



Canadian  
GeoExchange  
Coalition

Coalition  
canadienne  
de l'énergie  
géothermique

## **ANALYSE COMPARATIVE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE RÉSIDENTIELS DANS LES PROVINCES CANADIENNES**

**Avril 2010**

***Préparé par :***

**David Paré  
Coalition canadienne de l'énergie géothermique  
1030, rue Cherrier, Suite 405  
Montréal (Québec) H2L 1H9**

**T : (514) 807-7559 #29  
F : (514) 807-8221**

**david.pare@geo-exchange.ca**

**www.geo-exchange.ca**

## Sommaire

---

La Coalition canadienne de l'énergie géothermique (CCÉG) a été sollicitée à plusieurs reprises depuis quelques années afin de fournir aux intervenants des milieux politiques et environnementaux des données et des analyses qui permettraient de mieux positionner la technologie de la géothermie dans les débats en cours portant sur les changements climatiques. Quelques études sur le sujet ont été publiées par différents groupes au cours des dernières années. Cependant, on note souvent dans ces études l'absence de protocoles de recherche clairs ou la formulation d'hypothèses nébuleuses et irréalistes. La portée souvent fragmentaire de ces études a créé beaucoup de confusion et a peu contribué à l'avancement des débats. Le manque de cohérence dans les données publiées à ce jour était donc un argument solide pour que la CCÉG complète une étude exhaustive basée sur des hypothèses claires et des protocoles environnementaux reconnus.

Cette étude utilise des données précises et spécifiques à chacune des capitales des provinces canadiennes afin de comparer les émissions de GES des différents systèmes de chauffage. L'étude se limite à l'analyse exclusive du chauffage puisqu'il représente près de 60% de la consommation totale d'énergie dans les maisons unifamiliales (OEE 2006b). Bien que le chauffage de l'eau arrive habituellement en deuxième position en matière de consommation énergétique résidentielle, nous avons préféré ne pas en tenir compte pour les fins de cette étude. L'usage des désurchauffeurs n'est pas généralisé dans les systèmes géothermiques et tendrait donc, dans une analyse comparative, à donner un biais favorable à la géothermie.

Enfin, le recours à la climatisation étant variable et disparate dans la plupart des régions du pays, nous avons préféré exclure ce volet de l'analyse afin de rendre les comparaisons interprovinciales plus uniformes et consistantes, et ce, même si la climatisation à l'aide de systèmes géothermiques représente une source d'économie d'énergie importante par rapport aux systèmes conventionnels et donc, une source de réduction potentielle de GES.

L'analyse présentée dans ce texte concerne un bâtiment de référence de 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>) avec une isolation moyenne. Les différents systèmes de chauffage sont comparés à un système géothermique ayant un coefficient de performance de 2,8 (considéré comme faible par l'industrie). Cette mesure reflète la performance de l'ensemble du système et non seulement le coefficient de performance théorique de la thermopompe. Les raisons justifiant une telle approche sont présentées dans la section *Méthodologie*.

Cette approche, qui représente le scénario le plus pessimiste, dégage néanmoins des résultats favorables à la géothermie pour l'ensemble du territoire canadien. Toute performance supérieure à ce coefficient entraîne une plus grande réduction de la consommation énergétique, diminue davantage les émissions de GES et améliore les avantages comparatifs de la géothermie par rapport aux autres systèmes de chauffage résidentiels.

La proportion des maisons unifamiliales utilisant les divers types de système de chauffage a été utilisée dans le but de rendre cette analyse réaliste. Ainsi, les calculs de pénétration de marché et les réductions s'y rattachant sont basés sur le nombre de maisons possédant un système spécifique et non sur le nombre total de maisons unifamiliales dans chaque province.

Le présent rapport démontre que la géothermie offre une solution intéressante et recèle un important potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les résultats de l'étude confirment les avantages récurrents de réduction des émissions de gaz à effet de serre provenant de la conversion d'un système de chauffage conventionnel vers un système de géothermie. Par exemple, si seulement 2% des maisons unifamiliales canadiennes se dotaient d'un système de géothermie pour leurs besoins en chauffage, une réduction potentielle des émissions à l'échelle du pays de 376 000 tonnes de CO<sub>2</sub> éq. serait possible, ce qui équivaut à retirer près de 112 000 automobiles de nos routes.

L'étude établit que les réductions potentielles varient d'une province à l'autre puisque les aléas climatiques et les sources d'énergie utilisées pour le chauffage et la production d'électricité diffèrent selon les régions. Néanmoins, les résultats de cette étude montrent que l'installation des systèmes géothermiques dans les résidences est avantageuse dans chaque province surtout lorsque ces derniers remplacent des plinthes électriques ou des systèmes utilisant le mazout.

## Table des matières

---

Sommaire.....	i
Table des matières.....	iii
Introduction.....	1
Méthodologie.....	3
Canada.....	8
Colombie-Britannique.....	10
Territoires.....	13
Alberta.....	16
Saskatchewan.....	20
Manitoba.....	23
Ontario.....	26
Québec.....	29
Nouveau-Brunswick.....	32
Île-du-Prince-Édouard.....	35
Nouvelle-Écosse.....	38
Terre-Neuve-Labrador.....	41
Conclusion.....	44
Bibliographie.....	46
Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité.....	49
Annexe B : Population du Canada par région géographique 2006.....	62
Annexe C : Données sur les émissions de GES par province, 2007.....	63
Annexe D : Analyse des émissions de GES marginales pour la Saskatchewan.....	64

## Introduction

---

Depuis la signature du Protocole de Kyoto en 1998, les changements climatiques sont devenus un enjeu scientifique important tant sur la scène nationale que sur la scène internationale. Le Protocole de Kyoto est un complément de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques qui a pour objectif de forcer les pays signataires à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES)<sup>1</sup> d'au moins 5% par rapport au niveau de 1990 au cours de la période d'engagement allant de 2008 à 2012. (UNFCCC 1998)

Jusqu'à ce jour, près de 180 pays ont ratifié le Protocole. Le Canada a pour sa part joint les rangs des pays signataires en 2002, devenant ainsi le 99<sup>e</sup> pays à signer l'entente. Les États-Unis, un des plus grands émetteurs de GES dans le monde (OCDE 2008), n'ont pas encore ratifié le Protocole, le jugeant trop contraignant. Avec l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto en 2005, les discussions, initialement scientifiques, se sont transportées dans l'arène politique où des débats houleux ont pu être observés au niveau international. Bien que des politiques divergentes aient créé une atmosphère mondiale tendue, les débats ont néanmoins mené à certains progrès et favorisé l'adoption de plusieurs technologies émergentes et nouvelles.

