

Projet de construction d'un complexe de liquéfaction de gaz naturel à Saguenay par GNL Québec inc.

Mémoire relatif au rapport préliminaire d'analyse
environnementale de cycle de vie du terminal de
liquéfaction de gaz naturel du Saguenay préparé par le
CIRAIG pour GNL Québec en janvier 2019

Version 3

Réjean Villeneuve

Octobre 2020

Version 3

Table des matières

1. Sommaire	1
2. Introduction	1
3. Interprétation des résultats de l'AECV.....	2
3.1. Approche.....	2
3.2. PHASE I DE L'AECV : DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DU CHAMP DE L'ÉTUDE	3
3.3. PHASE II DE L'AECV : ANALYSE DE L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE	5
3.4. PHASE III DE L'AECV : ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE.....	5
3.5. PHASE IV DE L'AECV : INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	11
4. Mon opinion sur le projet GNL-Québec.....	12
5. Réflexions et considérations relatives au projet de GNL Québec.....	13
5.1. Pourquoi utiliser de l'électricité pour liquéfier ?	13
5.2. Pourquoi liquéfier le gaz naturel.....	14
5.3. Quelle est la pérennité du projet pour le développement du Québec	14
5.4. Les pertes énergétiques.....	16
5.5. Boucler le cycle de vie.....	16
5.6. Utiliser le gaz naturel pour les automobiles	16
5.7. Les fuites de gaz naturel après la fermeture des puits	17
5.8. Une vision économique	17
5.9. Pourquoi produire de l'électricité avec du gaz naturel.....	17
5.10. Pourquoi pas de l'hydrogène avec l'hydroélectricité québécoise	18
5.11. Attention à l'effet rebond	18
5.12. Nos choix comme société	18
6. Interrogations	19
7. Conclusion.....	19
8. Annexes.....	19
8.1. Annexe 1 : Liste des processus.....	19
8.2. Annexe 2 : Liste des indicateurs d'impacts utilisés.....	21
8.3. Annexe 3 : Analyse sommaire de la structure de l'AECV tel que présentée	22

1. Sommaire

Ce mémoire vise à porter un jugement sur la pertinence de construire une usine de liquéfaction de gaz naturel et un port méthanier à Saguenay pour alimenter des centrales de consommation de méthane ailleurs dans le monde dans une perspective de changements climatiques et de développement durable.

Pour ce faire, j'ai analysé l'analyse environnementale de cycle de vie (AECV) présentée à l'annexe 2 du rapport d'étude d'impact de GNL-Québec dans une perspective d'une AECV normale soit du berceau au tombeau.

Je crois que le Québec peut réaliser des projets beaucoup plus pertinents que GNL-Québec pour offrir de l'énergie verte à la population dans une perspective de réduction des gaz à effet de serre et de disparition rapide des énergies fossiles.

Les principales raisons qui motivent mon opinion sont présentées au chapitre 5 dont voici un résumé :

- L'énergie électrique prévue pour liquéfier le GNL représente 5,35 milliards de KWh soit environ 1% de la production québécoise d'hydroélectricité. Il serait avantageux d'utiliser cette énergie verte pour réduire la consommation d'énergie fossile plutôt que de l'utiliser à comprimer de l'énergie fossile pour la transporter vers d'autres endroits.
- Si l'on attend que les États-Unis aient consommé leur gaz naturel, nous pourrions leur vendre le nôtre à l'aide de gazoduc sans devoir le liquéfier ce qui permet d'éviter une perte d'énergie de 5 à 10% pour la liquéfaction.
- Il s'agit d'un projet de courte durée soit environ 50 ans. Ce n'est donc pas un projet structurant pour l'économie du Québec à long terme comparativement aux industries forestières et de l'aluminium qui sont là depuis plus de 100 ans et qui seront encore là dans plus de 100 ans. C'est très loin d'un développement **DURABLE**.
- Les pertes de méthane lors des forages, de leur exploitation et particulièrement après la fermeture des puits risquent d'être très importantes et d'émettre énormément de gaz à effets de serre sachant que l'effet de serre d'un gramme de méthane dépasse de 23 à 60 fois celui du CO₂. Les fuites après la fermeture des puits sont souvent au travers du sol et le méthane ne peut donc pas être brûlé ce qui en augmente énormément l'effet de serre et sur une longue période difficile à évaluer.
- Un tel projet risque de ralentir les vraies solutions nécessaires à la disparition des ressources énergétiques fossiles et aux changements climatiques. Par l'effet rebond, les solutions d'énergies renouvelables seront retardées. Si l'énergie fossile est moins disponible, les gouvernements et entreprises devront ainsi se diriger vers des solutions d'énergies renouvelables plus rapidement. Si le Québec se concentre sur les ressources renouvelables et leur utilisation comme les automobiles électriques, il se positionne de façon avant-gardiste. Pensons un peu au futur. Une durée de cinquante ans semble longue, mais c'est relativement court dans l'évolution d'une société. J'ai 65 ans. Ça fait déjà 15 ans que j'ai dépassé 50 ans. Si ce projet avait débuté à ma naissance, ça ferait déjà 15 ans que l'usine serait fermée.

À mon avis, comme choix de société et même au niveau économique, ce n'est pas un choix structurant. Le Québec ne peut pas développer une économie à long terme autour de ce projet. Structurons notre économie sur des valeurs plus sûres et des projets plus intéressants à long terme pour nos enfants.

2. Introduction

Mon mémoire vise à porter un jugement sur la pertinence de construire une usine de liquéfaction de gaz naturel et un port méthanier pour alimenter des centrales de consommation de méthane ailleurs dans le monde dans une perspective de changements climatiques et de développement durable.

Pour ce faire, j'analyse l'AECV présentée à l'annexe 2 du rapport d'étude d'impact de GNL-Québec dans une perspective d'une AECV normale soit du berceau au tombeau. Les informations disponibles se limitent presque exclusivement à la catégorie des changements climatiques. J'aurais aussi aimé discuter de la catégorie d'impacts « utilisation de ressources non renouvelables », car celle-ci représente un intérêt en regard du projet, mais l'information n'est vraiment pas disponible.

Je vais discuter de l'intérêt de construire l'usine de liquéfaction de GNL au Québec sur les bases de ces informations et dans une perspective de développement durable et particulièrement par rapport à la position du gouvernement du Québec de réduire ses émissions de GES.

La structure de présentation de mon mémoire est la suivante :

- Chapitre 3 : Interprétation des résultats de l'AECV
 - Ce chapitre présente les résultats réaménagés de la façon dont une AECV conforme à la norme ISO 14 040 et 14 044 doit être présentée à mon avis, mais seulement pour la catégorie d'impact sur les changements climatiques. Pour avoir lu et produit des AECV, je n'ai jamais vu une structure semblable.
- Chapitre 4 : Mon opinion sur le projet GNL-Québec
- Chapitre 5 : Réflexions et considérations relatives au projet de GNL-Québec
- Chapitre 6 : Interrogations
- Chapitre 7 : Conclusion
- Annexes :
 - Annexe 1 : Liste des processus de GNL du berceau à la tombe
 - Annexe 2 : Liste des indicateurs d'impact utilisés
 - Ceux-ci ont été présentés dans l'analyse de cycle de vie, mais les résultats ne sont pas disponibles.
 - Annexe 3 : Analyse sommaire de la structure de l'AECV telle que présentée.

3. Interprétation des résultats de l'AECV

3.1. Approche

Ce chapitre présente ma compréhension de l'analyse de cycle de vie telle qu'elle aurait dû être présentée.

L'AECV présentée par GNL-Québec permet très difficilement de comprendre et retrouver les impacts environnementaux de la production du gaz naturel du berceau au tombeau. L'annexe 3 discute des résultats du rapport tel que rédigé par le CIRAIQ. La lecture de ces résultats représente un certain effort pour ne pas dire un effort certain afin de pouvoir comprendre l'AECV complète du gaz naturel liquéfié à Saguenay à partir de sa production jusqu'à son utilisation en Europe, Amérique du Sud et Asie. L'information est incomplète et rend l'analyse globale pratiquement impossible. Une grande partie des informations par catégorie d'impact et par processus (étapes de production) n'est tout simplement pas disponible.

Je me suis restreint seulement à l'indicateur « changements climatiques » compte tenu des informations disponibles dans le rapport bien que j'aurais aimé traiter aussi de l'indicateur « utilisation des ressources énergétiques fossiles » qui est un enjeu important de ce projet. J'ai donc fait mon possible dans les limites de mes connaissances pour bien comprendre et déchiffrer le texte et en produire une présentation globale de l'analyse de cycle de vie.

Le CIRAIG présente très bien à l'annexe A (voir p. 1 annexe A) du rapport la méthodologie de l'analyse de cycle de vie qu'elle aurait dû suivre, soit :

- PHASE I DE L'AECV : DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DU CHAMP DE L'ÉTUDE
- PHASE II DE L'AECV : ANALYSE DE L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE
- PHASE III DE L'AECV : ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE
- PHASE IV DE L'AECV : INTERPRÉTATION
- RÉFÉRENCES

Une analyse sommaire de ma compréhension de la structure de l'analyse de cycle de vie présenté à l'annexe 2 du rapport de GNL-Québec est expliquée à l'annexe 3.

3.2. PHASE I DE L'AECV : DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DU CHAMP DE L'ÉTUDE

Voici, ce qu'à mon avis, on aurait dû trouver en ordre, dans l'AECV, dès le début du document. Cependant, la fonction et l'unité fonctionnelle sont présentées à la page 69 seulement, les frontières du système à la page 71. Les informations ne sont pas regroupées et toutes éparpillées dans le texte ce qui complexifie la lecture et la compréhension.

