

ÉTUDE DES VARIANTES

Valorisation de Biogaz

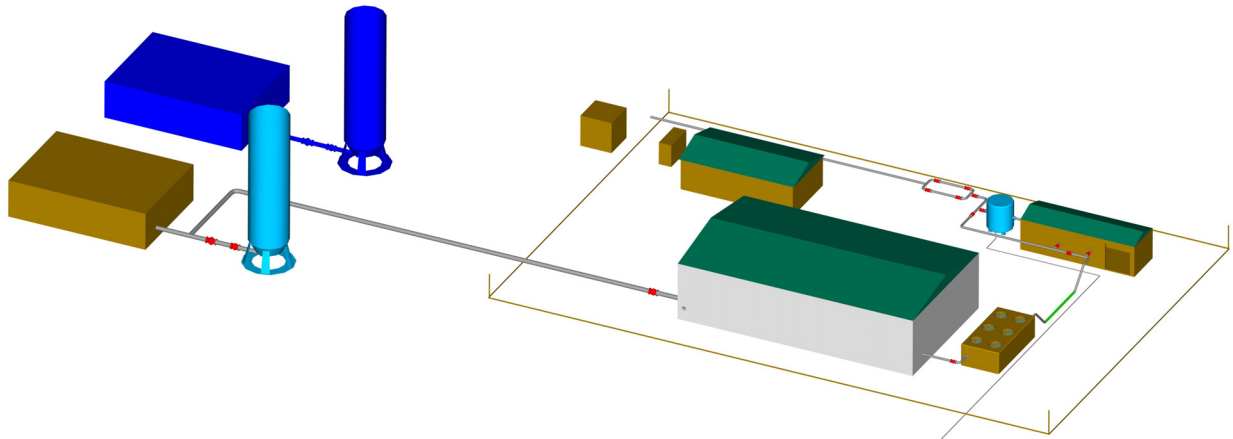
Ste-Sophie

Gaz Métropolitain

Claude Doré, ing., directeur de projet

Préparée par : _____
Michel Côté, tech.

Vérifiée par : _____
David Johnston, ing.



25 juin 2002

02714-00 Révision 01

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	4
2. OBJET.....	4
3. CODES ET NORMES.....	4
4. BÂTIMENTS ET TERRASSEMENT.....	5
5. COMPRESSEURS	6
5.1. Général.....	6
5.2. Entraînement électrique.....	6
5.3. Robustesse.....	6
5.4. Coûts d'achat.....	6
5.5. Livraison	7
5.6. Moteurs à biogaz.....	7
6. INFILTRATION D'AIR	7
7. RÉFRIGÉRATION ET CONDENSATION.....	7
8. RÉFRIGÉRATION CONDENSATION	8
9. CONTRÔLE ET TÉLÉMÉTRIE	8
9.1. Le contrôle du procédé	9
9.1.1. La régulation de pression et le contrôle des compresseurs.....	9
9.1.2. Le contrôle du refroidisseur et de la réfrigération	10
9.1.3. Synchronisation entre les soufflantes et les compresseurs	10
9.1.4. Arrêt d'urgence de la station de compression.....	10
9.1.5. Panneau de contrôle local	10
9.2. La télémétrie.....	10
9.2.1. L'information pour le CCR	11

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	1

9.2.2.	Le lien de communication avec le CCR	11
10.	MESURAGE.....	11
11.	ODORISATION	12
12.	GAZODUC	12
13.	TUYAUTERIE ET VALVES.....	12
13.1.	Tuyauterie.....	13
13.2.	Valves d’arrêt, d’urgence, de contrôle et d’évent	14
13.2.1.	Valves d’arrêt de sûreté et d’urgence	14
13.2.2.	Valves de contrôle.....	14
13.2.3.	Valve d’évent	15
13.2.4.	Autres	15
14.	ÉLECTRICITÉ.....	16
14.1.	Scénario A.....	16
14.1.1.	Fourniture électrique	16
14.1.2.	Unités de compression.....	16
14.1.3.	Distribution 600 V.....	16
14.1.4.	Distribution 120 V.....	16
14.1.5.	Instrumentation et contrôle hors procédé	16
14.1.6.	Estimation des coûts.....	16
14.2.	Scénario B.....	17
14.2.1.	Estimation des coûts.....	17
14.3.	Scénario C1.....	17
14.3.1.	Estimation des coûts.....	17
14.4.	Scénario C2.....	17
14.4.1.	Fourniture électrique	17
14.4.2.	Unités de compression.....	17
14.4.3.	Distribution 600 V.....	18
14.4.4.	Distribution 120 V.....	18
14.4.5.	Instrumentation et contrôle hors procédé	18
14.4.6.	Estimation des coûts.....	18
14.5.	Scénario D.....	18
14.5.1.	Estimation des coûts.....	18
14.6.	Scénario E.....	18
14.6.1.	Estimation des coûts.....	18