En 2006, la consommation mondiale en énergie se chiffrait à 11 730 millions de tonnes équivalentes de pétrole annuellement, soit une augmentation de 23% entre 1990 et 2006 (AIE 2008). Cette croissance de la demande d'énergie se traduit par des impacts environnementaux, notamment sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) ou encore sur une utilisation plus intensive du territoire conséquente à l'exploitation accrue des ressources et à la construction de nouvelles unités de production d'énergie.

À l'échelle mondiale, les données les plus récentes indiquent que les émissions directes du secteur des bâtiments (incluant la consommation d'électricité) ont été de l'ordre de 10,6 Gt de CO<sub>2</sub> éq. annuellement, soit presque le quart des 49 Gt équivalentes de CO<sub>2</sub> émises dans le monde en 2004 (GIEC 2007).

Au Canada, 5,9% des émissions de GES proviennent du secteur résidentiel, soit l'équivalent de 44 Mt de CO<sub>2</sub> éq. (Environnement Canada 2007). Évidemment, la proportion des émissions provenant des bâtiments diffère d'une région à l'autre (Annexe C), mais il demeure qu'une grande part de l'impact humain sur l'augmentation des GES dans notre atmosphère provient de la consommation énergétique de nos bâtiments.

La production et l'utilisation de l'énergie sont au cœur des préoccupations environnementales. Au Canada, nous constatons des divergences marquées sur les actions à entreprendre pour réduire les impacts environnementaux. Cependant, on peut dire qu'un consensus s'établit graduellement sur la nécessité d'adopter des mesures permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre conséquentes à l'exploitation des ressources énergétiques.

Des mesures atténuantes, notamment une meilleure gestion de la consommation de l'énergie grâce à l'efficacité énergétique ou encore la production d'énergie à partir de sources alternatives ou renouvelables, gagnent en popularité et s'inscrivent de plus en plus dans les plans de lutte aux changements climatiques des gouvernements et des distributeurs d'énergie.

Malgré ces données peu encourageantes concernant les émissions de GES, il existe tout de même des solutions intéressantes et peu exploitées à ce jour. La croissance de la demande d'énergie a eu un effet favorable sur l'émergence des énergies nouvelles et renouvelables, non seulement dans les économies développées de l'Union Européenne ou de l'Amérique du Nord, mais également dans certains pays

---

<sup>1</sup> Les gaz à effet de serre sont des gaz qui emprisonnent l'énergie solaire dans l'atmosphère et sont essentiels à la vie sur Terre. Cependant, l'augmentation soutenue de leur concentration dans l'atmosphère est inquiétante, puisqu'elle engendre une élévation de la température de la Terre ainsi que des effets non désirables sur notre climat. Notons que les GES font souvent référence au gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), mais ils incluent plusieurs gaz, dont le méthane, le protoxyde d'azote, le fluorocarbure, etc.

émergents comme la Chine, l'Inde ou le Brésil. Un tel intérêt pour ces formes d'énergie a aussi été observé pour la géothermie. On note en effet que le nombre total d'installations de systèmes géothermiques au niveau mondial se chiffrait à 1,3 million en 2005, ce qui représente près du double du nombre d'unités installées en 2000 (Conseil Mondial de l'Énergie 2007). Cette croissance est toutefois très inégale à l'échelle mondiale. Au Canada, la pénétration de la géothermie dans les marchés varie aussi selon les provinces et les régions. La présente étude suggère que les programmes et outils promotionnels doivent être adaptés selon les caractéristiques des marchés.

Malgré une popularité croissante de la géothermie à l'échelle nationale et internationale, la réduction des émissions de GES est souvent citée comme une des barrières à l'adoption plus généralisée de la géothermie, du moins dans certaines provinces et surtout à cause des sources d'énergie utilisées pour la production d'électricité. De plus en plus d'études tendent toutefois à démontrer que cet argument ne peut être retenu de manière systématique, car il ne tient tout simplement pas la route dans plusieurs marchés.

Les résultats de recherche présentés dans ce document ont pour objectif de comparer sur une base commune les émissions de GES des différents systèmes de chauffage résidentiels dans les provinces du Canada. Les comparaisons sont effectuées *strictement* sur le plan environnemental, excluant ainsi l'aspect économique ou d'autres enjeux s'y reliant.

Malgré les particularités et les différences propres à chacune des provinces, notamment au chapitre de la production d'électricité ou de la composition du parc des équipements de chauffage, les hypothèses et les calculs retenus sont les mêmes pour l'ensemble du pays. Le lecteur est invité à tenir compte des limites de ces hypothèses et à utiliser ou à interpréter les résultats avec circonspection.

## Méthodologie

---

Cette étude utilise des données précises et spécifiques à chacune des capitales des provinces canadiennes afin de comparer les émissions de GES des différents systèmes de chauffage. L'étude se limite à l'analyse exclusive du chauffage puisqu'il représente près de 60% de la consommation totale d'énergie dans les maisons unifamiliales (OEE 2006b). Bien que le chauffage de l'eau arrive habituellement en deuxième position en matière de consommation énergétique résidentielle, nous avons préféré ne pas en tenir compte pour les fins de cette étude. L'usage des désurchauffeurs n'est pas généralisé dans les systèmes géothermiques et tendrait donc, dans une analyse comparative, à donner un biais favorable à la géothermie.