- Le mandat « **Réaliser l'analyse du cycle de vie (AECV) du terminal de liquéfaction de gaz naturel du Saguenay, en considérant l'extraction de ce dernier jusqu'à son utilisation dans les divers marchés visés** »;
- La fonction « **Produire de l'énergie** »;
- Les unités fonctionnelles :
 - Pour la génération de chaleur ou d'électricité :
 - « **Produire 1 kWh d'énergie dans les marchés visés par GNL Québec en 2025** ».
 - Pour le transport :
 - « **Mouvoir un véhicule sur une distance de 1 km dans les marchés visés par GNL Québec en 2025** »
 - L'information relative à cette unité fonctionnelle était vraiment parcellaire. J'ai donc été incapable de la traiter sur la base de l'information disponible.
- Les frontières du système :

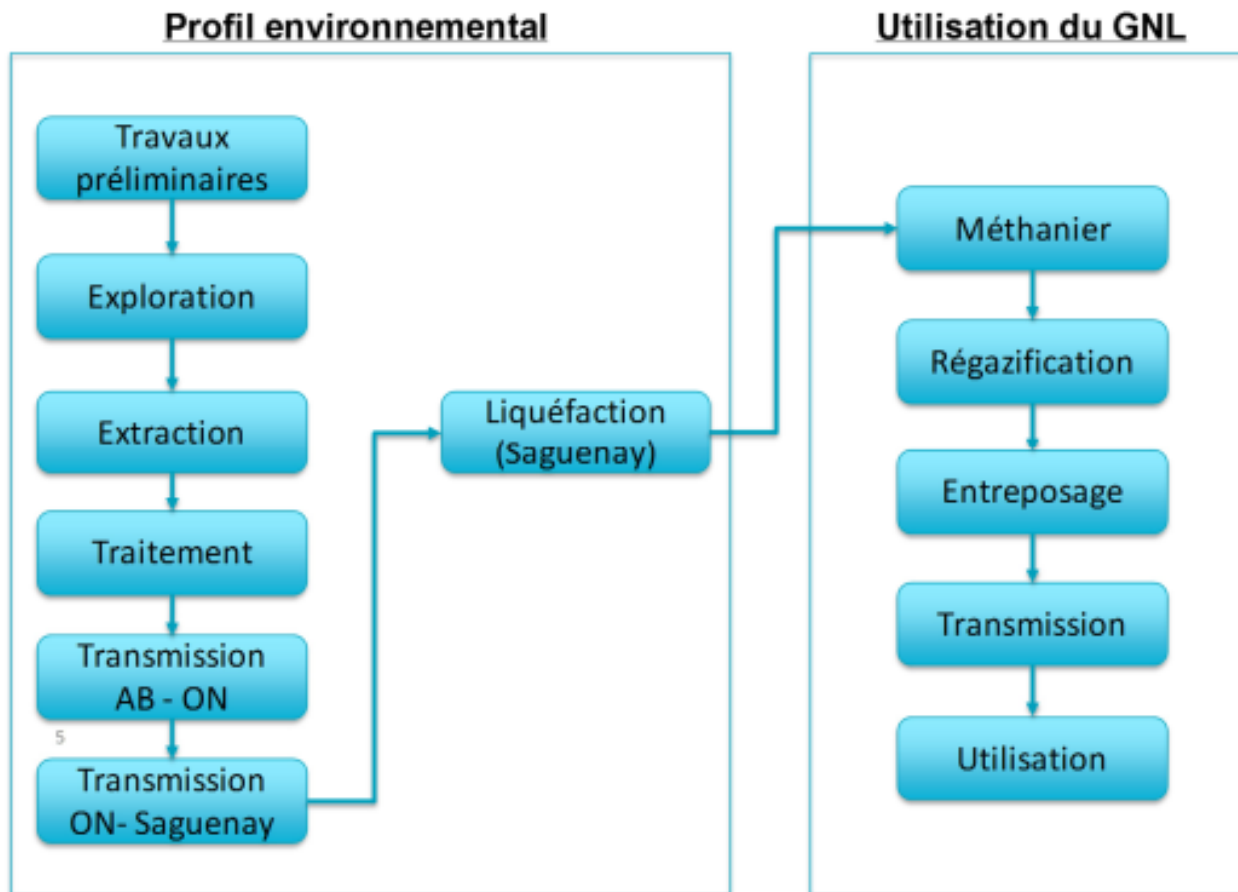


Figure 5-1 : Frontières du système de l'utilisation du gaz naturel

L'unité avec laquelle sont présentés les résultats est importante afin d'en assurer une certaine clarté et cohérence. On retrouve dans le rapport plusieurs unités qui rendent l'interprétation très difficile sans réaliser de conversions d'unités. On retrouve des résultats sous les formes suivantes :

- En MJ;
- En kWh;
- En année de production de l'unité de liquéfaction dont la capacité est exprimée en tm de gaz liquéfié.

Afin de rendre les résultats plus accessibles, ils seront présentés dans les tableaux de résultats 2 à 5 qui suivent avec les unités suivantes:

- Tableau 2. Par MJ d'énergie consommée
- Tableau 3. Par année en considérant la production annuelle de 11 000 000 tm liquide de gaz naturel
- Tableau 4. En équivalent de nombre de voitures-années
- Tableau 5. En pourcentage de la valeur de l'impact total.

Les valeurs par MJ ou années de production sont difficiles à représenter concrètement. Pour faciliter l'interprétation des résultats, j'ai décidé de représenter ceux sur les changements climatiques en quantité équivalente de voiture-année. Pour ce faire, j'ai utilisé la base de données EcoInvent et Simapro (les mêmes outils que le CIRAIG a utilisés) pour obtenir les émissions de GES d'un véhicule moyen roulant 20 000 km durant une année.

J'ai pris la moyenne de 4 résultats dans EcoInvent soit :

- Operation, passanger car, diesel, EURO3/CH S.....0,208 kg CO₂/km
- Operation, passanger car, petrol, EURO3/CH U.....0,237 kg CO₂ /km
- Operation, passanger car, diesel, fleet average 2010/RER U.....0,209 kg CO₂/km
- Operation, passanger car, petrol, fleet average/RER U0,237 kg CO₂/km
- Moyenne0,222 kg CO₂/km

Ce qui donne pour une distance de 20 000 km une valeur de 4455 kg CO₂ par véhicule-année pour une consommation d'environ 1 400 litres de diésel ou de gazoline ce qui représente environ 7 litres par 100 km soit un véhicule relativement économe en essence.

3.3. PHASE II DE L'AECV : ANALYSE DE L'INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE

L'inventaire de cycle de vie, qui est présenté au chapitre 2 du rapport du CIRAIG, couvre relativement bien l'ensemble des problématiques et des sujets à mon avis. Il traite, entre autres, de façon assez détaillée de la problématique des émissions fugitives durant les opérations des puits et après leur fermeture.

Le tableau, ci-annexé, présente les principales valeurs que j'ai utilisées pour produire mes tableaux d'évaluation d'impact sur la base des données obtenues dans le rapport d'analyse de cycle de vie. Ce tableau a été produit pour regrouper toutes les données techniques, car ces valeurs étaient toutes éparpillées dans le rapport. Ce tableau m'a donc aidé à analyser les résultats par la suite.

Tableau Données techniques utilisées		
Production de GNL par an	tm de GNL par an liquide	11 000 000,00
	m3 liquide par an	25 955 639
	MJ/kWh	3,60
AECV d'une voiture moyenne (Ecoinvent) qui fait 20 000 km par an		
Changements climatiques	kg CO ₂ /an	4 455
Consommation de ressources non-renouvelables	MJ / an	11,08
PCI (Pouvoir calorifique inférieur) du méthane	MJ/m ³	37,4
	MJ/kg	38,1
PSC(Pouvoir calorifique supérieur) du méthane	MJ/m ³	40,6
Masse volumique du gaz	kg/m ³	0,9
Densité		
méthane gazeux	kg/m ³	0,667
méthane liquide	kg/m ³	423,8
volume du méthane gazeux/volume du méthane liquide		635

3.4. PHASE III DE L'AECV : ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE

3.4.1. Résultats d'impacts sur les changements climatiques

Les impacts sur les changements climatiques des divers processus impliqués dans la production du gaz naturel jusqu'à son utilisation sont présentés dans les tableaux suivants. Les processus impliqués sont présentés dans la figure précédente et plus en détail à l'annexe 1. Les résultats d'impacts sur les changements climatiques sont présentés par processus selon l'AECV complète de GNL sur la base des informations que j'ai essayé de décortiquer du rapport. Selon moi, une telle présentation des résultats aurait été tout à fait pertinente pour chacune des catégories d'impact et par processus du berceau au tombeau en exprimant les valeurs à tout le moins en fonction de l'unité fonctionnelle qui était des MJ d'énergie. Une telle présentation aurait permis aux lecteurs d'analyser les résultats en fonction de ses intérêts ce qui n'est pas possible tel que présenté.