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	2

15. COÛTS.....	19
15.1. Coût en capital.....	19
15.2. Coût.....	19
16. SÉLECTION FAVORISÉE	20

ANNEXE A: Coût capital

ANNEXE B: Coût énergie et entretien

ANNEXE C: Rapport de Gemini

ANNEXE D: Biogaz débit et caractéristiques

ANNEXE E: Croquis et Dessins

ANNEXE F: Comparaisons

ANNEXE G: Soumissions Ro-Flo

ANNEXE H: Photos

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	3

1. INTRODUCTION

Une importante quantité de biogaz est actuellement produite par Intersan inc., au lieu d'enfouissement technique (L.E.T.) Ste-Sophie, situé à 13 km de St-Jérôme (Québec). Un réseau de captation, en service depuis 1992, assure une production de biogaz. Depuis 1997, Intersan applique la technique de recirculation du lixiviat, ce qui contribue à une augmentation de la production et de la qualité du biogaz.

Cascades inc. exploite l'usine de Papiers Rolland à St-Jérôme dont les besoins en énergie concordent avec la capacité de captation du biogaz à Ste-Sophie. Gaz Métropolitain a assumé le rôle de promoteur d'un projet de valorisation de biogaz.

Dans un énoncé d'envergure émis le 8 mai 2002, les caractéristiques techniques et les dimensions d'un projet de valorisation du biogaz ont été précisées. Par la suite, la présente étude de variantes a été entreprise pour permettre la sélection d'équipement approprié.

2. OBJET

Ce rapport vise à décrire les principales variantes techniques afin de permettre à Gaz Métropolitain de choisir la variante la plus économique et la plus performante.

3. CODES ET NORMES

Le code principal pour le présent mandat est :

CAN/CGA-B105-M93 Code régissant les systèmes utilisant les gaz de digestion et les gaz de rebuts.

Les autres codes et normes applicables sont :

- a) C22.10-99 Code de l'électricité
- b) CAN/CSA Z662.00 Oil & Gas Pipeline Systems
- c) CSA B149.1-00 Code d'installation de gaz naturel
- d) CSA B149.3-00 Code d'approbation sur place des composants relatifs au combustible des appareils et équipements
- e) CGA 3.9-M94 Automatic Safety Shut-off Valves
- f) CAN/CSA Z245.15 Steel Valves
- g) A.23,1-00 Béton, constituant et exécution des travaux
- h) A.23,3-94 Conception des structures en béton armé
- i) 516.1-94 Conception des structures en acier
- j) 1995 Code national du bâtiment

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	4

- k) 1990 Supplément au Code national du bâtiment

4. BÂTIMENTS ET TERRASSEMENT

Les bâtiments proposés pour l'électricité et les compresseurs sont en acier structural. La toiture est composée d'un pontage métallique sur poutrelles. Les poutrelles reposent sur des poutres qui, elles-mêmes, reposent sur des colonnes en acier. Les murs sont composés de panneaux métalliques prépeints, les trois murs sont de type qui s'ouvrent au cas où il y aurait déflagration et le quatrième est retenu par des entremises. Les fondations intérieures sont de type isolé et la fondation périphérique est un mur de béton à 1 500 mm de profondeur au-dessous du niveau du sol pour le protéger contre le gel. La dalle du rez-de-chaussée et une dalle de béton de 125 mm armée d'un treillis métallique. Les murs et le toit sont isolés thermiquement. La toiture est recouverte d'une membrane d'étanchéité. Le bâtiment des compresseurs sera muni de poutres, de treuils et d'une porte de garage pour manipuler et sortir les compresseurs et moteurs. Une salle de toilette est prévue dans le bâtiment électrique.

Le terrassement proposé est une surface de 1 350 m² (± 30 x 45 m) composée d'une sous-fondation de 600 mm de sable type MG-112 et d'une fondation de 300 mm de pierre concassée type MG-20. Le drainage du site consisterait en un fossé périphérique se jetant dans un fossé existant à proximité du site retenu. Le site serait clôturé avec une clôture de type à maille de chaîne de 1,8 mètres de hauteur incluant une barrière double pour l'accès au terrain.