De plus, le recours à la climatisation étant variable et disparate dans la plupart des régions du pays, nous avons préféré exclure ce volet de l'analyse afin de rendre les comparaisons interprovinciales plus uniformes et consistantes, et ce, même si la climatisation à l'aide de systèmes géothermiques représente une source d'économie d'énergie importante par rapport aux systèmes conventionnels et donc, une source de réduction potentielle de GES.

Il est souvent admis que les meilleurs systèmes de chauffage au mazout ont une efficacité de près de 85%, que ceux au gaz naturel ont une efficacité de 90% et que les systèmes électriques ont une efficacité avoisinant les 100%. La plupart des analystes se basent sur ces hypothèses simples afin de comparer les formes d'énergie entre elles. Nous avons jugé ces hypothèses trop limitatives pour les fins de cette étude.

Dans les faits, l'efficacité des systèmes varie considérablement. Nous avons donc opté pour l'utilisation d'un intervalle d'efficacité afin de mieux illustrer les émissions de GES. Des hypothèses portant sur différentes valeurs d'efficacité des bâtiments ont aussi été retenues afin de donner un portrait plus juste et représentatif des marchés et du parc de bâtiments existants. Ces hypothèses permettent d'accroître la portée de l'étude.

Pour les fins de cette étude, nous avons retenu une efficacité de 95 % pour les fournaies électriques. Pour le chauffage au gaz naturel et au mazout, différents types de systèmes se retrouvent sur le marché. L'Office de l'efficacité énergétique (2009) classe l'efficacité de ces systèmes de chauffage selon trois catégories :

**Système de chauffage à efficacité normale :** Cette classification indique l'efficacité énergétique des fournaies au gaz naturel et au mazout. La classification efficacité normale fait référence à un système de chauffage dont le rendement énergétique annuel moyen est inférieur à 78 p. 100.

**Système de chauffage à moyenne efficacité :** Cette classification indique l'efficacité énergétique des fournaies au gaz naturel et au mazout. La classification moyenne efficacité fait référence à un système de chauffage dont le rendement énergétique annuel moyen est de 78 p. 100 à 89 p. 100.

**Système de chauffage à haute efficacité :** Cette classification indique l'efficacité énergétique des fournaies au gaz naturel et au mazout. La classification haute efficacité fait référence à un système de chauffage dont le rendement énergétique annuel moyen est de 90 p. 100 ou plus.

Par conséquent, nous avons donc choisi d'évaluer un système ayant une efficacité correspondant à chacune de ces catégories : 0.75, 0.84 et 0.95. De cette façon, l'analyse permet de cibler avec rigueur les systèmes actuels de chauffage dans chacune des provinces qui sont susceptibles d'être substitués par les systèmes de géothermie. Par ailleurs, afin de refléter davantage la technologie actuelle disponible sur le marché, nos recherches concernant les systèmes de chauffage au mazout nous ont amenées à opter pour une efficacité maximale de 90% pour ce type de système. (RNCan 2010)

L'efficacité des systèmes géothermiques doit aussi être balisée avec circonspection. Bien qu'il soit fréquent que les systèmes géothermiques présentent des coefficients de performance (COP<sup>2</sup>) de 4 ou même supérieur il est plus sage, selon nous, de poser l'hypothèse que, dans les faits, un COP inférieur est beaucoup plus réaliste lorsqu'on considère le facteur saisonnier ainsi que les pertes de chaleur réelles.

Cette hypothèse repose sur l'importante distinction à faire entre le COP théorique de la pompe à chaleur, qui reflète des tests de laboratoires à des conditions prédéterminées, et le COP du système, qui reflète les conditions de fonctionnement réelles de l'ensemble du système, et non seulement de la thermopompe. Pour les fins de cette analyse, lorsqu'il sera fait mention de COP, nous sous-entendons qu'il s'agit du COP du système puisqu'il reflète la performance réelle et annuelle de l'ensemble du système – plutôt que la performance théorique exclusive de la thermopompe.

À des fins de comparaison avec les autres types de systèmes de chauffage, trois coefficients de performance (COP) ont été retenus : 2,8, 3,2 et 3,6. En ce qui concerne l'analyse détaillée par province, la comparaison est effectuée à partir d'un COP de 2,8. Ce faisant, nous établissons un seuil comparatif minimal. Toute performance des systèmes géothermiques supérieure à 2,8 améliore donc la position relative de la géothermie par rapport aux autres formes d'énergie.

Par ailleurs, toujours dans le but d'augmenter la précision de cette analyse, en plus de prendre en considération la performance énergétique des bâtiments, trois superficies différentes ont été utilisées afin de représenter un large éventail du secteur résidentiel canadien. La dimension moyenne des résidences unifamiliales au Canada se situe à 1475 pi<sup>2</sup> (135m<sup>2</sup>), mais nous remarquons une augmentation constante de la superficie des nouvelles résidences (RNCan 2006a). De ce fait, les émissions de GES ont été calculées pour des habitations de 1500 pi<sup>2</sup> (140m<sup>2</sup>), 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>) et 2500 pi<sup>2</sup> (230m<sup>2</sup>) afin de mieux refléter les caractéristiques du futur parc de bâtiments plutôt que l'ancien. L'analyse présentée dans ce texte concerne un bâtiment de référence de 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>) avec une isolation moyenne.