Les tableaux 2 à 5 présentent les résultats d'impact environnementaux sur les changements climatiques pour le gaz naturel sur son cycle de vie complet du berceau au tombeau pour les six usages possibles suivants :

- Génération d'électricité
 - En Europe
 - En Asie
 - En Amérique du Sud
- Génération de chaleur industrielle
 - En Europe
 - En Asie
 - En Amérique du Sud

Ils présentent les impacts sur les changements climatiques en fonction d'unités différentes soit :

- Tableau 2. Ils sont exprimés en grammes de CO₂ équivalent par MJ(Mégajoules) d'énergie produit. Pour ceux qui aimeraient avoir l'information par kWh, une unité bien connue au Québec il suffit de multiplier par 3,6;
- Tableau 3. Ils sont exprimés en tm de CO₂ équivalent par an en supposant que l'usine de liquéfaction va produire 11 millions de tm de gaz naturel liquéfié par an;
- Tableau 4. Afin de rendre les résultats un peu plus accessibles et faciles à interpréter par rapport à une référence connue, je les ai présentés en nombre de voitures moyennes équivalentes qui parcourraient 20 000 km par an;
- Le tableau 5. Montre la répartition des GES en pourcentage du total afin de pouvoir constater l'importance des émissions de GES de chacune des activités en proportion du total. On peut, par exemple, remarquer que la liquéfaction représente moins de 2% des émissions de GES occasionnées par le gaz naturel en prenant en compte les activités du berceau (production du gaz naturel) à l'utilisation finale (le brûler dans une chaudière pour faire de l'électricité ou de la chaleur). Des informations semblables peuvent aider le lecteur à mieux circonscrire les impacts environnementaux et porter un jugement en fonction de ses points de vue.

Tableau 2 : Valeurs d'émission de GES en gr CO2 éq/MJ d'énergie produite

Hypothèses d'utilisation	Génération d'électricité			Génération de chaleur industrielle		
	Europe	Asie	Amérique du sud	Europe	Asie	Amérique du sud
Processus	GES (gr CO2 éq/MJ)					
Production et transport vers la liquéfaction Total	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65
Travaux préliminaires	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Exploration	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Extraction du gaz naturel	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38
Traitement du gaz	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
Fermeture du site d'extraction	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Transmission Alberta-Ontario	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Transmission Ontario-Saguenay	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Liquéfaction total (Fig 4.1)	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
Activité de liquéfaction	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Émissions de CO1	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Émissions de méthane	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022
Consommation électrique	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Infrastructures	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Transport post-liquéfaction et utilisation du GNL (68 à 77% p. 89)	105,03	121,70	116,14	71,70	80,03	77,25
% du post-liquéfaction selon mes calculs	0,86	0,88	0,87	0,81	0,82	0,82
Méthanier	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Regazification	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Entreposage	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Transmission	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Utilisation	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grand total GNL en fonction des usages Fig 5.3	122	139	133	89	97	94

Tableau 3 : Valeurs d'émission de GES en tm CO₂ éq/an de gaz naturel produit et utilisé

Hypothèses d'utilisation	Génération d'électricité			Génération de chaleur industrielle		
	Europe	Asie	Amérique du sud	Europe	Asie	Amérique du sud
GES (tm CO₂ éq/an) pour une production de 11 000 000 tm de GNL par an						
Processus						
Production et transport vers la liquéfaction Total	9 647 629	9 647 629	9 647 629	9 647 629	9 647 629	9 647 629
Travaux préliminaires	67 547	67 547	67 547	67 547	67 547	67 547
Exploration	654 245	654 245	654 245	654 245	654 245	654 245
Extraction du gaz naturel	4 552 109	4 552 109	4 552 109	4 552 109	4 552 109	4 552 109
Traitement du gaz	2 869 974	2 869 974	2 869 974	2 869 974	2 869 974	2 869 974
Fermeture du site d'extraction	47 643	47 643	47 643	47 643	47 643	47 643
Transmission Alberta-Ontario	1 016 496	1 016 496	1 016 496	1 016 496	1 016 496	1 016 496
Transmission Ontario-Saguenay	439 615	439 615	439 615	439 615	439 615	439 615
Liquéfaction total (Fig 4.1)	949 405	949 405	949 405	949 405	949 405	949 405
Activité de liquéfaction	567 840	567 840	567 840	567 840	567 840	567 840
Émissions de CO ₁	566 490	566 490	566 490	566 490	566 490	566 490
Émissions de méthane	1 350	1 350	1 350	1 350	1 350	1 350
Consommation électrique	144 242	144 242	144 242	144 242	144 242	144 242
Infrastructures	237 322	237 322	237 322	237 322	237 322	237 322
Transport post-liquéfaction et utilisation du GNL (68 à 77% p. 89)	64 743 247	75 016 922	71 592 364	44 195 898	49 332 735	47 620 456
% du post-liquéfaction selon mes calculs	86%	88%	87%	81%	82%	82%
Méthanier	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Regazification	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Entreposage	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Transmission	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Utilisation	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grand total GNL en fonction des usages Fig 5.3	75 340 281	85 613 956	82 189 398	54 792 932	59 929 769	58 217 490

Tableau 4 : Valeurs d'émission de GES exprimé en voiture équivalent par an

Hypothèses d'utilisation	Génération d'électricité			Génération de chaleur industrielle		
	Europe	Asie	Amérique du sud	Europe	Asie	Amérique du sud
Processus	GES (nombre de voitures moyennes équivalentes/an) qui font 20 000 km/an					
Production et transport vers la liquéfaction Total	2 165 573	2 165 573	2 165 573	2 165 573	2 165 573	2 165 573
Travaux préliminaires	15 162	15 162	15 162	15 162	15 162	15 162
Exploration	146 856	146 856	146 856	146 856	146 856	146 856
Extraction du gaz naturel	1 021 798	1 021 798	1 021 798	1 021 798	1 021 798	1 021 798
Traitement du gaz	644 214	644 214	644 214	644 214	644 214	644 214
Fermeture du site d'extraction	10 694	10 694	10 694	10 694	10 694	10 694
Transmission Alberta-Ontario	228 170	228 170	228 170	228 170	228 170	228 170
Transmission Ontario-Saguenay	98 679	98 679	98 679	98 679	98 679	98 679
Liquéfaction total (Fig 4.1)	213 110	213 110	213 110	213 110	213 110	213 110
Activité de liquéfaction	127 461	127 461	127 461	127 461	127 461	127 461
Émissions de CO1	127 158	127 158	127 158	127 158	127 158	127 158
Émissions de méthane	303	303	303	303	303	303
Consommation électrique	32 378	32 378	32 378	32 378	32 378	32 378
Infrastructures	53 271	53 271	53 271	53 271	53 271	53 271
Transport post-liquéfaction et utilisation du GNL (68 à 77% p. 89)	14 532 715	16 838 815	16 070 115	9 920 516	11 073 566	10 689 216
% du post-liquéfaction selon mes calculs	86%	88%	87%	81%	82%	82%
Méthanier	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Regazification	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Entreposage	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Transmission	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Utilisation	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grand total GNL en fonction des usages Fig 5.3	16 911 399	19 217 498	18 448 799	12 299 199	13 452 249	13 067 899

Tableau 5 : Valeurs d'émission de GES exprimé en pourcentage du total

Hypothèses d'utilisation	Génération d'électricité			Génération de chaleur industrielle		
	Europe	Asie	Amérique du Sud	Europe	Asie	Amérique du sud
Processus	Répartition des émissions de GES exprimés en pourcentage du total					
Production et transport vers la liquéfaction Total	12,8%	11,3%	11,7%	17,6%	16,1%	16,6%
Travaux préliminaires	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Exploration	0,9%	0,8%	0,8%	1,2%	1,1%	1,1%
Extraction du gaz naturel	6,0%	5,3%	5,5%	8,3%	7,6%	7,8%
Traitement du gaz	3,8%	3,4%	3,5%	5,2%	4,8%	4,9%
Fermeture du site d'extraction	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Transmission Alberta-Ontario	1,3%	1,2%	1,2%	1,9%	1,7%	1,7%
Transmission Ontario-Saguenay	0,6%	0,5%	0,5%	0,8%	0,7%	0,8%
Liquéfaction total (Fig 4.1)	1,3%	1,1%	1,2%	1,7%	1,6%	1,6%
----- Activité de liquéfaction	0,8%	0,7%	0,7%	1,0%	0,9%	1,0%
Émissions de CO1	0,8%	0,7%	0,7%	1,0%	0,9%	1,0%
Émissions de méthane	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
----- Consommation électrique	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%	0,2%
Infrastructures	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%
Transport post-liquéfaction et utilisation du GNL (68 à 77% p. 89)	85,9%	87,6%	87,1%	80,7%	82,3%	81,8%
% du post-liquéfaction selon mes calculs	85,9%	87,6%	87,1%	80,7%	82,3%	81,8%
Méthanier	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Regazification	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Entreposage	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Transmission	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Utilisation	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grand total GNL en fonction des usages Fig 5.3	100%	100%	100%	100%	100%	100%

J'ai tenté de présenter ces tableaux sur la base de l'information présente dans le rapport d'AECV. Les informations que j'ai utilisées proviennent globalement des endroits suivants du rapport:

- Les processus présentés tels que décrits à la figure 5.1 de la page 71 du rapport auxquels j'ai ajouté le détail pour l'usine de liquéfaction présenté à la figure 4.1, page 36 du rapport;
- Les émissions de GES de la partie de production du gaz naturel en amont de l'usine de liquéfaction proviennent de la figure 4.4, page 47 du rapport;
- Les détails des émissions de GES spécifiques à l'usine de liquéfaction ont été trouvés à la figure 4.1 de la page 36 du rapport et dans le texte qui suit cette figure;
- Le total des émissions de GES pour la génération d'électricité et la génération de chaleur industrielle du GNL produits par GNL Québec provient de la figure 5.3 de la page 78 du rapport.

Comme vous pouvez le constater, il m'a fallu une bonne recherche pour retrouver l'information sur les émissions de GES du processus de production du berceau à la tombe qui est en général relativement accessible dans une analyse de cycle de vie. Les résultats furent présentés de différentes façons et sous différentes unités. Ma démarche afin d'en arriver à une présentation cohérente et uniforme pour en faciliter l'interprétation fut la suivante: (celle-ci a certainement des limites de qualité, mais représente selon moi assez bien la situation.).