Pour les services d'aqueduc et d'eau usée de la salle de toilette du bâtiment électrique, nous proposons un réservoir d'eau de service d'environ 3 000 litres avec pompe et réservoir à membrane ainsi qu'un réservoir de rétention des eaux usées d'environ 3 000 litres avec flotte de contrôle de haut niveau.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	5

5. COMPRESSEURS

5.1. Général

Deux types de compresseurs pourraient être employés. Les avantages de chaque type dépendent de la pression requise, du degré de redondance, du coût en capital, du coût d'entretien et de la longévité. Les compresseurs de type à vis rotative sont représentés par la marque **Howden**, alors que les compresseurs de type pales rotatives sont représentés par la marque **Ro-Flo**. (Voir annexe C pour Howden et annexe G pour Ro-Flo)

Les deux types ont déjà été employés pour le biogaz en provenance de sites d'enfouissement. Ils sont aussi tous les deux protégés contre la corrosion car il baignent dans l'huile. Les unités Ro-Flo sont limitées à 60 psig et, par conséquent, aux scénarios C, D et E.

5.2. Entraînement électrique

Pour les études de Gemini, des compresseurs Howden de 800 hp ont été privilégiés. Toutefois, des moteurs qui dépassent 250 hp exigent l'alimentation électrique à 4,16 kV, ce qui entraîne des coûts supplémentaires substantiels. Par conséquent, lors de la prochaine étape du projet, il conviendrait d'examiner des compresseurs Howden de 300 kW (400 hp) ou 225 kW (300 hp).

En ce qui concerne les unités Ro-Flo, l'entraînement par moteur électrique à 600 V est normal.

5.3. Robustesse

Les compresseurs à vis rotatives sont fabriqués, selon les normes A.P.I. et peuvent fonctionner pendant environ 25 ans et plus avec peu d'entretien. Les Ro-Flo ne sont pas fabriqués selon les normes A.P.I. Quoique leur espérance de vie soit assez longue (15 à 25 ans), ils auront besoin d'entretien majeur à intervalles de 2 à 5 ans, principalement pour réusinier les pales.

5.4. Coûts d'achat

Les coûts en immobilisation sont comparables. Par exemple, pour le scénario C, deux unités Howden d'une capacité de 60 % chacune coûteraient environ 1 000 000 \$, alors que cinq unités Ro-Flo avec une capacité de 25 % chacune coûteraient 1 072 200 \$. D'autres facteurs comme l'alimentation électrique et le nombre de valves sont importants dans l'évaluation (voir annexe A), et donne l'avantage de façon significative aux compresseurs Ro-Flo.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	6

5.5. Livraison

Les délais de livraison restent à vérifier, mais pourront être aussi rapides que 12 semaines pour les unités de l'ordre de 250 hp de Ro-Flo.

5.6. Moteurs à biogaz

Les moteurs à biogaz sont disponibles (Waukesha et Caterpillar) mais ne sont pas recommandés. Les désavantages sont :

- Coût en capital supérieur (environ 1 000 000 \$, voir annexe C)
- Coût d'installation supérieur (environ 100 000 \$, voir annexe C)
- Coût d'énergie supérieur (515 674 \$ annuel en comparaison à 319 372 \$ pour les moteurs électriques, voir annexe B scénario C1/C2)
- Problèmes d'entretien associés aux composantes chimiques variables dans le biogaz.

6. INFILTRATION D'AIR

Le biogaz de Ste-Sophie contient en moyenne 11,7 % d'azote et 3,6 % d'oxygène. Ensemble, ces deux éléments représentent 15,3 % du total du produit à transporter à St-Jérôme.

L'azote et l'oxygène proviennent principalement des infiltrations d'air dans le système de collecte de biogaz d'Intersan. Il est recommandé de faire des relevés pour établir le profil de pression dans le système de collecte afin de déterminer la provenance de l'air. Entre autres, il est possible que les infiltrations soient réduites par un contrôle du vide du côté succion des soufflantes Lamson. (Voir discussion à l'annexe C).

7. RÉFRIGÉRATION ET CONDENSATION

Le refroidissement est requis pour deux raisons :

1. Pour éviter de chauffer les traverses de routes (danger de formation de glace en hiver).
2. Pour provoquer la condensation de l'eau dans le biogaz afin de prévenir la formation d'eau condensée dans les tuyaux d'acier (l'eau libre en contact avec le CO₂ produit de l'acide carbonique).

Le refroidissement sera réalisé avec des refroidisseurs glycol/air à l'extérieur. La température ambiante en été permet d'atteindre une température de 44 °C.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	7

Le circuit de refroidissement est expliqué au croquis 3 à l'annexe E.

8. RÉFRIGÉRATION CONDENSATION

Une unité de réfrigération sera installée pour descendre la température de 44 °C à 4 °C (soit 1 °C inférieur à la température du gaz dans la conduite souterraine). L'eau sera condensée dans un condensateur après la réfrigération, et le biogaz sera considéré comme gaz sec pour le transport jusqu'à St-Jérôme.