De plus, par souci de bien arrimer les comparaisons sur la foi de données équivalentes, les émissions de GES des différents systèmes de chauffage sont représentées par des tonnes équivalentes de CO<sub>2</sub>. Pour parvenir à cette unité, les coefficients d'émissions proposés par Environnement Canada (2009a) ainsi que le pouvoir de réchauffement global des différents gaz émis (UNFCCC 1995) ont été utilisés dans le calcul final des émissions. Notons que pour ajouter un degré de précision supplémentaire, nous avons adopté les coefficients d'émissions de CO<sub>2</sub> pour le gaz naturel ajustés par province et publiés par Environnement Canada dans son *Rapport d'inventaire national 1990-2007 – Sources et Puits des GES au Canada*. Les tableaux 1 et 2 ci-dessous résument ces équivalences.

---

<sup>2</sup> Le coefficient de performance représente la performance énergétique d'une pompe à chaleur. Il correspond à l'énergie produite par le système par rapport à l'énergie électrique consommée par la pompe à chaleur. Pour les fins de cette analyse, le coefficient de performance suggéré est celui du système entier et non seulement celui de la pompe à chaleur.



<b>Tableau 1</b>			
<b>Coefficients d'émissions</b>			
<b>Source</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>
<b>Gaz naturel (g/m<sup>3</sup>)</b>			
<i>Québec</i>	1878	0.037	0.035
<i>Ontario</i>	1879	0.037	0.035
<i>Manitoba</i>	1877	0.037	0.035
<i>Saskatchewan</i>	1820	0.037	0.035
<i>Alberta</i>	1918	0.037	0.035
<i>Colombie-Britannique</i>	1916	0.037	0.035
<i>Territoires</i>	2454	0.037	0.035
<i>Autres provinces</i>	1891	0.037	0.035
<b>Mazout (g/L)</b>	2830	0.026	0.006

Source : Environnement Canada 2009a

<b>Tableau 2</b>	
<b>Pouvoir de réchauffement global</b>	
<b>Gaz</b>	<b>Équivalent en CO<sub>2</sub></b>
<b>Méthane (CH<sub>4</sub>)</b>	21
<b>Protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)</b>	310

Source : UNFCCC 1995

Par ailleurs, et par souci de comparaison équivalente avec l'utilisation de l'électricité par les systèmes géothermiques et les plinthes électriques, les émissions indirectes liées à la distribution du gaz naturel ont été incluses dans nos calculs. Ces émissions fugitives possèdent un coefficient d'émission de méthane (CH<sub>4</sub>) attribué par kilomètre du réseau de distribution du gaz naturel. Selon Environnement Canada (2009a), ce taux de fuite est évalué à 0.0007 kt de CH<sub>4</sub>/km. En ajoutant ce facteur de correction, nous ajustons à la baisse les coefficients utilisés pour les systèmes au gaz naturel car ceux-ci reflètent habituellement des tests de laboratoire et ne reflètent pas nécessairement la réalité de bon fonctionnement dans les marchés, contrairement à ceux employés pour les systèmes de géothermie. Quant aux pertes du réseau électrique, nous en tenons compte en réduisant l'efficacité des systèmes électrique à un niveau de 95%.

De plus, dans son *Rapport d'inventaire national 1990-2007 – Sources et Puits des GES au Canada*, Environnement Canada propose des données sur l'intensité des émissions de GES pour le secteur de l'électricité de chaque province. Bien que ces données soient essentielles pour notre analyse, il importe de noter qu'elles ne reflètent que les émissions de GES provenant de la production d'électricité de chaque province et ne tiennent pas compte des importations et des exportations d'électricité des provinces.

Pour certaines provinces, la différence entre les émissions de GES provenant de l'électricité produite dans la province par opposition aux émissions de GES de l'électricité importée est considérable et largement suffisante pour rendre futile toute comparaison entre les différentes formes d'énergie. Le commerce interprovincial – et international – de l'électricité ne peut donc être ignoré et nous en avons tenu compte dans notre étude. À titre d'exemple, l'Île-du-Prince-Édouard, qui importe près de 95% de son électricité du Nouveau-Brunswick, voit son intensité d'émissions de GES varier significativement en incluant les transferts interprovinciaux d'électricité. C'est également le cas pour d'autres provinces.

Dans une thèse déposée à l'Université de la Colombie-Britannique, Jana Hanova (2007) propose d'inclure les importations d'électricité de chaque province afin de refléter de manière plus précise les

sources de production de l'électricité consommée. Notre étude reprend cette idée, mais approfondit davantage le concept en y intégrant les transferts interprovinciaux et le commerce international, et en établissant une moyenne sur 5 ans. Cette moyenne permet d'éviter, en partie, que l'analyse soit biaisée par des données statistiques annuelles exceptionnelles – les importations et exportations d'électricité d'une province peuvent en effet varier considérablement d'une année à l'autre. Les données de 2008 n'étant pas encore disponibles ni au Canada ni aux États-Unis, nous avons utilisé la moyenne de la période 2003-2007.

Le tableau 3 présente l'intensité des émissions de GES par province pour le secteur de l'électricité en y incluant les importations, les exportations ainsi que les transferts interprovinciaux. Pour plus de détails concernant ces données, veuillez vous référer à l'annexe A sur l'intensité des GES du secteur de l'électricité par province.

<b>Tableau 3</b>		
<b>Intensité des émissions de GES pour le secteur de l'électricité</b>		
<b>Provinces</b>	<b>Production d'électricité seulement (t CO<sub>2</sub> éq./GWh) Moyenne sur 5 ans</b>	<b>Consommation d'électricité incluant importations / exportations / transferts (t CO<sub>2</sub> éq./GWh) Moyenne sur 5 ans</b>
<b>Colombie-Britannique</b>	18	53
<b>Territoires</b>	84	84
<b>Alberta</b>	878	872
<b>Saskatchewan</b>	796	782
<b>Manitoba</b>	16	105
<b>Ontario</b>	216	228
<b>Québec</b>	7	28
<b>Nouveau-Brunswick</b>	440	428
<b>Île-du-Prince-Édouard</b>	336	434
<b>Nouvelle-Écosse</b>	756	752
<b>Terre-Neuve-Labrador</b>	30	30

Notre analyse comparative tient également compte des différences de température significatives entre les villes canadiennes de référence utilisées aux fins de cette étude. Nous avons donc ajusté la consommation énergétique des bâtiments types en tenant compte des degrés-jours de chauffe.<sup>3</sup>

Pour mieux exemplifier ce que représentent les réductions annuelles de GES en tonnes pour une maison unifamiliale, les différents tableaux présentés dans ce document illustrent les réductions possibles de GES à l'échelle provinciale avec divers taux de pénétration des marchés par les systèmes géothermiques. Nous avons étendu l'analyse à des bâtiments de différente taille ayant des performances énergétiques variables.