- J'ai ajusté les unités par MJ puisque celles-ci étaient très variables. Certaines valeurs étaient exprimées par kWh, d'autres par MJ et d'autres par années en fonction de la production annuelle de GNL de 11 millions de tonnes métriques de gaz liquide;
- J'ai indiqué le total des émissions de GES pour chacune des 6 options d'utilisations provenant de la figure 5.3 de la page 78 du rapport;
- J'ai indiqué le total des émissions de GES pour la production de l'usine de liquéfaction provenant de la figure 4,1 de la page 36;
- J'ai indiqué le total des émissions de GES de la production du gaz en amont de l'usine de liquéfaction provenant de la figure 4.4 de la page 47;
- J'ai obtenu par soustraction, la quantité de GES émit pour le transport post-liquéfaction et l'utilisation. J'ai été incapable de trouver de l'information plus précise pour les processus de cette partie.

Il est précisé, à la page vii du sommaire et à la page 90 du rapport, que la combustion du gaz naturel représente de 68% à 77% du total des émissions de GES. Dans mon tableau, j'arrive plutôt, pour la combustion du gaz naturel incluant son transport par méthanier, à des valeurs entre 81% et 87%. Ces valeurs semblent représentatives de la réalité. On pourrait ainsi conclure que le transport par méthanier représente de 10% à 13% du total soit (81 à 87%) – (68 à 77%) du total.

Cette démarche qui a été exigeante m'a permis de présenter une seule catégorie d'impact (les changements climatiques) pour diverses utilisations du gaz naturel du berceau au tombeau ce qui était théoriquement l'objectif de l'AECV. À mon avis, en principe, les autres catégories d'impacts auraient dû aussi être accessibles si l'AECV s'était voulue complète.

3.5. PHASE IV DE L'AECV : INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Voici quelques observations relatives à l'interprétation des résultats présentées ci-haut.

Le gaz naturel passant par l'usine de liquéfaction de Saguenay émettrait de 89 à 139 gr de GES par MJ d'énergie utilisée. Par comparaison, l'électricité québécoise émet 5,6 gr de GES par MJ d'énergie (à la page 37, on précise que le mix d'électricité québécoise est de 0,02 kg éq.CO₂/kWh ce qui représente 0,0056 kg éq. CO₂/MJ) soit de 16 à 25 fois moins que le gaz naturel qui passerait par Saguenay. La différence est énorme. On pourrait offrir 16 à 25 fois plus d'électricité québécoise pour obtenir les mêmes impacts. C'est un peu bizarre de gaspiller cette énergie relativement propre pour comprimer du gaz qui sera décomprimé et brûlé par la suite. Il me semble qu'il y aurait une meilleure solution pour transporter de l'énergie.

L'émission annuelle de CO₂ équivalent prévue par l'utilisation du gaz naturel passant à Saguenay représente l'équivalent du fonctionnement de 12 299 199 à 19 217 498 véhicules moyens faisant 20 000 km durant un an soit environ 2 véhicules par Québécois (population d'environ 8 500 000 personnes).

L'utilisation du gaz naturel pour la génération de chaleur émet par MJ d'énergie produit de 27% à 30% moins de GES que lorsqu'il est utilisé pour la production d'électricité. La production de chaleur avec du gaz naturel semble donc avantageuse par rapport à la production d'électricité pour la même quantité d'énergie produite. Dans une perspective de performance énergétique et de sauvegarde, il serait donc préférable de préserver notre gaz naturel pour la production de chaleur industrielle plutôt que pour la production d'électricité. Cet élément est d'autant plus important que pour certains besoins énergétiques particuliers l'électricité ne fournit pas la chaleur industrielle recherchée.

Les activités de liquéfaction représentent une très faible partie des émissions de GES du gaz naturel soit de 1,1 à 1,7% du total en fonction des usages. Il est vrai que le pourcentage des émissions de GES d'une unité de liquéfaction conventionnelle sera légèrement plus élevé, car environ 5% à 10% du gaz naturel est brûlé pour liquéfier le reste. La liquéfaction représente tout de même l'équivalent de mettre sur les routes du Québec environ 213 000 véhicules. De plus, l'usine de liquéfaction utiliserait 1% environ de la production électrique nous allons donc devoir possiblement construire d'autres centrales hydroélectriques si l'on désire électrifier les transports. Pourquoi ne pas conserver cette électricité pour l'électrification des transports ?

Les activités en amont de l'unité de liquéfaction de la production des puits jusqu'au transport par gazoduc représentent de 11,3% à 17,6% du total des émissions de GES. La majeure partie est associée à l'extraction du gaz naturel. Le gaz naturel provenant de l'Alberta et de la Colombie-Britannique sera de plus en plus du non conventionnel. Les puits de gaz naturel non conventionnel ont de plus grandes fuites en pourcentage que le gaz conventionnel. La capacité moyenne des puits de gaz non conventionnels est de beaucoup inférieure que les puits conventionnels donc pour une même production il faut forer beaucoup plus de puits et en fermer beaucoup plus aussi, car leur durée de vie n'est pas très longue. La production de gaz avec des puits non conventionnels occasionnera donc une importante quantité de puits fermés. Les fuites des puits fermés peuvent être très variables et peuvent atteindre 10% de la capacité du puits selon l'EPA états-unien. De plus, ces fuites peuvent être par le puits ou dans les sols environnants. Ces gaz ne sont pas brûlés, donc leur effet de serre est énormément plus élevé que le CO₂ qui serait émis après leur combustion la problématique des fuites des puits fermés demeure actuellement une importante question non réellement réglé par les scientifiques.

Le transport par méthanier et l'utilisation du gaz naturel à la fin représentent la grande majorité des émissions de GES soit de 80,7% à 87,6% du total. Quel que soit l'effort de réduction d'émissions des GES lors de la liquéfaction, la forte proportion des émissions de GES demeure.

L'extraction du gaz naturel et son traitement avant son transport représentent de 9,8% à 13,5% des émissions totales du GES ce qui représente une valeur beaucoup plus grande que la liquéfaction qui varie de 1,1% à 1,7%.

Voici donc mon interprétation très sommaire et très partielle des résultats de l'analyse de cycle de vie complète (soit du berceau au tombeau) du gaz naturel qui passerait par l'usine de liquéfaction de Saguenay, et ce, seulement pour la catégorie d'impacts sur les changements climatiques.

Cette usine augmenterait les émissions de GES du Québec de 1%, et ce seulement pour la partie émise sur le territoire du Québec. C'est énorme!

4. Mon opinion sur le projet GNL-Québec

La réalisation du projet de liquéfaction de gaz naturel au Québec est à mon avis un projet très discutable. Nous n'avons pas besoin de ce projet-là pour assurer l'épanouissement du Québec. Beaucoup d'autres projets seraient plus intéressants que celui-ci.

Celui-ci va favoriser la consommation d'énergie non renouvelable au détriment du développement d'énergies renouvelables. Ça prend un peu de pression pour que ça évolue. Le Québec peut se donner ce défi-là avec fierté et courage.

Ma réflexion est détaillée dans l'argumentaire suivant dont voici quelques éléments déterminants.

5. Réflexions et considérations relatives au projet de GNL Québec

5.1. Pourquoi utiliser de l'électricité pour liquéfier ?

Le projet de liquéfaction du gaz naturel consiste à faire traverser le Canada, du gaz naturel (sous forme de gaz), de le liquéfier pour le transporter en méthanier, de le déliquéfier rendu dans les autres continents, de le retransporter sous forme de gaz sur de longues distances pour finalement le brûler pour produire de la chaleur, de l'électricité ou du transport.

Selon la figure 4.1 du rapport du CIRAIG produit pour GNL Québec à la page 36, les émissions de GES associées à la consommation d'électricité pour la liquéfaction sont d'environ 100 kt CO₂ éq./an. Si l'on considère que le mix québécois est de 0,02 kg CO₂ éq. /kW heure (0,00556 kg CO₂ éq. /MJ), cela signifie qu'il faut 5 350 000 000 kWh d'électricité pour comprimer les 11 000 000 tm liquide de gaz naturel par an. La quantité d'énergie dans le GNL étant de 116 416 666 000 kWh /an. Cela signifie qu'on gaspille 4,6% d'une énergie propre pour envoyer une énergie non renouvelable et émettrice importante de GES chez les utilisateurs en Europe, en Asie et en Amérique du Sud.

Il y aurait peut-être mieux à faire avec ces 5 350 000 000 kWh d'énergie hydroélectrique **qui représente selon le rapport 1% de toute l'énergie québécoise.**

Si le projet se réalise :

- « 1% » de l'énergie hydroélectrique québécoise renouvelable sera gaspillée à comprimer une énergie non renouvelable et productrice de gaz à effet de serre qui sera décomprimée avant utilisation rendue sur place;
- La compression du gaz naturel nécessite 4,6% de l'énergie contenue dans le gaz naturel pour le comprimer. On se trouve donc à gaspiller près de 5% de l'énergie contenue dans le gaz naturel pour le transporter.

La vente d'électricité serait aussi une autre retombée économique. La vente d'électricité est d'environ 5,35 milliards de kWh par an environ. En supposant un tarif forte puissance d'environ 0,03\$/kWh (c'est une hypothèse arbitraire), le revenu pour Hydro-Québec serait de 160,5 millions\$ par an.

Il me semble que cette hydroélectricité pourrait être utilisée à meilleur escient que pour transporter de l'énergie non renouvelable qui émet beaucoup de GES lors de son utilisation.

