbone est le plus faible

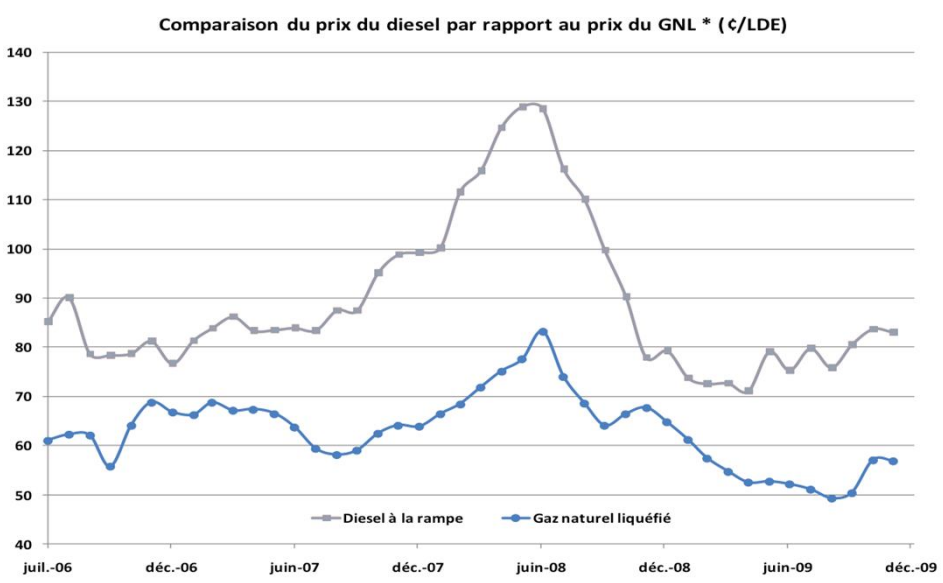


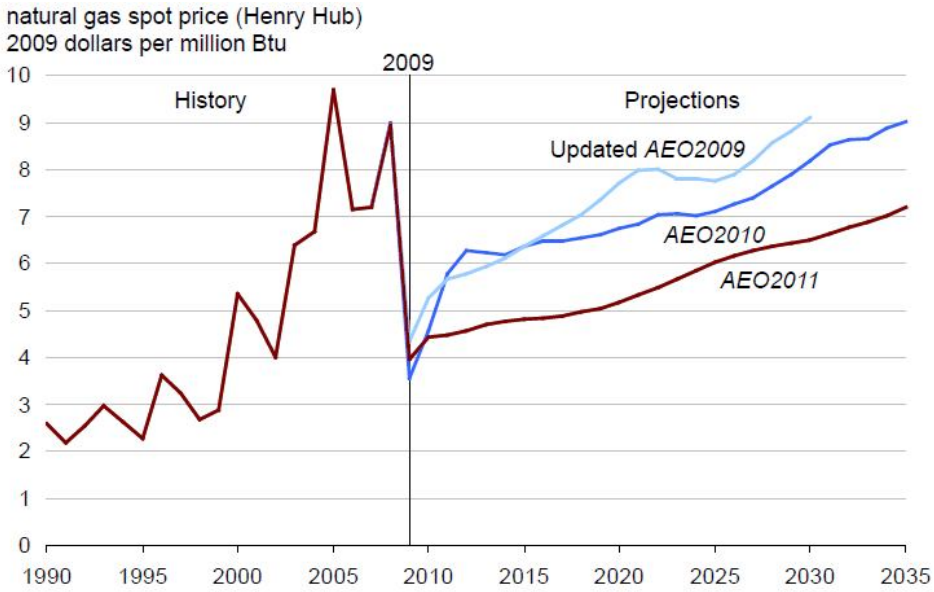
→ Dont les émissions de GES sont 20 à 30 % plus faibles