L'eau de condensat sera retournée au bioréacteur par gravité. L'unité de réfrigération se sert de propane comme réfrigérant. Un compresseur de 117 hp fait partie de l'unité. L'unité de réfrigération sert aussi à extraire l'huile de lubrification des compresseurs principaux.

9. CONTRÔLE ET TÉLÉMÉTRIE

Cette section présente les principales orientations des automatismes de la station de compression à Ste-Sophie. Étant donné qu'un certain nombre d'éléments concernant le procédé ne sont pas encore définis, nous avons établi des hypothèses de travail pour aborder le contrôle du procédé. Les hypothèses de travail sont les suivantes :

- i) Le poste de compression sera autonome. Les séquences de contrôle seront exécutées par un automate programmable local. Même si aucun contrôle à distance n'est prévu pour l'instant, ce genre d'opération est facile à ajouter aux séquences de contrôle, et peu coûteux.
- ii) Les automatismes des soufflantes peuvent envoyer ou recevoir des informations du système de contrôle et de télémessure situé dans la station de compression. Ces informations doivent permettre la synchronisation de l'ensemble du procédé.
- iii) Les informations du procédé seront envoyées au Centre de conduite de réseau de Gaz Métropolitain.
- iv) Les équipements de contrôle et de télémessure doivent être compatibles avec les équipements de Gaz Métropolitain.
- v) Les automatismes internes des compresseurs sont exécutés par des automates fournis par le fabricant des compresseurs. Toutefois, ces automates doivent pouvoir communiquer avec le système de contrôle et de télémessure.
- vi) Johnston Vermette n'est pas responsable du poste à l'entrée du client de Gaz Métropolitain. Cependant, il faut noter qu'une certaine coordination de la logique de contrôle entre le site de compression et le poste du client est nécessaire, surtout lorsqu'il faut injecter du gaz naturel dans la ligne du client.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	8

9.1. Le contrôle du procédé

Le principe d'opération favorisé à cette étape du projet est le suivant :

- La pression de sortie du poste sera constante à une variation de débit entre zéro (0) et 10 000 m³/h. Le débit maximal du gaz est défini dans le document « Énoncé d'envergure ».
- Il est probable que le client de SCGM dépassera la consommation maximale que le site de compression peut fournir; dans un tel cas, Gaz Métropolitain fera le nécessaire pour fournir le gaz manquant.
- Une série d'autres automatismes seront disponibles pour supporter une logique sécuritaire d'opération du poste de compression. La conception de ces automatismes sera faite lorsque les compresseurs auront été choisis.

9.1.1. La régulation de pression et le contrôle des compresseurs

La régulation de pression à la sortie du poste sera faite par une vanne qui peut être contrôlée de 0 à 100 % d'ouverture. Un contrôleur P&ID permettra de contrôler le degré d'ouverture de la vanne en fonction de la consigne de pression. Cette opération se traduira par une pression fixe à la sortie de la station, malgré les variations de débit du gaz. La consigne de pression à maintenir pourra être modifiée par le personnel responsable de l'exploitation.

L'algorithme de la régulation de pression devra tenir compte des compresseurs, selon le nombre de compresseurs utilisés et selon leur logique d'opération. On peut identifier, dans cette première approche, trois paramètres : la capacité de compression, le départ d'un compresseur et l'arrêt d'un compresseur. Même si ces équipements seront munis de leurs propres automates, il faut prévoir que certaines opérations, comme les départs et les arrêts, seront initialisés par l'automate principal du site.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	9

9.1.2. Le contrôle du refroidisseur et de la réfrigération

Cet automatisme consiste à démarrer et à arrêter le refroidisseur et la réfrigération en fonction d'une échelle de température du gaz. De plus, cet équipement doit être arrêté par la procédure d'arrêt d'urgence de la station de compression. Dans le cas où plusieurs refroidisseurs seraient utilisés, la séquence de contrôle serait un peu plus élaborée, mais elle utilisera à la base les mêmes paramètres d'opération.

9.1.3. Synchronisation entre les soufflantes et les compresseurs

Il est probable qu'il faudra établir des procédures automatiques pour adapter le fonctionnement des compresseurs à celui des soufflantes. Nous attendrons la sélection des compresseurs avant d'élaborer une stratégie à ce sujet.

9.1.4. Arrêt d'urgence de la station de compression

Cette procédure a pour but d'isoler la station de compression en cas de problème de sécurité dans les opérations. Les éléments de base de cette procédure sont la détection de gaz, la détection d'incendie et des boutons d'arrêt d'urgence à action manuelle.

9.1.5. Panneau de contrôle local

Le panneau de contrôle local sera installé dans l'armoire de la Salle de télémétrie et contiendra tous les équipements nécessaires aux opérations automatiques. De plus, il arborera les boutons poussoirs et les indications lumineuses pour opérer la station de compression.