Il fut amplement montré et présenté qu'utiliser de l'hydroélectricité au lieu du gaz naturel pour sa liquéfaction est très favorable au niveau environnemental. Est-ce réellement avantageux d'utiliser une énergie renouvelable pour pouvoir vendre une énergie non renouvelable productrice de GES ? J'en doute beaucoup pour entre autres les raisons suivantes :

Cet aspect devient relativement faible quand les émissions de GES sont regardées dans leur ensemble, car un fort pourcentage des émissions des GES occasionnées par le gaz naturel est au moment de sa combustion et son utilisation et non pas lors de la liquéfaction.

De plus, si l'hydroélectricité est utilisée pour la liquéfaction du gaz naturel par quelle énergie sera-t-elle remplacée ? Si Hydro-Québec fournit moins d'énergie au réseau états-unien et ontarien, ils devront produire de l'énergie avec leurs centrales nucléaires et au charbon. Il s'agit d'un effet rebond qui devrait être pris en compte. Je crois que l'hydroélectricité québécoise peut être utilisée à des usages beaucoup plus intéressants que de comprimer une énergie non renouvelable comme le gaz naturel. Elle pourrait être utilisée entre autres :

- À faire fonctionner des véhicules électriques;
- Remplacer de l'électricité fabriquée avec du charbon ou du nucléaire;
- Produire de l'hydrogène qui est à tout le moins une énergie qui n'émet pas de GES et qui pourrait être transportée vers d'autres continents.

Tant qu'à comprimer une énergie non renouvelable et à émission de gaz à effet de serre, il est peut-être préférable de la comprimer avec elle-même (du gaz naturel) qui représente une gaspille d'énergie au lieu d'utiliser une belle énergie propre qui pourrait être réservée à d'autres usages.

5.2. Pourquoi liquéfier le gaz naturel

Le gaz naturel canadien ne peut être vendu aux États-Unis actuellement, car ils sont en train d'exploiter à grande vitesse leur gaz naturel. Il suffit peut-être d'attendre quelques dizaines d'années et nous pourrions alors leur vendre notre gaz naturel sans avoir à le liquéfier. Nous pourrions donc éviter de gaspiller environ 5% de l'énergie nécessaire à la liquéfaction.

5.3. Quelle est la pérennité du projet pour le développement du Québec

Ce projet est prévu pour une durée approximative de 50 ans. Il s'agit d'un projet de relativement courte durée. Nos enfants vont voir la fermeture de l'usine de liquéfaction.

Dans une perspective à court terme (30 ans) et égocentrique, ce projet permettra à certaines de nos entreprises de construction (même s'ils n'ont qu'une part du gâteau) et aux quelque 250 employés futurs de l'usine d'avoir des retombées économiques intéressantes.

Bien qu'une période de 50 ans puisse sembler longue, c'est relativement court. Il s'agit d'un énorme investissement pour une période relativement courte si l'on compare cette industrie à 2 types d'industries du Québec soit :

- Les industries forestières et papetières
 - Elles sont fondées sur la base de ressource renouvelable (la forêt) ;
 - Si ces matières sont bien gérées, dans 50 ans elles pourront être encore très productives ;
 - Ces industries existent au Québec depuis plus de 200 ans, elles ont évolué et existent encore;
 - Elles vont fort probablement encore exister dans 50 ans;
 - Si les impacts environnementaux sont bien gérés, un certain équilibre peut être trouvé entre la coupe et la croissance forestière qui absorbe en partie les gaz à effet de serre durant sa croissance. Au bilan, si l'on coupe la même masse forestière que celle qui fait croître, le bilan, sans être nul, est beaucoup plus intéressant que l'utilisation du gaz naturel.
- Les alumineries :
 - Elles utilisent, comme pour la liquéfaction du GNL, beaucoup d'hydroélectricité;
 - L'industrie existe au Québec depuis environ 100 ans et la demande en aluminium risque d'évoluer pour une période qui dépasse 50 ans;
 - Il serait possible au Québec de produire de l'aluminium encore plus vert si l'on remplaçait les anodes de carbones qui occasionnent des émissions de CO₂ énormes par d'autres types d'anodes. Des études sont d'ailleurs en cours à ce sujet. La problématique financière demeure. Qui veut payer? Mais ça évolue, car Rio Tinto aurait signé une entente à cet effet avec Apple entre autres. L'utilisation de notre hydroélectricité pour se rendre là est à mon avis beaucoup plus intéressante que la liquéfaction du GNL;

- Le Québec pourrait devenir le producteur d'aluminium le plus vert de la planète. On est déjà un producteur d'électricité dans les plus verts de la planète. Essayons de favoriser l'usage de notre électricité verte dans la même direction :
 - La dernière usine d'aluminium construite par Alcan à Alma en 2000 a coûté environ 2,3 milliards\$. C'est tout de même un montant 3 fois inférieur à celui de l'usine de liquéfaction. Cette usine opère maintenant depuis près de 20 ans et risque de perdurer encore longtemps. Si c'était l'usine de liquéfaction, elle aurait déjà terminé environ la moitié de sa vie;
 - La bauxite utilisée pour produire de l'aluminium est une ressource non renouvelable. Elle se trouve en très grande quantité sur la terre. De plus, contrairement aux énergies fossiles on ne détruit pas l'aluminium quand on l'utilise et l'on peut donc le recycler à l'infini si on le désire;
 - À mon avis, l'utilisation de l'hydroélectricité pour produire un aluminium sans anodes de carbone serait un usage beaucoup plus intéressant.
- Le gaz naturel
 - Pourquoi vouloir se dépêcher de vider le sous-sol canadien de notre gaz naturel? Tant qu'il est là, il n'est pas perdu, car il est là depuis très longtemps. Il s'agit d'un capital et un patrimoine. Le gaz naturel acquerra de la valeur à long terme et les technologies vont évoluer pour en réduire les impacts environnementaux et particulièrement les fuites. Les États-Unis sont actuellement de grands producteurs de gaz non conventionnel. Laissons-les développer les techniques, faire les erreurs et vider leur sous-sol. Ils deviendront possiblement dans quelque temps, des clients potentiels à notre gaz naturel qu'il ne sera ainsi plus nécessaire de liquéfier.
- Vers où les sociétés et la nôtre doivent aller :
 - À mon avis, nos sociétés doivent évoluer vers des choix qui ne se limitent pas aux plus bas coûts. Nous faisons face à des défis mondiaux de grande ampleur qui auront des impacts majeurs sur nos descendants. Des solutions avant-gardistes doivent être développées et le Québec est à mon avis une société qui a le potentiel de faire avancer ces défis
 - . Est-ce qu'on veut pour nos enfants plus de bonheur ou plus d'argent ? Si c'est plus d'argent, avec les défis sociaux, de disponibilité d'énergie et de changements climatiques, on est à mon avis mal parti. Si c'est plus de bonheur et leur épanouissement, c'est un beau défi. Il faut travailler à être le plus efficace possible, c'est-à-dire utiliser le minimum de ressources pour un maximum de bonheur. Notre société actuelle ne vise pas l'efficacité au bonheur. Les entreprises veulent que les gens ne soient jamais satisfaits et en veulent toujours plus. On vit dans une société fondée sur l'inefficacité. Considérant que nos capacités de production étaient plus efficaces, il fallait pour produire de plus en plus qu'elles soient inefficaces à nous rendre heureux, car nous aurions cessé de consommer. Il faut donc inverser ce paradigme selon moi. Il s'agit d'un défi énorme, car notre système économique est fondé sur celui-ci. Plus tard, nous allons nous y mettre et plus ça va faire mal;
 - L'approche actuelle de nos sociétés consiste à consommer autant que possible ce qui coûte le moins cher jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus. Si nous continuons ainsi, les matières fossiles à l'exception du charbon seront épuisées dans tout au plus 100 ans. Il est possible que le charbon dure un peu plus longtemps. Par la suite, nos descendants vont de toute façon devoir trouver d'autres solutions et devront en plus, essayer de se débarrasser du carbone que la terre à amasser pendant des millions d'années et que nous aurons remis dans l'atmosphère en quelques centaines d'années et gérer les problèmes de gaz à effet de serre qui vont s'en suivre.

- Sommes-nous capables, en tant que collectivité humaine, de faire des choix et d'en assumer les efforts et défis? J'espère qu'on peut en faire un bout. Serons-nous moins heureux d'investir dans des projets plus favorables pour nous descendants ?

5.4. Les pertes énergétiques

La quantité d'énergie nécessaire à la production, le transport et l'utilisation du gaz naturel est relativement importante si l'on regarde tout le cycle de vie. Il faut de l'énergie pour :

- Forer les puits, pomper le gaz et le comprimer;
- Transporter le gaz par gazoduc;
- Traiter le gaz;
- Liquéfier le gaz;
- Transporter le gaz par méthanier;
- Dé-liquéfier le gaz;
- Transporter le gaz;
- Prévoir les pertes lors de l'utilisation.

L'analyse de cycle de vie aurait pu permettre de connaître les utilisations et pertes d'énergie à chaque étape de la production. Ce serait une information intéressante à obtenir, car la performance globale de la quantité de l'énergie délivrée et utilisée en proportion de l'énergie utilisée et prélevée du sol semble assez basse en pourcentage. Je me demande si dans cette démarche, 50% de l'énergie totale prélevée et utilisée dans la production et le transport est réellement utilisée par l'utilisateur final. Cette information serait à mon avis intéressante dans le cadre d'une telle étude environnementale.

Un débat relativement à notre performance énergétique en ratio d'énergie consommée dans toutes les étapes par énergie fournie pour l'usage nous permettrait peut-être de constater le peu de performance énergétique de la manœuvre. Pourquoi dépenser tant d'énergie pour fournir cette énergie? D'autres approches pourraient peut-être être envisagées.

5.5. Boucler le cycle de vie

L'énergie consommée particulièrement en Asie est utilisée pour quoi?