GazMétro
la vie en bleu

Pourquoi le BML ? **ÉCONOMIQUE**

→ Les économies du GNL varient généralement de 20 % à 40 % par rapport au diesel



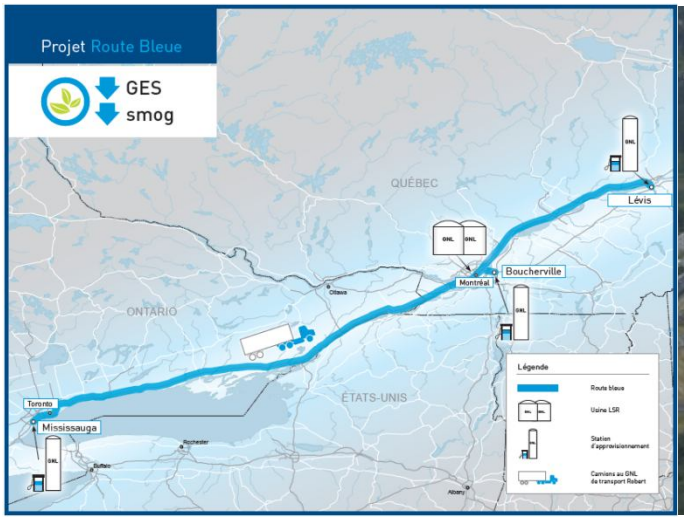


GazMétro
la vie en bleu

Pourquoi le BML ? **SÉCURITAIRE**

→ Sécurité d'approvisionnement : adéquation d'approvisionnement du BML avec du GNL

Permet de soutenir les usagers d'une station-service de BML en garantissant l'approvisionnement en GNL (fluctuations de production)

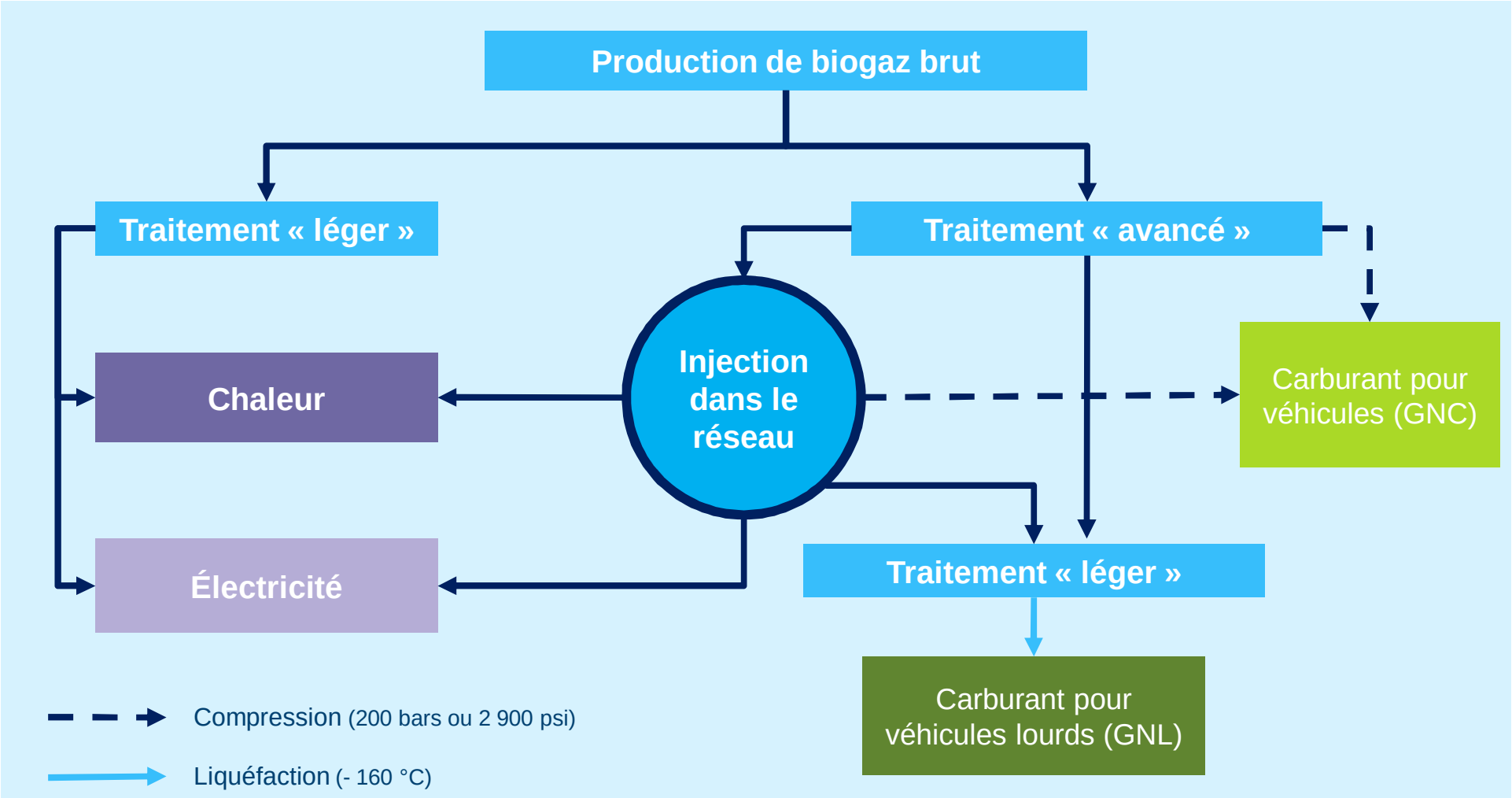


→ Sécuritaire (pas sous pression et ne se mélange pas aux eaux souterraines - s'évapore)