Il faut noter qu'aucune interface d'opération basée sur des ordinateurs n'est prévue à cette étape-ci de la conception du système. Cela veut dire que ni les alarmes ni les mesures en temps réel ne seront disponibles, sur format graphique ou autre, sur le site de compression. Cette approche peut être modifiée si les considérations économiques le permettent et si le besoin s'en fait sentir.

9.2. La télémétrie

Le but de la télémétrie est d'informer Gaz Métropolitain sur l'état de fonctionnement du poste de compression. Les informations seront envoyées directement au Centre de conduite de réseau (CCR) au siège social de SCGM. L'acquisition de données dans le poste sera faite par l'unité Bristol, équivalente à celles que Gaz Métropolitain utilise dans ses postes de livraison. Cette approche permet d'intégrer le poste de Ste-Sophie au système SCADA de SCGM sans difficulté.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	10

9.2.1. L'information pour le CCR

Les informations suivantes seront envoyées au CCR :

- La pression de sortie du poste.
- Les pressions de chaque rampe de mesurage.
- La température du gaz dans chaque rampe de mesurage.
- Le débit corrigé du gaz.
- Le volume horaire pour les 24 heures de la journée.
- Le gigajoule horaire pour les 24 heures de la journée.
- Les alarmes du procédé.

Nous préparerons la base des affichages graphiques pour le CCR. Cette information sera fournie à GMI sous le format des fichiers BMP pour faciliter l'intégration au système Genesis au CCR. Il faut noter que l'intégration finale de l'information au CCR est la responsabilité du SCGM.

9.2.2. Le lien de communication avec le CCR

Le lien de communication qui relie la station de compression au CCR sera un lien dédié, asynchrone et à une vitesse de communication 9600 bauds. Ce lien est identique à ceux utilisés par SCGM dans le réseau de son système SCADA. Bien entendu, la définition finale de ce lien sera faite avec la collaboration de SCGM afin de trouver le meilleur compromis possible pour intégrer la station de compression au réseau SCADA.

10. MESURAGE

Les appareils de mesure installés dans la station de compression le seront en fonction du contrôle du procédé et de la sécurité d'opération de la station. Le dessin « Contrôle et Télémétrie » montre l'agencement préliminaire de l'installation des équipements de mesure.

Le poste compte deux rampes de mesurage, ce qui permet d'assurer l'opération continue du poste malgré des défauts d'équipement ou des opérations d'entretien. Chaque rampe est équipée d'un capteur de pression, d'un capteur de température ainsi que d'une turbine. Cet équipement permet de mesurer le débit du poste en temps réel.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	11

Un capteur de pression est prévu après la vanne de régulation afin d'exécuter les opérations de régulation de pression à la sortie du poste.

Le contrôle du refroidisseur sera fait à l'aide des capteurs de température.

Un analyseur d'oxygène est prévu dans la configuration actuelle. Cet équipement est nécessaire pour la détection d'oxygène dans le gaz. Il est probable que l'analyseur d'oxygène sera fourni avec les soufflantes; dans un tel cas, le signal de cet appareil sera utilisé. L'utilisation de cet appareil est primordiale pour la sécurité des opérations, parce que la concentration d'oxygène dans le gaz peut favoriser les risques d'explosion.

Pour obtenir la mesure du débit corrigé en m³/h et l'énergie vendue au client en gigajoules, il est nécessaire de connaître la composition du gaz : CO₂, N₂ et gravité spécifique. Selon le degré de précision voulu pour ces mesures, deux méthodes peuvent être considérées : l'utilisation d'un chromatographe ou l'utilisation d'un appareil qui mesure le kilowatt une fois qu'il a été exposé à une flamme alimentée par le gaz. Sur ce point, aucune décision finale ne sera prise à cette étape du développement du projet. Toutefois, les calculs budgétaires seront faits avec l'utilisation d'un chromatographe adapté à l'analyse du biogaz.

11. ODORISATION

Une unité d'odorisation sera installée à la sortie des compresseurs afin de donner au biogaz la senteur spécifique du gaz naturel.

12. GAZODUC

Le gazoduc de 13,2 km rejoindra Ste-Sophie à l'usine Rolland de Cascades à Saint-Jérôme. La conception des gazoducs sera faite directement par Gaz Métropolitain. Les tubes en acier de catégorie à résister au soufre ont été évalués, ainsi que les tubes en polyéthylène, de diamètres de 6, 8, 10, 12 et 16 pouces. Ce sont les tubes en acier qui sont priorisés. Les coûts figurent à l'annexe A.