Une autre manière d'illustrer l'importance de ces réductions potentielles est d'estimer une équivalence en nombre de voitures qui seraient retirées de nos routes à chaque année si les réductions avaient réellement lieu. Notons que cette équivalence utilise le volume de GES émis par la moyenne des véhicules circulant au Canada selon les données publiées par Ressources Naturelles Canada. Ainsi,

<sup>3</sup> Le concept de degré-jour de chauffage est utilisé pour estimer les besoins de chauffage des bâtiments. Pour chaque degré dont la température moyenne quotidienne est inférieure à 18°C (on considère qu'en dessous de ce seuil, il faut chauffer pour maintenir une température dans la zone de confort), on compte un degré-jour de chauffage. Ainsi, si la moyenne quotidienne d'une journée est de 15°C, trois (3) degrés-jours de chauffage seront comptabilisés. Cependant, si aucun chauffage n'est nécessaire, c'est-à-dire si la température est supérieure à 18°C, le nombre de degré-jour sera zéro. Avec cette méthode, les calculs concernant l'utilisation des systèmes de chauffage sont plus précis et prennent en considération les particularités météorologiques de chaque ville.

l'émission moyenne des véhicules au Canada se chiffrent à 3 360 kg de CO<sub>2</sub> éq. annuellement (RNCan 2009). Ces émissions équivalent aux émissions annuelles d'une voiture de type familiale comme une Jetta Wagon. (Éco Action 2009)

Notre étude considère l'introduction à la marge de sources d'énergies vertes comme puissance de base (*base load*). Il ne s'agit donc pas de substitution – ou de remplacement d'unité de production d'électricité – mais plutôt d'une diversification à la marge.

Précisons enfin que les villes choisies sont les capitales provinciales. Ce choix est purement électif et n'a pas de véritable impact sur les conclusions générales de l'étude. En réalité, il est clair qu'aucune des capitales n'est révélatrice de l'ensemble des conditions géologiques et météorologiques de la province. Ainsi, l'extrapolation à l'échelle provinciale des résultats obtenus pour une ville spécifique dans le cadre de cette étude – sans ajustements préalables aux conditions climatiques – n'est pas conseillée.

## Canada

Pour illustrer l'importance de la géothermie dans le processus de réduction de GES, nous proposons une analyse qui repose sur un certain nombre de scénarios, permettant de mettre en valeur les avantages récurrents de la géothermie.

Le tableau 4 résume le potentiel canadien de réduction de GES pour différents taux de pénétration de la géothermie. Les données présentent le potentiel de réduction de GES pour toutes les résidences unifamiliales de 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>) du Canada utilisant différentes formes de chauffage par rapport à un système géothermique affichant un COP de 2,8, soit la référence utilisée tout au long de ce document pour les analyses provinciales.

<b>Tableau 4</b>				
<b>Potentiel de réduction des GES au Canada suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels</b>				
<b>Taux de pénétration du marché*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	115 350	230 701	461 402	922 804
<b>Gaz naturel</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	201 589	403 178	806 356	1 612 713
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	59 315	118 630	237 261	474 521
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	376 255	752 510	1 505 019	3 010 038
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	111 981	223 961	447 922	895 845

\*Il y a 7 181 000 maisons unifamiliales au Canada (OEE 2006b)

Il est utile et important de noter ici que la conversion des systèmes de chauffage au mazout représente le plus grand potentiel de réduction des GES au niveau d'une seule maison unifamiliale. En revanche, au niveau canadien, la conversion des systèmes de chauffage au gaz naturel à la géothermie représente le plus grand potentiel global de réduction puisque le gaz naturel est utilisé dans près de la moitié des maisons unifamiliales au pays pour le chauffage des espaces (OEE 2006a).

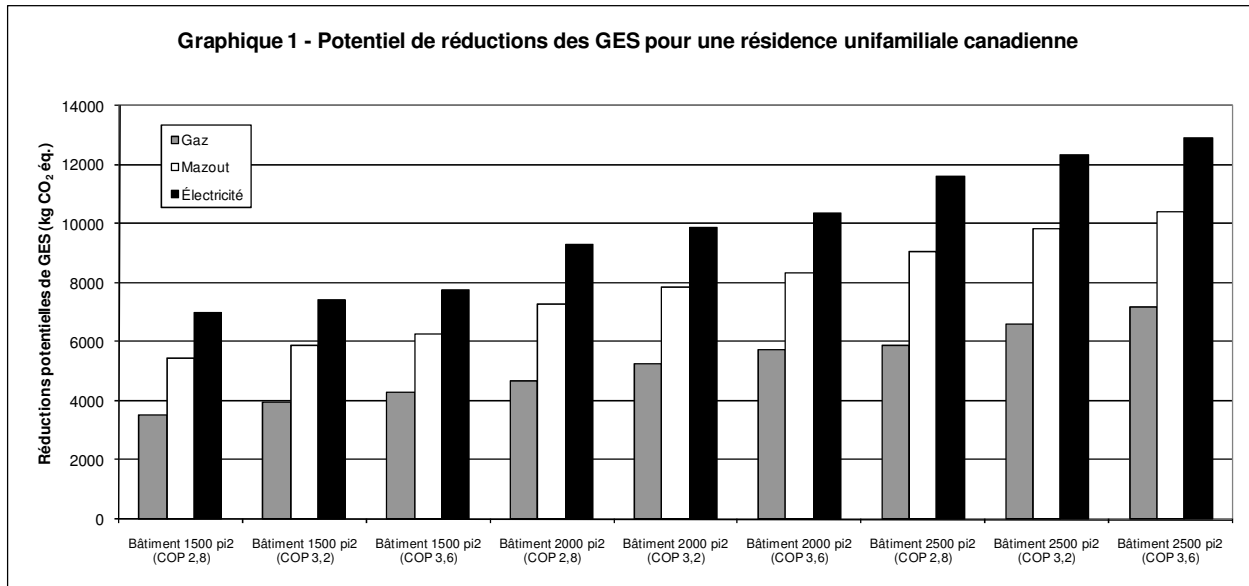
Notons aussi que les données présentées au tableau 4 reflètent seulement les réductions potentielles de GES des maisons unifamiliales au Canada et ne tiennent pas compte des secteurs commercial, institutionnel et industriel. Il est donc clair que la géothermie possède un potentiel de réduction des émissions de GES beaucoup plus important que le potentiel partiel présenté ici.