GazMétro
la vie en bleu

Qualité du produit pour une carburation adéquate…

→ Valorisation du biogaz



Qualité du produit pour une carburation adéquate du biogaz au biométhane liquéfié (BML)

BIOGAZ BRUT

- Méthane (CH_4);
- Dioxyde de carbone (CO_2);
- Azote(N_2);
- Eau (H_2O);
- Sulfure d'hydrogène (H_2S);
- Traces :
  - Siloxanes;
  - COV;
  - Ammoniac;
  - Hydrogène;
  - Particules;

RAFFINAGE
Traitement
« avancé + léger »

- CO_2 : **50 PPM**
- H_2S : **4 PPM**
- H_2O : **1 PPM**

LIQUÉFACTION

BIOMÉTHANE LIQUÉFIÉ (BML)

- CH_4 : **min. 97,3 %**
- C_2H_6 et + : **max. 1%**
- Diluants — O_2- CO_2 - N_2 : **max. 1,7%**
- Index de Wobbe : **entre 44,5 et 47,15 MJ/m^3_g sur PCI**

GazMétro
la vie en bleu

Qualité du produit pour une carburation adéquate… à une station-service de GMST

→ Qualité requise du BML pour une carburation adéquate dans le transport lourd :

- CH4 (Méthane) : minimum de 97,3 %
- C2H6 et + : maximum de 1 %
- Diluants — O2- CO2 - N2 : maximum 1,7 %
- Index de Wobbe doit se situer entre 44,5 et 47,15 MJ/m3g sur PCI

- **Certains contaminants restreints :** analyse rigoureuse en un laboratoire certifié, à partir d'échantillonnages ou en continu par instrumentations calibrées et certifiées

- **En plus des composantes spécifiées précédemment et sans s'y limiter, les contaminants suivants sont restreints :**
  - Oxygène : maximum (en balance des diluants) : 0,4 %
  - Hydrogène : maximum 1 000 PPM
  - Contenu total de soufre : maximum 4 ppm
  - Siloxanes (L2, D3, D4, D5, D6) : n.d.
  - Composés organiques volatiles identifiés (COV) (TO-15) : n.d.
  - Composés halogénés : n.d.
  - Eau, poussières, sable, saletés, huiles et autres matières nuisibles : n.d.