Une certaine partie est utilisée pour la production industrielle dont les produits sont consommés en partie par nous. La boucle est donc bouclée pour une partie du gaz naturel qu'on vend. On l'extrait du sol canadien pour le liquéfier avec de l'énergie canadienne, pour le transporter afin qu'il serve à fabriquer par exemple nos téléphones cellulaires et nos ordinateurs qui sont eux retransportés au Canada pour nous être vendus. Et nous les utilisons et les alimentons de l'énergie canadienne. C'est le vrai cycle de vie de ces équipements. Qui pollue réellement dans ces cas, les Asiatiques ou nous?

Nous sommes de très grands consommateurs de produits asiatiques. Nous avons une responsabilité importante en regard de la consommation des produits et de l'utilisation du gaz naturel nécessaire à leur production.

5.6. Utiliser le gaz naturel pour les automobiles

Il s'agit d'un des marchés ciblés par le projet. Est-il intéressant de favoriser le développement de voitures et camions au gaz naturel grâce au gaz naturel qu'on rendrait disponible par le projet de GNL Québec? Pourquoi ne pas plutôt favoriser le développement tout de suite des véhicules électriques? De toute façon, il va falloir le faire tout de même dans 50 ans s'il n'y a plus de gaz naturel à ce moment-là. Le Québec pourrait être avant-gardiste et tout de suite se concentrer sur les automobiles électriques. Dans 50 ans, ce marché sera probablement encore en pleine ébullition tandis que celui du gaz naturel sera en déclin par manque de gaz naturel.

Pourquoi ne pas essayer de favoriser le passage à l'énergie renouvelable le plus rapidement possible? Cette approche va peut-être permettre de réduire la consommation d'énergie fossile et les émissions de gaz à effet de serre. De toute façon, nos héritiers en seront là un jour et dans pas si longtemps que ça. Si nous évitons de tout brûler avant d'en être rendu là, ils auront peut-être moins de problèmes avec les changements climatiques.

5.7. Les fuites de gaz naturel après la fermeture des puits

Les fuites de gaz naturel après la fermeture des puits font l'objet de grands débats scientifiques actuellement. L'analyse de cycle de vie réalisée pour GNL-Québec ne les a pas pris en compte. Selon l'EPA états-unienne, les fuites après fermeture pourraient atteindre 10% de la production du puits contrairement à des données de l'industrie beaucoup plus faibles. Les fuites des puits non conventionnels soit la majorité de ce qui se trouve en Alberta et Colombie-Britannique risquent de fuir plus abondamment que les puits conventionnels en proportion de leur production.

De plus, le méthane qui va fuir des sols et des puits fermés ne sera pas brûlé avec des torchères. Ses émissions seront très dommageables pour les changements climatiques, car un kilogramme de méthane a des impacts sur les changements climatiques de 23 à 63 fois pires qu'un kilogramme de CO₂.

Il s'agit d'un inconnu qui pourrait faire augmenter de façon importante les impacts sur les changements climatiques du projet.

5.8. Une vision économique

Avons-nous le courage de refuser ce projet et de nous organiser autrement?

Pourquoi ne pas se concentrer sur des technologies à long terme telles que :

- Fabriquer des batteries ;
- Fabriquer des turbines et des éoliennes ;
- Fabriquer des centrales;
- Fabriquer des véhicules électriques;
- Promouvoir des centrales thermiques au bois (énergie renouvelable) et favoriser la croissance des forêts.

5.9. Pourquoi produire de l'électricité avec du gaz naturel

Les centrales électriques au gaz naturel servent souvent à répondre aux pointes de demandes, car ces centrales sont faciles à ouvrir et à fermer. Elles coûtent cependant beaucoup plus cher que les centrales au charbon à construire et à opérer. Les centrales au charbon et nucléaire réagissent mal aux demandes de pointe, car elles sont complexes à démarrer et arrêter. Les centrales les plus difficiles à mettre en marche et arrêtées sont les centrales nucléaires.

Les centrales hydroélectriques peuvent réagir relativement bien aux pointes pourvu qu'elles aient la capacité nécessaire. Pourquoi ne pas favoriser les centrales hydroélectriques pour prendre les pointes au lieu des centrales au gaz naturel ? Une technologie en développement pour prendre les pointes de demandes est la construction de batteries de fortes capacités.

Il serait peut-être intéressant que le Québec se concentre plutôt dans ce domaine compte tenu de sa production hydroélectrique et aussi des minéraux nécessaires à la construction de ces batteries qui sont en grande partie disponibles sur les terres du Québec.

5.10. Pourquoi pas de l'hydrogène avec l'hydroélectricité québécoise

Tant qu'à utiliser notre énergie renouvelable (notre hydroélectricité) pour vendre de l'énergie non renouvelable pourquoi ne pas à la place produire de l'hydrogène avec l'hydroélectricité prévue pour la compression du GNL et le transporter et le vendre ailleurs ?

Lors de sa combustion, l'hydrogène produit de l'eau (H₂O) et pas de gaz à effet de serre.

Certains diront que ça coûte cher et que le marché n'est pas là. Travaillons là-dessus, car dans le futur, ce sera peut-être un combustible très prisé n'émettant pas de GES et fabriqué avec de l'énergie renouvelable.

Cette énergie peut prendre de plus en plus de valeur au fur et à mesure de la disparition des énergies fossiles et de l'évolution de la problématique des changements climatiques.

Soyons un peu avant-gardistes.

5.11. Attention à l'effet rebond

Il est reconnu que certaines actions peuvent en influencer d'autres. Ce qu'on nomme en AECV, l'effet rebond. Si le Québec fournit du gaz naturel non conventionnel du Canada aux autres pays du monde à de faibles coûts, quels sont les effets rebond possibles?

- Réduction de l'évolution des énergies renouvelables considérant qu'elles sont plus coûteuses;
- Augmentation de la consommation mondiale de gaz naturel;
- Évolution des véhicules au gaz naturel au détriment des véhicules électriques;
- Développement des centrales hydroélectriques au Québec pour compenser la quantité utilisée par GNL;
- Augmentation de production d'électricité fossile aux États-Unis pour compenser l'hydroélectricité québécoise non disponible.

5.12. Nos choix comme société

Est-ce qu'on désire réellement favoriser une belle vie à nos descendants?

La croissance économique exponentielle est fondée sur la présence d'énergies fossiles accumulées sur la terre depuis des millions d'années. On les consomme en quelques centaines d'années. Qu'allons-nous faire par la suite? Si l'on ne fait rien, on tire nos enfants dans un mur.

Est-ce qu'en tant que société on prend notre courage et réalisons des efforts pour changer les choses? Ça prend à mon avis, une démarche marginale non conformiste, mais ceux qui vont s'y engager le plus rapidement vont être les mieux préparés pour faire face aux défis futurs.

S'engager dans une telle démarche veut aussi dire accepter d'en payer les coûts. C'est une démarche à mon avis d'investissement. Plusieurs familles riches le sont parce que leurs ancêtres ont investi et pas tout dépensé. C'est un peu ce que doit faire notre société à mon avis.

Faire des choix veut dire analyser diverses options avant de décider :

- Actuellement, il y a des promoteurs pour le GNL;
- Actuellement, il n'y a peut-être pas de remplaçants tout de suite;
- Faire des choix veut parfois dire de laisser passer une opportunité qui n'est pas vraiment intéressante et d'investir et rechercher des projets plus profitables pour notre société dans une perspective à long terme;
- Faire des choix profitables à long terme ne veut pas dire faire beaucoup d'argent et de profits à court terme facilement;
- Le Québec doit avoir le courage et la volonté de faire des choix. Faire des choix signifie parfois refuser certaines choses.

6. Interrogations

Serait-il possible d'obtenir la valeur des impacts environnementaux de chacune des étapes de cycle de vie du berceau au tombeau (voir annexe 1) pour chacun des indicateurs d'impacts cités dans l'analyse de cycle de vie (voir annexe 2)?

À mon avis, il serait normal que cette information soit disponible dans une AECV publique comme celle-ci.

7. Conclusion

Je crois que le Québec peut réaliser des projets beaucoup plus pertinents que GNL-Québec pour offrir de l'énergie verte aux populations de la terre dans une perspective de réduction des gaz à effet de serre et de disparition rapide des énergies fossiles.

Que devrions-nous faire?

- Faire la promotion de l'utilisation d'énergie renouvelable et de la nôtre;
- Utiliser notre énergie renouvelable pour remplacer l'énergie non renouvelable et non pas l'intégrer à de l'énergie non renouvelable;
- Développer des solutions et des technologies autour des énergies propres comme :
 - L'électrification des transports;
 - La production électrique renouvelable (panneaux solaires, éoliens, etc.);
 - La production d'hydrogène.