Par ailleurs, le graphique 1 illustre la progression des réductions de GES que permet l'augmentation de la performance (COP) des systèmes géothermiques. De plus, ce graphique met aussi clairement en évidence la relation directe entre l'augmentation de la superficie et le volume total des GES évités. En ce qui concerne les performances des systèmes, trois COP théoriques ont été utilisés pour les fins de cette étude : 2,8, 3,2 et 3,6.

On y voit clairement que la progression du COP de 2,8 à 3,2 et de 3,2 à 3,6 permet des réductions supplémentaires de GES de 6,4% et de 4,7% dans le cas de l'électricité. De plus, il ne faut pas oublier

que ces réductions sont cumulatives. Autrement dit, le passage d'un COP de 2,8 à 3,6 signifie une réduction de 11,1%. Dans les cas de remplacement du gaz naturel et du mazout, nous obtenons des réductions supplémentaires de l'ordre de 12,5% et 8,6% pour le gaz naturel et de 8,2% et 5,9 % pour le mazout.

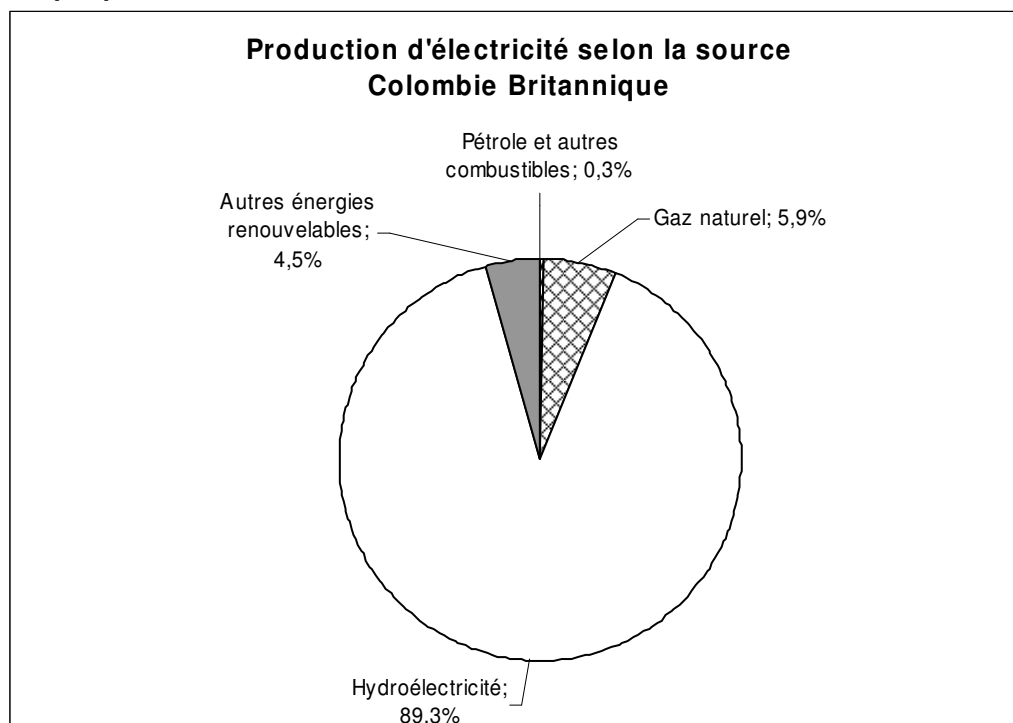
Si on regarde le potentiel de réduction du point de vue de la superficie des bâtiments, les résultats sont cohérents avec la logique : une consommation brute d'énergie plus élevée dans les bâtiments plus grands aura comme conséquence une réduction potentielle des GES supérieure en adoptant la géothermie. En effet, les résultats obtenus démontrent que les bâtiments de 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>) possèdent un potentiel de réduction de 33% supérieur aux bâtiments d'une superficie de 1500 pi<sup>2</sup> (140m<sup>2</sup>), toute chose étant égale par ailleurs. Pour un bâtiment de 2500 pi<sup>2</sup> (230m<sup>2</sup>), cette augmentation du potentiel est de 67% comparativement au potentiel des bâtiments de 1500 pi<sup>2</sup> (140m<sup>2</sup>).



## Colombie-Britannique

Comme l'illustre le graphique 2, la majorité de l'électricité produite en Colombie-Britannique provient des centrales hydroélectriques. Puisque l'hydroélectricité est considérée comme un faible émetteur de GES et que 86% des émissions de cette province découlent de l'utilisation de différentes formes d'énergie (Environnement Canada 2009a), la Colombie-Britannique occupe la deuxième place des plus faibles émetteurs de GES par habitant au Canada tout juste avant le Québec. De plus, même si sa population représente 13% de la population canadienne, cette province ne contribue que pour 8,5% des émissions de GES du pays, soit un volume total de 63,1 Mt de GES émises annuellement. (Annexe C) Toutefois, la Colombie-Britannique a tout de même vu ses émissions de GES augmenter de 28% depuis 1990 (Environnement Canada 2008). Cette augmentation provient essentiellement des sous-secteurs de l'exploitation minière et des industries des combustibles fossiles.