13. TUYAUTERIE ET VALVES

Les tuyaux, raccords et valves seront conçus selon les exigences des codes Z662.00 et Z245, sections applicables pour le gaz et la présence de soufre.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	12

13.1. Tuyauterie

Pour tous les scénarios, on distingue trois classes principales de tuyaux et de valves, selon les conditions d'opération (pression, température et corrosion) :

Classe A : Succion des compresseurs

Les pressions et températures étant relativement basses (± 1 psig et $50\text{ }^{\circ}\text{C}$), le critère principal pour la sélection des matériaux est la compatibilité des matériaux avec la présence élevée de H_2S , de CO_2 et d'eau pouvant former de l'acide sulfurique et de l'acide carbonique.

Les valves et tuyaux adjacents seront également soumis aux vibrations induites par le régime variable du ou des compresseurs et aux fluctuations élevées de débit.

Pour les tuyaux de cette classe, l'acier inoxydable, grade 316L est privilégié; les épaisseurs de paroi seront de calibre 10 (schedule 10) et les brides seront de classe #150 (référence CAN/CGA B105-M93 article 7.3.1.3).

Pour les valves principales, celles-ci seront de type à bille, pleine ouverture. Le corps de ces valves pourra être en acier carbone, mais toutes les pièces internes devront être en acier inoxydable. Les sièges devront être compatibles avec les caractéristiques du biogaz.

Classe B : Refoulement des compresseurs

Ce réseau de tuyauterie est localisé entre la section aval des compresseurs et la portion amont du séparateur. Selon les scénarios, les pressions élevées (de 190 à 1460 kPag) combinées aux températures élevées (de $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $330\text{ }^{\circ}\text{C}$) et la présence de H_2S , de CO_2 et d'eau, privilégient l'emploi de l'acier inoxydable 316L pour les tuyaux. Pour cette section de tuyauterie, les tuyaux auront une épaisseur minimum de calibre 40, et les brides de classe #150. Pour le scénario A (1460 kPag à $330\text{ }^{\circ}\text{C}$), la tuyauterie devra être de calibre 80 et les brides et valves de classe #300.

Les valves principales pour cette portion de réseau seront de type « papillon » avec corps en acier inoxydable et sièges métalliques. Des valves d'évent manuelles seront disposées entre les différents équipements et les valves papillon afin d'éliminer les risques d'accumulation de biogaz (hausse de pression) durant les travaux majeurs d'entretien du système de refroidissement.

Pour tous les scénarios, et selon l'aménagement, une étude de contraintes (stress analysis) est recommandée pour cette classe de tuyauterie soumise principalement à de très hautes températures. Des tuyaux d'épaisseur de calibre 80 seront probablement requis pour des températures supérieures à $190\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'acier inoxydable ayant un coefficient d'expansion supérieur de 40 % par rapport à l'acier carbone.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	13

Cette classe de tuyauterie devra être également revêtue d'isolation thermique pour « protection personnelle ». L'épaisseur de l'isolant sera calculée selon le critère de température maximale de 60 °C à la surface de l'isolant. L'isolant sera de type rigide, préformé selon les diamètres de tuyaux et types de raccords utilisés. L'isolant sera d'une épaisseur comprise entre 1-1/2" et 2-1/2" et revêtu d'une tôle d'aluminium. Les tuyaux se trouvant à plus de 2,2 mètres de haut, ou jugés non accessibles pour la protection personnelle, ne seront pas isolés.

Classe C :

Cette portion se situe en aval du séparateur et comprend également le gazoduc projeté d'une longueur de 13,2 km.

Les températures du biogaz étant maintenant refroidies à 4 °C, et le contenu d'eau ayant été abaissé, l'emploi de l'acier au carbone est privilégié. Les épaisseurs de paroi seront de calibre #40 et les brides de classe #150. Les valves principales du poste de mesurage et du poste ESDV (en amont du gazoduc) seront de type à bille, pleine ouverture avec des sièges et pièces internes compatibles avec les caractéristiques du biogaz. La tuyauterie sera peinte à l'aide d'une couche d'apprêt et de deux couches de finition de peinture à l'époxyde.

13.2. Valves d'arrêt, d'urgence, de contrôle et d'évent

13.2.1. Valves d'arrêt de sûreté et d'urgence

La figure B-1 du code CAN/CGA B105-M93 impose un robinet d'arrêt de sûreté automatique à la succion de chaque compresseur conformément à la norme CAN/CGA 3.9 « Robinet d'arrêt de sûreté automatique pour le gaz ». La principale contrainte est que ces robinets doivent se fermer complètement dans un délai maximal de deux (2) secondes. (Référence article 2.2.1 et définitions de la section 4).