8. Annexes

8.1. Annexe 1 : Liste des processus

- Production de gaz naturel :
 - Travaux préliminaires
 - Préparation du site
 - Exploration du gaz naturel
 - Arrivée des équipements
 - Forage
 - Torchères
 - Boues/déblais
 - Préparation pour fracturation
 - Fracturation
 - Essais de production
 - Torchère
 - Eaux de reflux et de production
 - Fermeture temporaire ou définitive
 - Remise en état du site
 - Exploitation des puits de gaz naturel
 - Renforcement des routes
 - Conduites d'eau (Alimentation en eau)
 - Développement de site multi forages
 - Disposition et recyclage des boues et des déblais
 - Conduites de gaz
 - Fermeture définitive des puits de gaz naturel
 - Enlèvement des équipements
 - Fermeture du puits
 - Remise en état du site
 - Suivi à long terme des puits de gaz naturel fermés
 - Non inclus dans l'AECV du GNL-Québec, mais à mon avis non négligeable
 - Émissions fugitives par le puits
 - Émissions fugitives par le sol
 - Très difficiles à établir, mais peut-être non négligeable
 - Traitement du gaz naturel
 - Station de compression
 - Séparation eau-liquide
 - Déshydratation
 - Retrait du CO₂
 - Retrait du N₂
 - Retrait des composés de soufre
- Transport du gaz naturel vers le terminal de liquéfaction
 - Branchement au gazoduc
 - Entretien du réseau
 - Opération du réseau
 - Transmission Alberta-Ontario
 - Opération du réseau

- Compresseur
 - Autres équipements (vannes, compteurs, vannes de surpression, systèmes de sécurité, etc.)
 - Gestion des bris et des fuites
 - Entretien du réseau
 - Transmission Ontario-Saguenay
 - Opération du réseau
 - Compresseur
 - Autres équipements (vannes, compteurs, vannes de surpression, systèmes de sécurité, etc.)
 - Gestion des bris et des fuites
 - Entretien du réseau
- Terminal de liquéfaction, entreposage et transbordement du gaz naturel
 - Infrastructures
 - Liquéfaction
 - Consommation énergétique
 - Opérations de liquéfaction
 - Entreposage du GNL
 - Transbordement du GNL vers les méthaniers
 - Fuites d'opération
 - Eaux usées
- Transport du gaz naturel vers l'utilisateur
 - Méthanier
 - Regazéification
 - Entreposage
 - Transport du Gaz naturel vers l'usager
- Utilisation du gaz naturel
 - Génération d'électricité
 - Génération de chaleur
 - Alimentation des moyens de transport

8.2. Annexe 2 : Liste des indicateurs d'impacts utilisés

- Les catégories d'impact qui ont été théoriquement utilisées bien que l'information soit très parcellaire sont les suivantes :
- Catégories de problèmes :
 - Changement climatique
 - Utilisation des terres
 - Occupation
 - Transformation
 - Utilisation des ressources
 - Énergétiques fossiles
 - Minérales

- Utilisation de l'eau
- Acidification
 - Aquatique
 - Terrestre
- Eutrophisation
 - Eau douce
 - Eau marine
- Écotoxicité
- Toxicité humaine
 - Effets respiratoires inorganiques
 - Effets respiratoires organiques
 - Toxicité cancer
 - Toxicité non-cancer
 - Radiation ionisante
 - Destruction de la couche d'ozone
- Catégories de dommages :
 - Santé humaine
 - Qualité des écosystèmes
 - Ressources et services écosystémiques

8.3. Annexe 3 : Analyse sommaire de la structure de l'AECV tel que présentée

8.3.1. La disponibilité de l'information de l'AECV

- Généralement par esprit de transparence, et pour être conformes aux normes ISO 14 040 14 044 particulièrement pour une AECV publique, une analyse de cycle de vie fournit les valeurs de toutes les catégories d'impacts pour tous les processus. À la lecture du rapport qui fait référence aux annexes C, D et E, j'étais porté à croire que l'information se trouvait dans ces annexes, mais elles ont été retirées du rapport.
- Il est d'ailleurs indiqué à la page 75 du rapport : « Les résultats détaillés (incluant pour les autres catégories d'impact) sont présentés à l'Annexe E. »
- Il s'avère donc très difficile de se faire une idée du rapport, car seules certaines informations parcellaires choisies sont disponibles.
- Où sont les annexes citées :
 - Annexe Cp. 23
 - Le détail de la modélisation (quantification des flux et jeux de données utilisés) est également fourni à l'Annexe C du présent rapport.
 - Annexe D (Sommaire exécutif de la stratégie commerciale de l'entreprise.....p. 70
 - GNL Québec a présenté un sommaire exécutif (en annexe) de sa stratégie de marché basée sur les données, études et rapport d'experts, les tendances de marché du gaz naturel et de l'énergie au niveau mondial, ainsi que le statut actuel de ses discussions commercialesp. 21
 - Annexe E
 - Les résultats bruts de l'ÉICV sont disponibles à l'Annexe E.p. 36
 - C'est normal selon ISO 14 040 et 14 044.
 - Données statistiques de la US EIAp. 75

- Résultats détaillés des évaluations d'impacts.....p.75
 - Normal qu'ils y soient si on veut être conformes à ISO à mon avis. Sinon c'est très difficile à analyser.

8.3.2. Généralités

Voici mes commentaires relativement au rapport d'analyse de cycle de vie présenté par GNL-Québec. Il s'agit de commentaires généraux non classés, mais pertinents à mon avis :

- Les impacts environnementaux relatifs à une multitude d'indicateurs qui ont été cités dans le rapport (voir la liste à l'annexe 2) ne sont pas disponibles et surtout pas présentés par processus du berceau au tombeau. Une AECV publique les présente normalement complètement. Même une catégorie particulièrement importante pour un combustible fossile soit « l'utilisation des ressources énergétiques fossiles » n'est pas présentée.
- La revue de littérature du chapitre 2 est bien faite et représente à mon avis une bonne source d'information pour comprendre le contexte de la production de gaz naturel de l'ouest canadien qui fera l'objet de liquéfaction si l'usine est construite. Les informations relatives à la problématique des fuites de gaz sont pertinentes et intéressantes. Elle permet de constater que les informations à ce sujet sont en pleine évolution.
- La démarche d'analyse de cycle de vie proposée au départ est conforme à la norme ISO 14 040 et 14 044. Les outils utilisés (Simapro comme logiciel et EcoInvent comme base de données) sont adéquats. Ce sont les outils les plus utilisés et reconnus pour ce travail. La méthode d'évaluation des impacts impact Word + est-elle aussi reconnue et pertinente à mon avis.
- Les indicateurs d'impacts proposés sont aussi standards et pertinents, mais le rapport se concentre sur les potentiels de réchauffement global (exprimé en kg CO2 équivalent) et les informations relatives aux autres indicateurs sont énormément parcellaires et incomplètes. Bien que cet indicateur soit l'un des plus importants dans le cadre d'une AECV normale, les informations relatives aux autres indicateurs doivent normalement être à tout le moins disponibles. Dans le cas qui nous intéresse, l'indicateur « Utilisation des ressources énergétiques fossiles » aurait été énormément pertinent. L'indicateur de dommage sur la santé humaine (exprimé en DALY) est aussi pertinent dans le contexte de gaz naturel. Ce dernier a été traité très sommairement et partiellement.
- Les unités utilisées sont très variables et rendent l'analyse et la compréhension très difficile. Seulement pour exprimer les quantités de gaz naturel les unités suivantes ont été utilisées :
 - Kg de gaz naturel
 - M3 liquide de gaz naturel
 - M3 gazeux de gaz naturel
 - MJ de gaz naturel
 - KWh de gaz naturel

8.3.3. Objectifs de l'AECV, fonction et unité fonctionnelles et frontières du système

Les objectifs de l'AECV, la fonction, l'unité fonctionnelle et les frontières du système sont importants et normalement clairement identifiés au début du rapport. Ils permettent ainsi au lecteur de bien comprendre le but de l'étude et ses limites. Dans ce rapport, les objectifs et frontières du système sont nébuleux et variables.

Les chapitres 3 et 4 ont traité d'éléments partis de l'analyse de cycle de vie (la liquéfaction et la production de gaz naturel en excluant l'utilisation du gaz naturel). Ils se sont presque essentiellement concentrés sur l'indicateur des changements climatiques et les autres indicateurs n'ont pas ou presque pas été traités. Une analyse de cycle de vie

doit par définition couvrir du berceau au tombeau. Le rapport traite énormément de l'usine de liquéfaction sans bien la positionner dans le cadre de la production et de l'utilisation du GNL.

Finalement, la figure 5.1 présentée à la page 71 du rapport présente les frontières du système de l'AECV tel qu'ils auraient, à notre avis, du apparaître au début tel que présenté ci-après. Vaux mieux tard que jamais. (Voir la figure dans ce rapport au chapitre 3.

Le CIRAIG présente clairement son mandat à la page iv du sommaire. La page 1 du rapport et à sa conclusion de la page 89 du rapport soit :

- **« Réaliser l'analyse du cycle de vie (AECV) du terminal de liquéfaction de gaz naturel du Saguenay, en considérant l'extraction de ce dernier jusqu'à son utilisation dans les divers marchés visés. »**

Tel que défini, il s'agit réellement d'une AECV du berceau au tombeau dans sa définition. Cependant dans sa réalisation les aspects post-liquéfaction ont été très peu traités et beaucoup d'informations sont manquantes. Les aspects préliquéfaction ont été traités un peu plus, mais encore là de façon secondaire seulement à partir du chapitre 4,2 à la page 46. Quant à l'utilisation finale qui représente une proportion d'impacts majeurs, elle est traitée très sommairement au chapitre 5 à partir de la page 69.