**Graphique 2**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

Avec des conditions d'hydraulicité parfois défavorables, la province, pour satisfaire la demande interne, doit parfois importer son électricité des États-Unis, où il existe un marché important d'échange avec la Californie. De plus, l'électricité produite en Colombie-Britannique est fréquemment acheminée vers l'Alberta durant les heures de pointe et inversement en dehors de celles-ci. Ainsi, si on inclut les importations et les exportations de l'électricité dans le calcul des émissions de GES dans le secteur de l'électricité, nous observons une hausse de l'intensité des émissions tel qu'illustré au Tableau 3. Avec ce nouveau calcul, on estime l'intensité des émissions de GES à 53 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh, ce qui demeure relativement faible comparativement aux autres provinces canadiennes. En 2003, plus du quart (27,4 %) de la demande en électricité provenait du secteur résidentiel. (ONE 2006) Malgré la forte contribution de l'hydroélectricité, le gaz naturel domine comme méthode de chauffage dans les maisons unifamiliales en Colombie-Britannique. (Tableau 5)

**Tableau 5****Part des systèmes de chauffage résidentiels en Colombie-Britannique**

<b>Effacité</b>	<b>Mazout</b>			<b>Gaz naturel</b>			<b>Plinthe électrique</b>	<b>Autres</b>
	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>		
<b>Part (%)</b>	1,4	0,8	0	31,5	12,4	10,2	26,4	17,3

Source : OEE 2006b

Le tableau 7, présenté à la fin de cette section portant sur la Colombie-Britannique, montre que des réductions considérables de GES sont possibles avec l'utilisation accrue de la géothermie. On remarquera que les réductions sont davantage importantes si on compare un système géothermique avec le système de chauffage au mazout. Elles demeurent toutefois considérables si on les compare avec le système conventionnel au gaz naturel avec des réductions d'environ 5 tonnes annuellement.

Pour bien illustrer ce que représente une réduction de 5 tonnes de GES annuellement pour une maison unifamiliale, le tableau 6 illustre les réductions possibles à l'échelle provinciale avec divers taux de pénétration du marché des systèmes de géothermie. Tel que mentionné dans la section décrivant la méthodologie de ce rapport, les données utilisées sont celles qui correspondraient à un bâtiment de 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>) avec une isolation moyenne, tandis que les différents systèmes de chauffage sont comparés à un système géothermique ayant un coefficient de performance de 2,8. De plus, la proportion du nombre de maisons unifamiliales utilisant les divers types de systèmes a été conservée dans le but de rendre cette analyse réaliste. Ainsi, les calculs de pénétration de marché et les réductions s'y rattachant sont basés sur le nombre de maisons possédant un système spécifique et non sur le nombre total de maisons unifamiliales en Colombie-Britannique. En clair, afin d'accroître la précision de notre analyse, nous avons utilisé les données du tableau 4 sans tenir compte de la proportion des maisons qui utilisent d'autres types de systèmes de chauffage (17,3 %).

**Tableau 6****Potentiel de réduction des GES en Colombie-Britannique suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	4 383	8 765	17 531	35 062
<b>Gaz naturel</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	54 376	108 752	217 504	435 008
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	3 202	6 404	12 807	25 614
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	61 961	123 921	247 842	495 684
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	18 441	36 881	73 763	147 525

\*Il y a 970 000 maisons unifamiliales en Colombie-Britannique (OEE 2006b)

En résumé, dans une perspective de réduction des émissions de GES, la Colombie-Britannique aurait grandement avantage à promouvoir un usage accru de la géothermie. Pour chaque point de pourcentage de pénétration de la géothermie dans le secteur résidentiel de la province, on observe une réduction d'environ 31 000 tonnes CO<sub>2</sub> éq.

Victoria, CB

Tableau 7 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 3041	COP	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
		Btu/h	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen
<b>Électricité</b>										
Fournaise centrale	0,95	1263	971	747	1684	1295	996	2105	1619	1245
Géothermie - PAC	2,8	428	330	254	571	439	338	714	549	423
Géothermie - PAC	3,2	375	288	222	500	385	296	625	481	370
Géothermie - PAC	3,6	333	256	197	444	342	263	555	427	329
<b>Gaz naturel</b>										
Efficacité normale	0,75	5856	4505	3465	7808	6006	4620	9760	7508	5775
Efficacité moyenne	0,84	5229	4022	3094	6972	5363	4125	8714	6703	5156
Haute efficacité	0,95	4623	3556	2736	6164	4742	3648	7705	5927	4559
<b>Mazout</b>										
Efficacité normale	0,75	8057	6198	4767	10742	8263	6356	13428	10329	7945
Efficacité moyenne	0,84	7194	5534	4257	9591	7378	5675	11989	9222	7094
Haute efficacité	0,9	6714	5165	3973	8952	6886	5297	11190	8607	6621