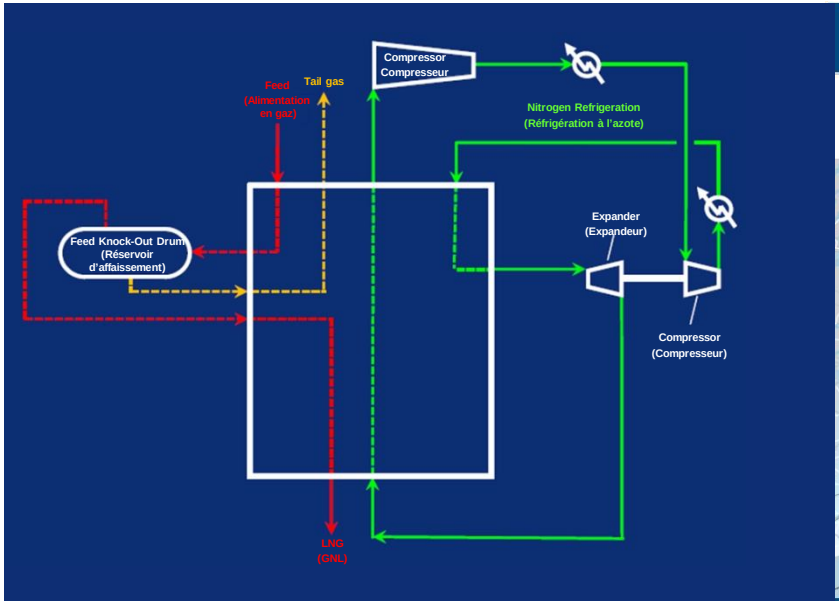
GazMétro
la vie en bleu

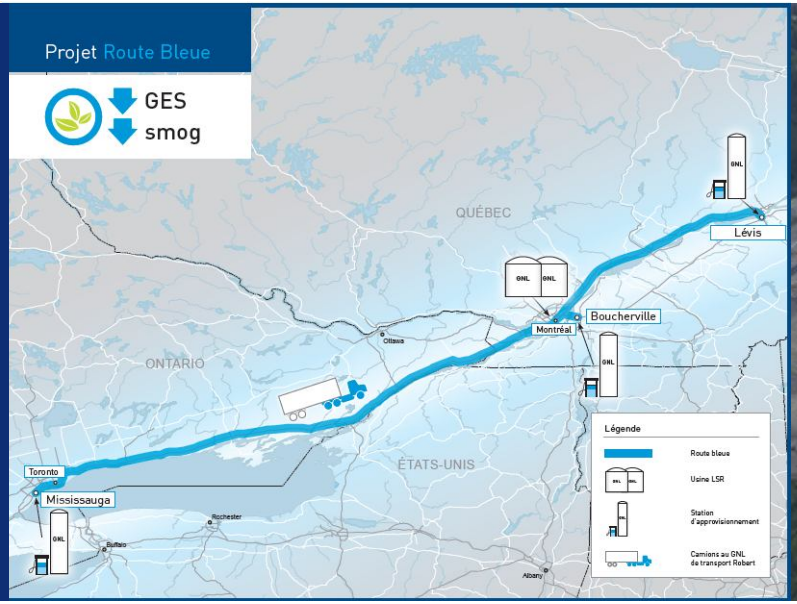
Technologie de liquéfaction du biométhane

→ Pour l'industrie du biométhane, on observe deux familles de technologies de liquéfaction à petite échelle :

- La liquéfaction à réfrigérants mixtes
- La liquéfaction à cycle fermé à l'azote

Image : Air Products





Technologies de liquéfaction

→ Voici d'abord le principe de fonctionnement :