Le chapitre 3 présente des objectifs contradictoires à celui précisé à la page 1 soit :

- **« Le but de cette étude est d'établir le profil environnemental₃ - c'est-à-dire du berceau à la sortie du terminal - du gaz naturel liquéfié produit au terminal du Saguenay opérant à l'électricité québécoise (essentiellement hydroélectrique) et de le comparer à un terminal de liquéfaction opérant au gaz naturel (autoconsommation) tel que retrouvé dans le Golfe du Mexique (affublé du terme de terminal conventionnel). »**..... Page 20
- Les parties « transport par méthanier et utilisation » semblent oubliées
 - La fonction de l'AECV serait :
 - « Produire du gaz naturel liquéfié »
 - Et l'unité fonctionnelle :
 - « Produire 1 MJ de gaz naturel liquéfié tel que produit au terminal du Saguenay au moment de sa mise en opération en 2025 »
 - **Ces définitions sont très contradictoires à celle de la page 1. De plus, il ne s'agit pas réellement d'une analyse de cycle de vie puisqu'elle ne comprend pas l'utilisation finale du produit.**

Finalement le chapitre 5 qui débute à la page 69 revient aux vrais objectifs de l'AECV soit :

- **« De compléter la vision globale de cycle de vie -de l'extraction des matières premières jusqu'à l'utilisation du gaz naturel ».**
- Avec comme fonction : **« Produire de l'énergie »**
- Et comme unités fonctionnelles :
 - **Pour la génération de chaleur ou d'électricité :**
 - **« Produire 1 kWh d'énergie dans les marchés visés par GNL Québec en 2025 »**
 - **Pour le transport :**
 - **« Mouvoir un véhicule sur une distance de 1 km dans les marchés visés par GNL Québec en 2025 »**

8.3.4. La présentation des résultats :

8.3.4.1. Chapitres 3 et 4 : AEVC partielle excluant le transport par méthanier et l'utilisation

Le détail présenté à la figure 4.4 des émissions de GES du terminal de liquéfaction incluant la production de gaz, mais excluant le transport du GNL et son utilisation est pertinent, mais incomplet. Il manque les importantes portions que sont le transport par méthanier et l'utilisation du GNL. Cette information dans le contexte d'une AECV normale aurait dû être fournie pour tous les indicateurs et tous les processus incluant le transport de GNL et son utilisation. Les résultats sont présentés le kT CO₂ éq./an. Bien que cette information soit utile, il aurait été pertinent et normal de présenter les résultats en regard de l'unité fonctionnelle (ce qui est normal en AECV) soit par MJ de GNL produit. Par exemple, le tableau 4.2 de la page 59 présente les impacts calculés pour chaque catégorie d'impact pour le terminal de Saguenay et le terminal conventionnel. Voir ci-après :

Tableau 4-2 : Comparaison des résultats d'indicateurs de catégories d'impacts pour le cycle de vie du GNL produit au terminal de liquéfaction du Saguenay (sans transport vers marché et utilisation) obtenus avec les méthodes IMPACT World + et ReCiPe

	Terminal du Saguenay	Terminal conventionnel	Terminal du Saguenay	Terminal conventionnel
	IMPACT World +		ReCiPe	
Changements climatiques	64,8%	100,0%	64,8%	100,0%
Changement climatique - GTP	59,2%	100,0%	N/A	
Occupation des terres, biodiversité	100,0%	68,4%	100,0%	69,6%
Transformation des terres, biodiversité	97,9%	100,0%	N/A	
Utilisation des ressources énergétiques fossiles	72,1%	100,0%	72,2%	100,0%
Utilisation des ressources minérales	99,1%	100,0%	99,2%	100,0%
Utilisation de l'eau	100,0%	84,5%	100,0%	49,7%
Acidification aquatique	88,2%	100,0%	N/A	
Acidification terrestre	88,3%	100,0%	88,5%	100,0%
Eutrophisation d'eau douce	98,6%	100,0%	98,9%	100,0%
Eutrophisation marine	87,6%	100,0%	97,1%	100,0%
Écotoxicité aquatique	100,0%	96,7%	100,0%	97,1%
Effets respiratoires – inorganiques	87,8%	100,0%	90,0%	100,0%
Effets respiratoires – organiques	83,1%	100,0%	85,6%	100,0%
Toxicité cancer	99,0%	100,0%	99,0%	100,0%
Toxicité non-cancer	93,9%	100,0%	99,2%	100,0%
Radiations ionisantes	100,0%	87,5%	100,0%	85,6%
Destruction de la couche d'ozone	40,9%	100,0%	86,3%	100,0%

Rappel : les catégories Occupation des terres, Transformation des terres, Utilisation de l'eau, et Radiations ionisantes, présentent des résultats plus élevés, pour le terminal du Saguenay, en lien avec la production de l'électricité consommée en remplacement du gaz naturel autoconsommé dans le cas du terminal conventionnel

Dans une AECV normale, il aurait été normal de fournir pour chacune des catégories d'impact et pour chacun des processus détaillés du berceau à tombeau (voir un exemple de liste à l'annexe 2) les impacts par catégorie. Ces informations auraient dû être produites pas seulement en pourcentage, mais aussi en unités de l'indicateur par unité de la fonction (exemple : kg CO₂ équivalent /MJ d'énergie produite). Un tel détail permet au lecteur qui s'interroge particulièrement à l'égard de quelque chose d'avoir accès par transparence aux valeurs qui l'intéressent.

8.3.4.2. Les analyses de sensibilité :

Les analyses de sensibilité sont très pertinentes et intéressantes, mais elles ont été réalisées sur seulement une partie de l'AECV excluant le transport par méthanier et l'utilisation. Considérant que ces activités représentent souvent la majeure partie de l'impact, elles auraient dû être incluses dans les analyses de sensibilité.

8.3.4.2.1. Analyse de sensibilité : Utilisation du PGR20 au lieu du PGR100 (voir la figure 4.8 p. 60)

Le facteur de caractérisation et l'unité utilisée pour exprimer la valeur d'un indicateur de catégorie d'impact pour le réchauffement global sont le potentiel de réchauffement global (PRG) pour chaque gaz à effet de serre établi en équivalent de celui du CO₂ exprimé en kg d'équivalent CO₂ / kg du gaz. Par exemple, si on a un gaz avec un PRG de 10, cela signifie qu'un kg. de ce gaz aura le même potentiel de réchauffement global qu'un kg de CO₂.

Le PRG du méthane sur un horizon de 20 ans est de 86 et celui sur un horizon de 100 ans est de 36. Cela signifie que le méthane a un pouvoir radiatif 36 fois plus élevé que le CO₂ si l'on regarde ses effets durant une période de 100 ans et de 86 si l'on regarde ses effets sur un horizon de 20 ans. La durée à retenir pour évaluer les impacts est discutable et discutée dans la communauté scientifique. Le CIRIAG a retenu une durée de 100 ans ce qui donne un PRG pour le méthane de 2.4 fois inférieur au PRG de 20 ans.

En utilisant le PRG de 20 ans au lieu de celui de 100 ans, le bilan d'émissions de GES du terminal (excluant le transport du GNL et sa combustion) est de 20.5 gr. CO₂ équivalent/ MJ au lieu de 13,8, ce qui représente une augmentation de l'impact de 48% ce qui n'est pas négligeable.

De plus, cette analyse de sensibilité ne tient pas compte du transport du GNL et de son utilisation qui aurait possiblement augmenté ses effets.

8.3.4.2.2. Analyse de sensibilité : Mix d'approvisionnement en gaz naturel. p. 61

Une forte partie du gaz naturel de l'Alberta et de la Colombie-Britannique sont et seront du gaz non conventionnel ce qui risque d'augmenter beaucoup les émissions de GES évaluées.

8.3.4.2.3. Analyse de sensibilité : Fuite de méthane après la fermeture du puits de gaz naturel (p. 65)

Les fuites potentielles après la fermeture des puits sont un sujet en discussion dans le milieu scientifique qui pourrait augmenter énormément les émissions de GES durant une longue période. Même l'UPA états-unienne a tendance à dire que les spécialistes et les entreprises de production ont tendance à sous-évaluer ses fuites.

8.3.4.2.4. Analyse de sensibilité : Ne pas liquéfier

Si l'on distribuait le gaz naturel canadien directement par gazoduc aux États-Unis sans liquéfaction, son impact environnemental diminuerait, car la liquéfaction du gaz naturel représente selon mes évaluations de 1,1 à 1.7% des émissions de gaz à effets de serre en fonction des usages envisagés du gaz naturel.

8.3.4.3. Chapitre 5 : L'AECV complète incluant le transport par méthanier et l'utilisation.

Le chapitre 5 traite théoriquement de l'ensemble de l'AECV « enfin ». Les scénarios présentés au tableau 5.1 présentent clairement les usages visés qui sont les suivants :

- Génération d'électricité
 - Europe
 - Asie
 - Amérique du Sud
- Génération de chaleur industrielle
 - Europe
 - Asie
 - Amérique du Sud
- Transport
 - Europe
 - Asie
 - Amérique du Sud

Plusieurs substitutions du gaz naturel par rapport à d'autres énergies ont été discutées dont les substitutions :

- Du charbon
- Du nucléaire
- Du gaz naturel conventionnel
- Du diesel pour le transport
- De produits pétroliers

Pourquoi ne pas avoir présenté les aspects de substitution possible qui risquent aussi de se produire comme :

- L'énergie hydroélectrique
- Les énergies renouvelables comme les éoliennes ou les plaques solaires
- L'électricité pour le transport

À mon avis, il est fort possible que la disponibilité du GNL de Saguenay dans d'autres pays compétitionne aussi les énergies renouvelables et puisse ralentir leur accroissement compte tenu des coûts plus élevés impliqués. Il aurait été très pertinent dans une perspective d'analyse de cycle de vie, de comparer l'utilisation du gaz naturel à ces autres utilisations.

La comparaison a été faite partiellement avec le charbon, le nucléaire et même le pétrole pour le transport, mais sans faire état des énergies renouvelables comme l'hydroélectricité, l'éolien ou le solaire.

La proposition consiste à gaspiller de l'énergie renouvelable (l'électricité) pour compresser le gaz seulement pour le transporter, car il devra être décompressé avant usage. S'agit-il d'une utilisation optimale d'une énergie renouvelable comme l'hydroélectricité ?

J'avoue que je n'ai pas réussi à trouver l'unité de la figure 5,4 dont les valeurs varient de -1,5 à 1. C'est probablement un pourcentage de quelque chose.