Les actionneurs électriques pour des valves quart de tour de diamètre supérieur à 2" ne peuvent respecter ce critère de fermeture de deux secondes. Des actionneurs de type pneumatique/ressort sont donc requis pour les valves d'arrêt de sûreté et la valve d'arrêt d'urgence localisée à la sortie du poste de mesurage (en amont du gazoduc).

La source pneumatique qui maintient ces valves en position « ouverte » (fermeture sur défaut) sera conçue à l'aide d'un réseau raccordé à des cylindres d'azote comprimé à 700 kPa. Un monostat de basse pression raccordé au système de télémétrie déclenchera une alarme pour indiquer le changement des cylindres d'azote comprimé. Un cylindre de réserve assurera l'autonomie du système pour trois (3) jours.

13.2.2. Valves de contrôle

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	14

Dans le but d'éviter les changements excessifs des cylindres d'azote comprimé, les valves de contrôle seront munies d'actuateurs électriques. Ces actuateurs pourront ajuster l'ouverture des valves afin de balancer les pressions/débits aux points de consigne pré-établis. Une valve de contrôle est prévue pour diriger l'excès de biogaz non consommé vers la torchère existante et une autre valve pour les eaux contaminées du séparateur.

13.2.3. Valve d'évent

La succion des compresseurs étant déjà reliée à la torchère existante, une autre valve d'évent automatique est prévue pour dépressuriser le côté refoulement / refroidissement entre l'aval des compresseurs jusqu'au poste de mesurage / livraison du site. Cette nouvelle ligne d'évent sera dirigée dans l'atmosphère.

13.2.4. Autres

Eau de condensation : une conduite de 2" de diamètre provenant du séparateur sera dirigée vers le réseau existant du lixiviat du bioréacteur, via un pot de purge et un système de pompage.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	15

14. ÉLECTRICITÉ

14.1. Scénario A

14.1.1. Fourniture électrique

Ce scénario consiste en 4 unités de compression de 800 HP. La fourniture d'électricité se fera à l'aide d'une sous-station à 4.16 kV. La tension d'alimentation des moteurs des compresseurs sera de 4,16 kV, 3 phases, 60 Hz.

14.1.2. Unités de compression

Un des moteurs de compresseur sera alimenté à partir d'un variateur de vitesse de façon à pouvoir moduler le débit du gaz. Les autres moteurs de compresseur seront alimentés via des démarreurs à tension réduite.

14.1.3. Distribution 600 V

La distribution 600 V sera composé d'un CCM qui servira à l'alimentation des charges motrices ainsi que les moteurs de compresseur. Une génératrice sera placé en relève sur le transformateur 600 V/120-208 V pour que les utilités puissent continuer à fonctionner (éclairage, chauffage, panneau de contrôle, automate, etc.) en cas de panne électrique.

14.1.4. Distribution 120 V

Un panneau de distribution 120 V/208 V servira à l'alimentation des charges utilitaires ainsi que des actuateurs électriques des vannes du procédé. Un UPS servira de relève pour certaines charges telles que le panneau de l'automate.

14.1.5. Instrumentation et contrôle hors procédé

Les bâtiments de compression et électrique seront équipés de détecteurs de gaz CH₄ ainsi que d'un système d'alarme incendie et intrusion selon les standard de Gaz Métropolitain.

14.1.6. Estimation des coûts

L'estimation des coûts de construction (matériel et main-d'œuvre) pour ce scénario est de **1 674 373 \$**.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	16

14.2. Scénario B

Le scénario B est identique au scénario A à l'exception du nombre de compresseurs qui sera de 3 unités de 800 hp.

14.2.1. Estimation des coûts

L'estimation des coûts de construction (matériel et main-d'œuvre) pour ce scénario est de **1 568 030 \$**.

14.3. Scénario C1

Le scénario C est identique au scénario A à l'exception du nombre de compresseur qui sera de 2 unités de 800 hp.

14.3.1. Estimation des coûts

L'estimation des coûts de construction (matériel et main-d'œuvre) pour ce scénario est de **1 461 688 \$**.

14.4. Scénario C2

14.4.1. Fourniture électrique

Ce scénario consiste en quatre unités de compression de 250 hp. Pour des moteurs de 250 HP, il n'y aura pas besoin d'alimentation électrique à 4,16 kV. La fourniture d'électricité se fera à l'aide d'un transformateur sur socle 25 kV/600 V de 1500 kVA.