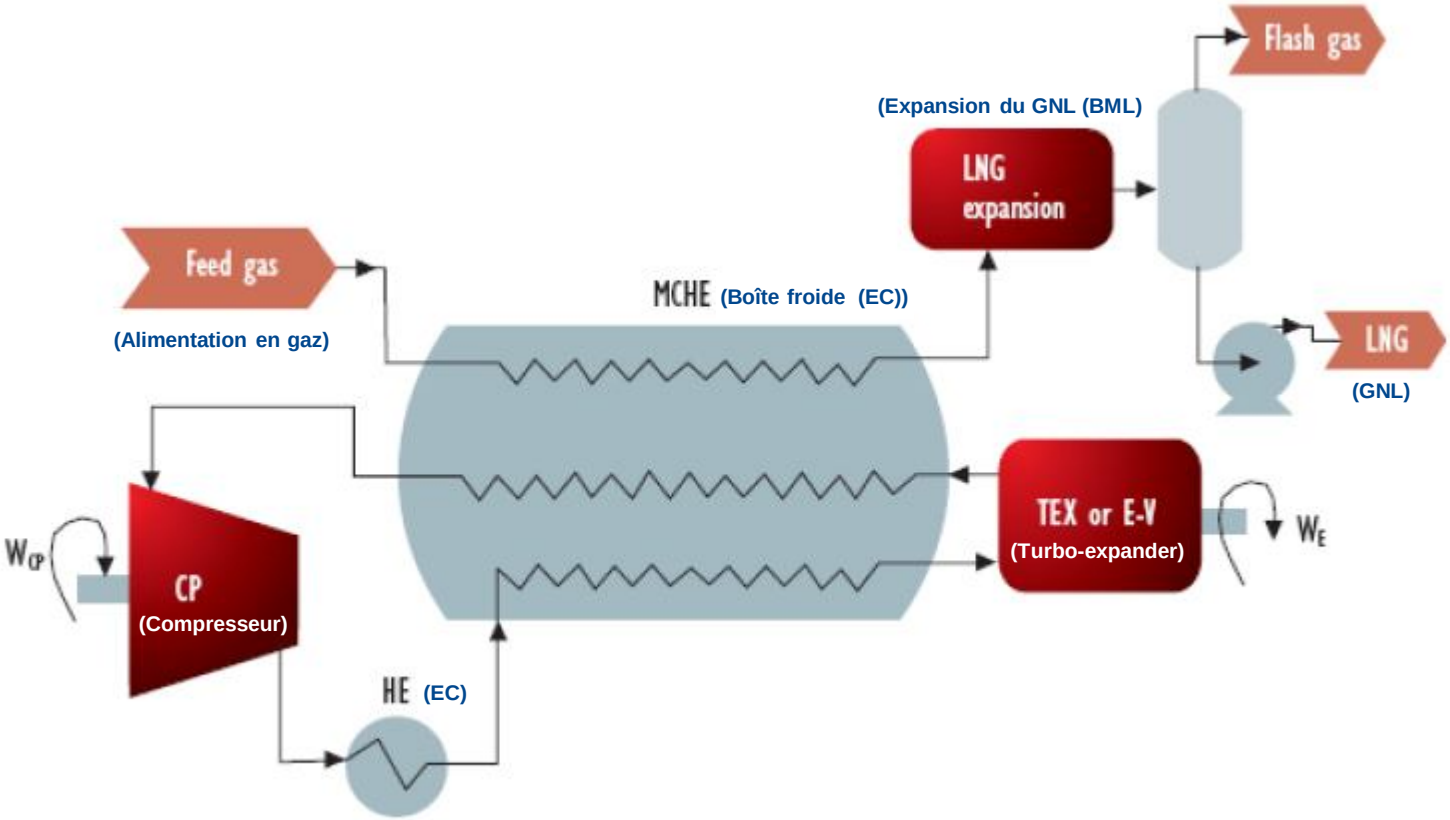


Figure 11 Sketch over a closed-loop cycle. (Pettersson et al, 2007)

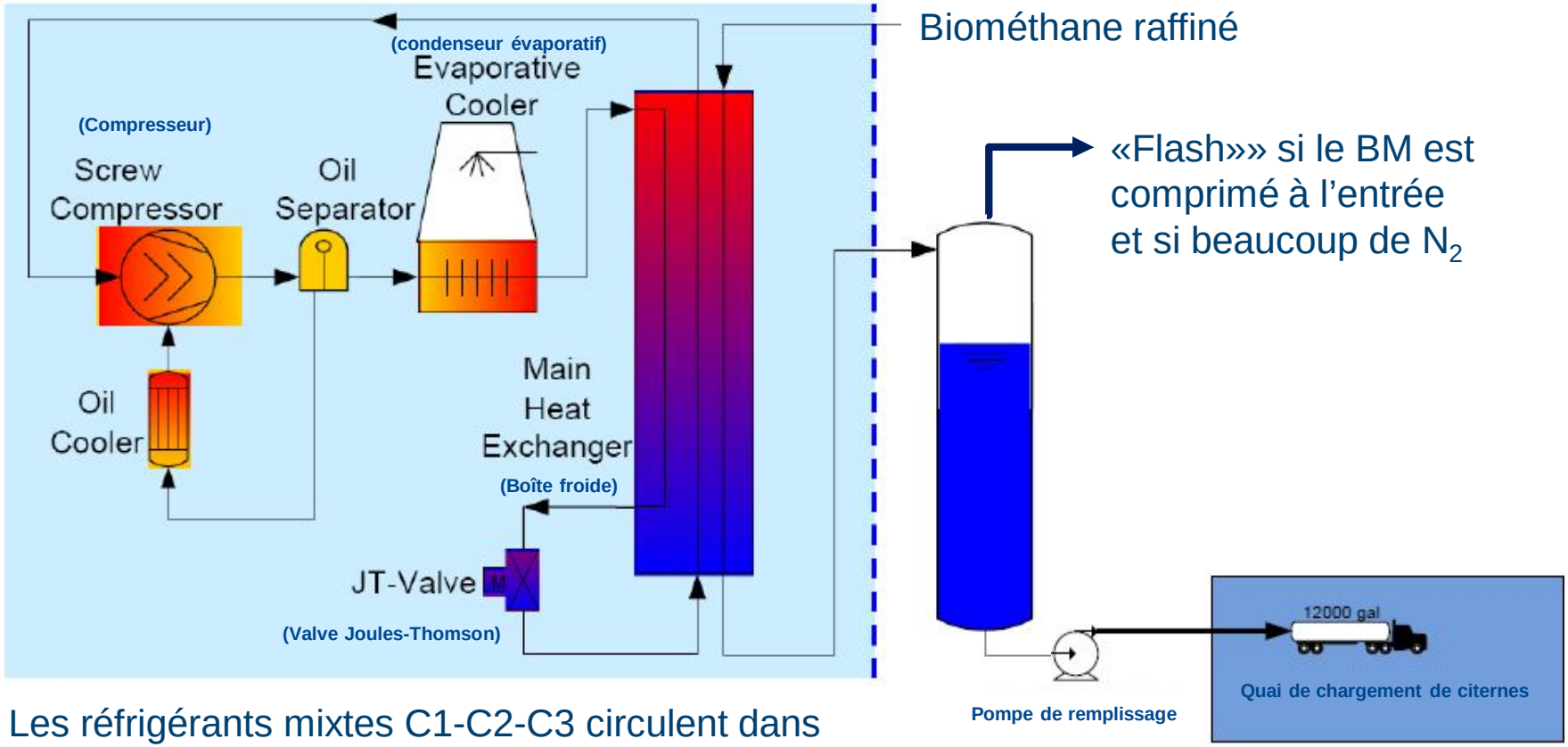
GazMétro
la vie en bleu

Technologies de liquéfaction

Image : Hamworthy

Technologies de liquéfaction

→ Exemple d'un système à réfrigérants mixtes



Les réfrigérants mixtes C1-C2-C3 circulent dans un circuit fermé

GazMétro
la vie en bleu

Technologie de liquéfaction du biométhane

→ La ré-évaporation ou « flash » du BML à la sortie du liquéfacteur est relative à deux aspects:

- La compression du biométhane à l'entrée pour permettre un effet de refroidissement « gratuit »
- La trop forte quantité d'azote (N2) à l'entrée (ex. : site d'enfouissement mal calibré)

→ L'azote pose problème, car il est difficile à raffiner sans trop perdre de biométhane dans le procédé de raffinage.

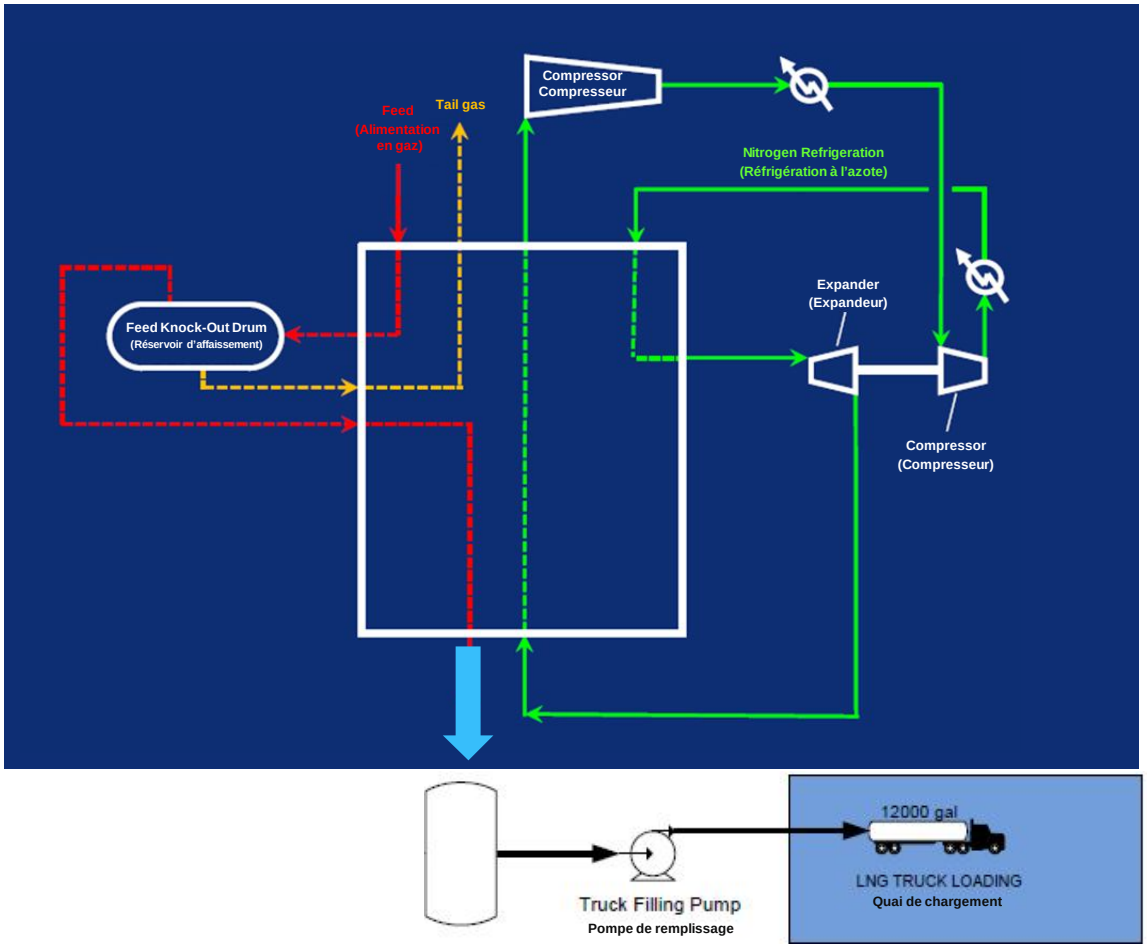
→ Il est donc préférable d'en avoir le moins possible pour liquéfier, le plus possible, le N2 résiduel (sous-refroidissement < - 162 °C)