14.4.2. Unités de compression

Cinq alimentations de compresseurs sont prévues. Il y aura quatre compresseurs en service continu et un cinquième en réserve. Le compresseur de relève sera interverrouillé de façon à ne pas pouvoir fonctionner en même temps que les trois autres. Le moteur d'un des compresseurs en service continu sera alimenté à partir d'un variateur de vitesse de façon à pouvoir moduler le débit du gaz tandis que les autres seront démarrés à l'aide de démarreurs à tension réduite pour réduire les effets du démarrage sur la ligne d'Hydro-Québec. Le moteur du compresseur de relève sera également alimenté à partir d'un démarreur à tension réduite.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	17

14.4.3. Distribution 600 V

La distribution 600 V sera composée d'une armoire de commutation de 2000 A et d'un CCM qui servira à l'alimentation des compresseurs et des charges motrices ainsi que de toutes les autres charge à 600 V (chauffage, transformateurs, ...). Une génératrice alimentera le transformateur 600 V/120-208 V en cas de panne électrique pour que les utilités puissent continuer à fonctionner (éclairage, chauffage, panneau de contrôle, automate, etc.).

14.4.4. Distribution 120 V

Un panneau de distribution 120 V/208 V servira à l'alimentation des charges utilitaires ainsi que des actuateurs électriques des vannes du procédé. Un UPS servira de relève pour certaines charges telles que le panneau de l'automate.

14.4.5. Instrumentation et contrôle hors procédé

Les bâtiments de compression et électrique seront équipés de détecteurs de gaz CH₄ ainsi que d'un système d'alarme incendie et intrusion selon les standards de Gaz Métropolitain.

14.4.6. Estimation des coûts

L'estimation des coûts de construction (matériel et main-d'œuvre) pour ce scénario est de **636 163 \$**.

14.5. Scénario D

Le scénario D est identique au scénario C2 à l'exception du nombre de compresseurs qui sera de 3 unités de 250 hp en service continu et un 4^e en relève.

14.5.1. Estimation des coûts

L'estimation des coûts de construction (matériel et main-d'œuvre) pour ce scénario est de **600 735 \$**.

14.6. Scénario E

Le scénario D est identique au scénario C2 à l'exception du nombre de compresseurs qui sera de 2 unités de 250 hp en service continu et un 3^e en relève.

14.6.1. Estimation des coûts

L'estimation des coûts de construction (matériel et main d'œuvre) pour ce scénario est de **565 962 \$**.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	18

15. COÛTS

15.1. Coût en capital

Les coûts en immobilisation sont à l'annexe A. Ils varient de 7 409 484 \$ pour le scénario C2 (10 pouces) à 9 259 817 \$ pour le scénario E (16 pouces).

15.2. Coût

Les coûts d'opération dépendent principalement du coût d'énergie électrique ainsi que du coût d'entretien annuel (voir annexe B). Le total de ces coûts varie de 781 351 \$ par année pour le scénario A à 365 092 \$ par année pour le scénario E.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	19

16. SÉLECTION FAVORISÉE

Suite à l'analyse des données, notre attention se dirigera donc vers le scénario D. Bien que le coût total en capital du scénario D soit légèrement supérieur au scénario C2, c'est surtout le coût d'opération annuel qui dicte notre sélection, la différence en capital étant absorbée dès la première année.

Le coût en capital du scénario D est :

Gazoduc	3 084 315 \$
Poste de compression	<u>4 285 596 \$</u>
Total capital	7 369 911 \$

Le coût d'opération du scénario D est :

Coût annuel d'électricité	244 658 \$
Coût annuel d'entretien	<u>188 800 \$</u>
Total opération	433 458 \$

Le scénario D prévoit la construction d'un gazoduc de 12 pouces en acier. La compression sera réalisée avec 3 compresseurs de 250 hp de marque Ro-Flo. Un quatrième compresseur assurera la relève.

Le biogaz sera refroidi avec un refroidisseur glycol/air extérieur jusqu'à une température de 44 °C. Une unité de réfrigération amènera la température jusqu'à 4 °C, ce qui permettra d'extraire de l'eau comme condensat.

Le service d'électricité sera à 600 V, ce qui évite le coût d'un transformateur à 4,16 kV.

Le contrôle de débit sera réalisé localement, principalement par le contrôle de la pression de refoulement. Des contrôles seront aussi conçus pour moduler l'entrée de gaz, surveiller les soufflantes et l'incinérateur, et pour gérer les compresseurs et la réfrigération. La télémétrie permettra de surveiller la livraison à l'usine de Cascades, et les données seront transmises au Centre des conduites du réseau de Gaz Métropolitain.

L'efficacité énergétique pourrait être améliorée d'environ 15 % par un contrôle d'infiltration d'air en amont des soufflantes d'Intersan. Il est recommandé de faire une étude à ce sujet.

Gaz Métropolitain	Doc.	Rév.	Page
Biogaz Ste-Sophie - Étude des variantes	02714-00-EP-01	01	20