- Au Québec, le sous-refroidissement à l'hydro-électricité ne coûte pas cher

GazMétro
la vie en bleu

Technologies de liquéfaction

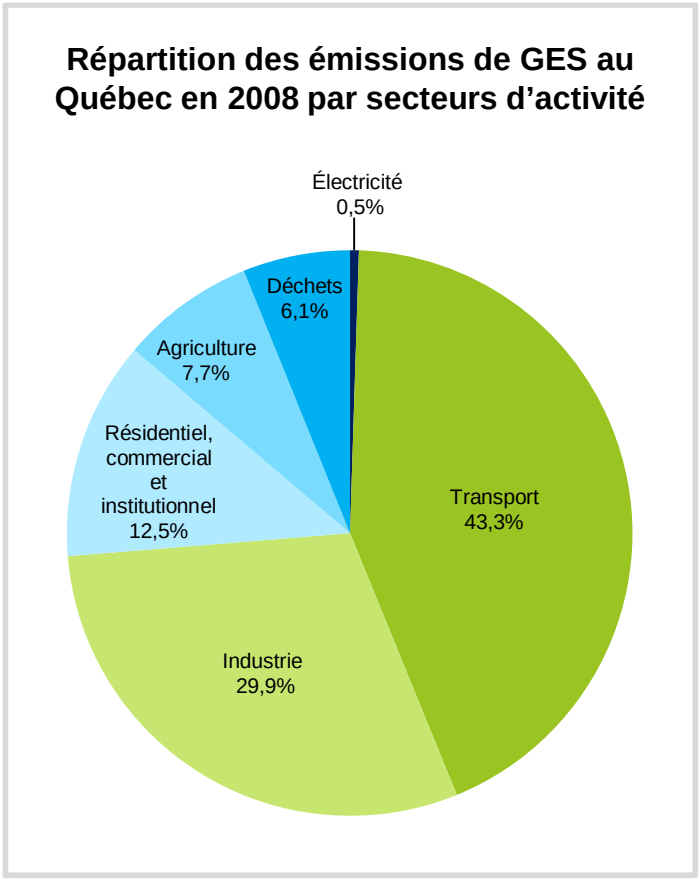
→ L'autre type de liquéfaction est le cycle fermé à l'azote
(rien à voir avec l'azote mentionnée précédemment)



GazMétro
la vie en bleu

Technologies de liquéfaction

- Les comparaisons qui suivent tiennent compte qu'un réseau hydro-électrique est disponible sur le site de liquéfaction, mais il est possible d'autogénérer (par le biogaz et les G.R.) l'électricité pour actionner les compresseurs avec évidemment moins de valorisation du biométhane dans le transport



GazMétro
la vie en bleu

Comparaison des types de technologies de liquéfaction BML (petits volumes)

Type de liqué.	Principe d'opération	Fabricants	Avantages et caractéristiques particulières	Désavantages
Cycle fermée à l'azote	Utilisation d'un turbo-compresseur pour générer de la puissance utile	• Air Liquide • Cryostar (Linde) • Kryosol	• Fiabilité et simplicité d'opération car moins de réfrigérants, l'azote étant le réfrigérant principal - demeure toujours en phase gazeuse; • Réduction importante de la contingence de protection-incendie (pas de gaz lourds) et facilité de dépressurisation (sub-cooling)	• 15 % de puissance électrique supplémentaire au RM • Prix du turbo-compresseur assez critique p/r à l'offre et la demande • Nécessite une plus grande attention sur les composantes rotatives à haute vitesse
Réfrigérants mixtes	Unités de type « conteneur » Mélange d'azote et hydrocarbures lourds La cryogénie s'obtient par la détente en cascade du réfrigérant	• Hamworthy • Linde (pour gros volumes – Altamont)	• Production maximale de 8 Mm3gazeux/an pour Hamworthy • Unités amovibles (conteneurs) permettant une flexibilité d'installation temporaire (sites d'enfouissement) • Coûts d'électricité moins élevés, car la puissance de liquéfaction est la plus optimale thermodynamiquement parlant	• Risques élevés reliés à l'utilisation de réfrigérants lourds (selon quantité, protection incendie élevée) • Surveillance d'un MMF car réfrigérants listés dans le code de la RBQ • Flash plus important selon la conception (dépressurisation du BML)

GazMétro
la vie en bleu

Technologies de liquéfaction – Cas existants

→ Il existe 3 cas existants de production de BML dans le monde (à notre connaissance):

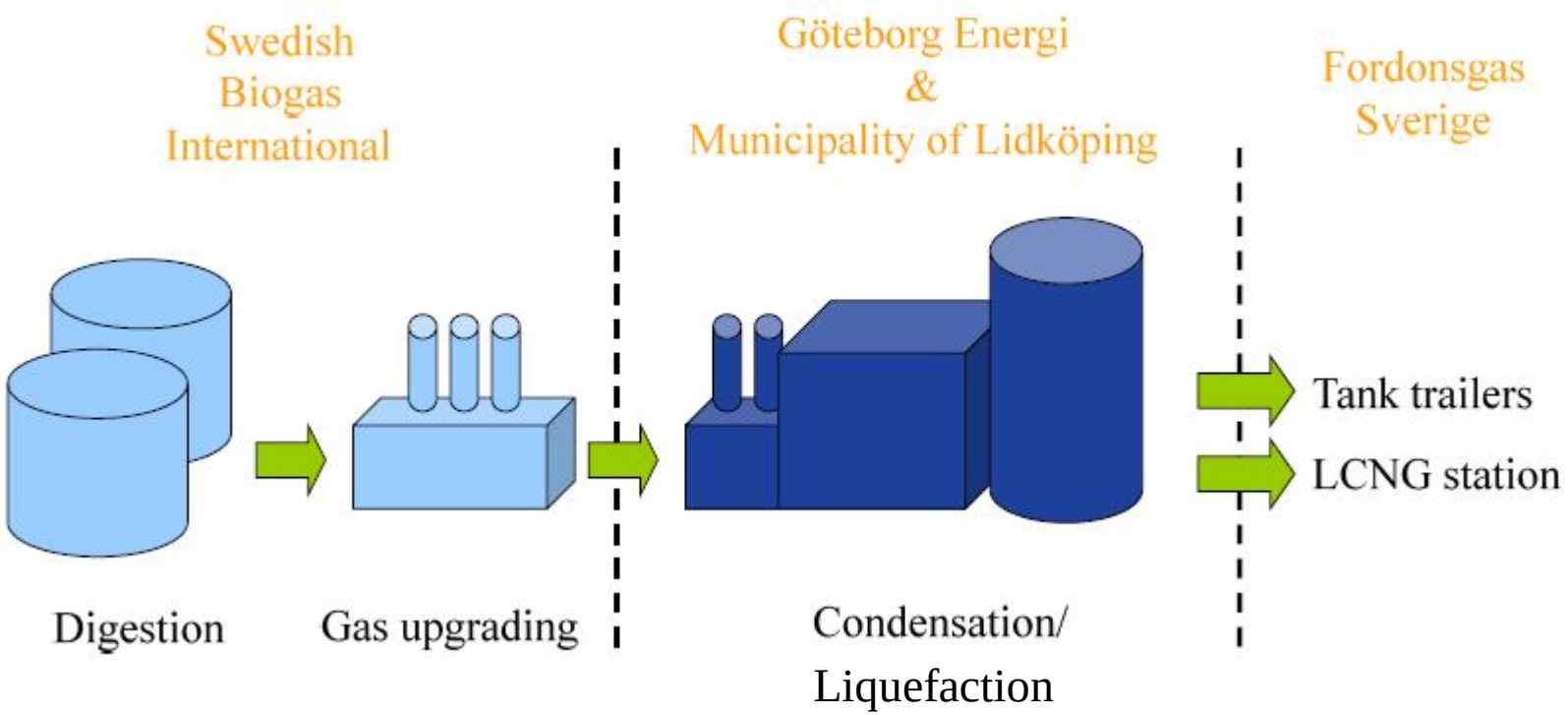
- Altamont, Californie – 13 000 USGPD (11 $M_{é}m^3_{g}$/an) de BML - site d'enfouissement – Linde/Waste management – Réfrigérants mixtes
- Gasrec Angleterre – 9 700 USGPD (8 $M_{é}m^3_{g}$/an) de BML - site d'enfouissement – Cryostar
- Lidjkoping, Suède – 8 100 USGPD (6,7 $M_{é}m^3_{g}$/an) de BML produit de la D.A. - agro-alimentaire – Cycle fermé à l'azote – Air Liquide

Altamont - Image Linde

GazMétro
la vie en bleu

Technologies de liquéfaction – Cas existant

→ Projet de Lidköping



Merci de votre écoute !

GazMétro
la vie en bleu