*Données calculées par la CCÉG*

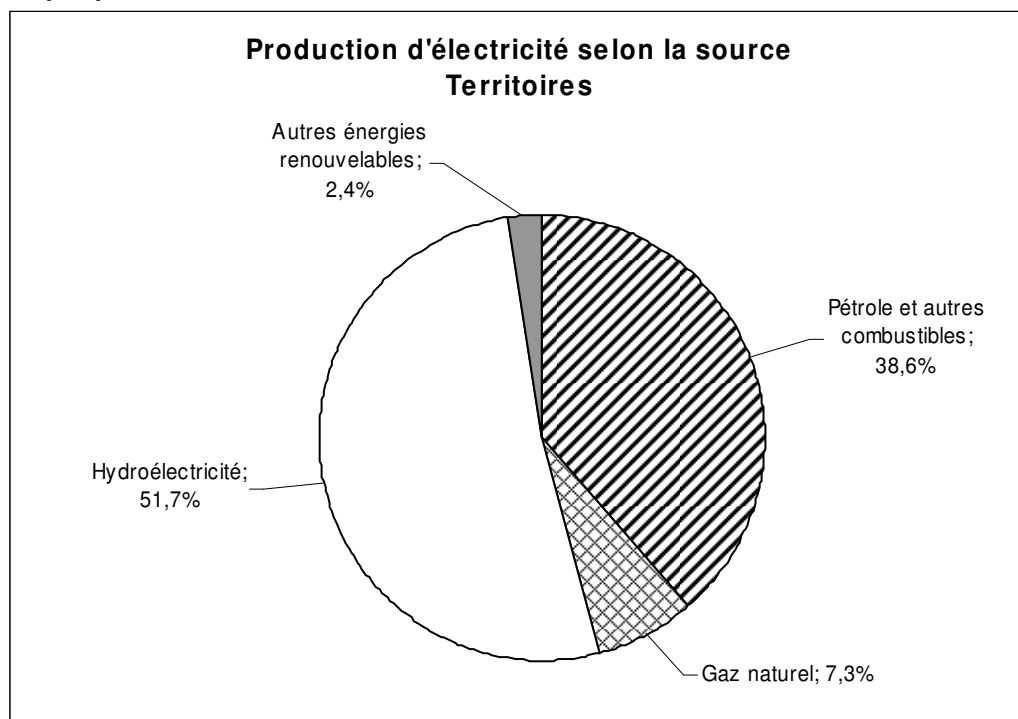


## Territoires

---

Les territoires (Yukon, Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut) constituent près de 40% de la superficie du Canada. Ce vaste territoire possède donc une très faible densité de population. De ce fait, une proportion considérable de la capacité de production électrique est décentralisée et repose sur l'utilisation du mazout. (ONE 2006) Au-delà de cette généralisation, chaque territoire possède des caractéristiques qui lui sont propres. Au Yukon, l'hydroélectricité domine largement tandis que dans les Territoires du Nord-Ouest la production est répartie entre l'hydroélectricité et le diesel. Le Nunavut est le seul endroit au pays qui dépend entièrement du diesel pour l'électricité. Cependant, malgré ces différences notoires, les données concernant les trois territoires sont souvent regroupées à des fins statistiques. De plus, les données collectées avant 1999 ne sont pas disponibles pour établir la distinction entre les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut. L'analyse des trois territoires est, bien qu'imparfaite, un bon reflet des statistiques disponibles.

**Graphique 3**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

Ensemble, les trois territoires représentent 0,3 % de la population canadienne et contribuent autant l'un que l'autre aux émissions de GES du pays. Il est à noter que les territoires font partie des rares régions du Canada où les émissions totales de GES ont diminué depuis 1990. Malgré le fait que les industries gazifières, minières et pétrolières sont omniprésentes dans cette région, le Yukon, par exemple, a vu ses émissions de GES baisser de 24,6 % depuis 1990. Cette baisse est principalement attribuable à une diminution des émissions provenant de combustibles fossiles pour la production d'électricité, des automobiles à essence ainsi qu'à une diminution des émissions des sous-secteurs commercial et institutionnel.

Toutefois, cette diminution considérable a été atténuée à l'échelle des trois territoires par une augmentation des émissions de GES de l'ordre de 21,5 % par rapport à 1990 dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut (Environnement Canada 2009a). Ainsi, si le Yukon faisait l'objet d'une analyse

distincte, ses émissions per capita le placeraient en 2<sup>e</sup> position des plus faibles émetteurs au pays, juste après le Québec.

Cependant, les trois territoires combinés émettent en moyenne annuellement 21,4 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant, ce qui les place légèrement au-dessus de la médiane des provinces canadiennes. L'intensité des émissions de GES se chiffre à 84 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh, ce qui est semblable à celle du Manitoba. Cette comparaison n'est pas surprenante puisque plus de la moitié de l'électricité produite dans les Territoires est issue de sources hydrauliques (Graphique 3). Or, dans ces régions éloignées, le mazout domine largement comme méthode de chauffage des bâtiments, situation qui entraîne un plus grand potentiel de réductions des GES. (Tableau 8)

<b>Tableau 8</b>								
<b>Part des systèmes de chauffage résidentiels dans les Territoires</b>								
	<b>Mazout</b>			<b>Gaz naturel</b>			<b>Plinthe électrique</b>	<b>Autres</b>
<b>Efficacité</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>		
<b>Part (%)</b>	47,5	19,5	0	2,5	7,6	6,3	2,8	13,8

Source : OEE 2006b

<b>Tableau 9</b>				
<b>Potentiel de réduction des GES dans les Territoires suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels</b>				
<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	36	71	143	286
<b>Gaz naturel</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	875	1 750	3 500	7 000
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	4 607	9 213	18 426	36 853
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	5 517	11 035	22 069	44 139
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	1 642	3 284	6 568	13 137

\*Il y a 21 000 maisons unifamiliales dans les Territoires (OEE 2006b)

Bien qu'il faille prendre en considération des variables supplémentaires dans ces régions lors de l'installation d'un système de géothermie (ex. : présence de permafrost), les Territoires représentent un marché intéressant pour l'industrie de la géothermie. Une augmentation du taux de pénétration se reflète favorablement dans une réduction de la consommation de combustibles fossiles (notamment le mazout) et des émissions de GES.

Whitehorse, YT

Tableau 10 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 6811	COP	Btu/h	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
			Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur
<b>Électricité</b>											
Fournaise centrale	0,95		4483	3448	2652	5977	4597	3537	7471	5747	4421
Géothermie - PAC	2,8		1521	1170	900	2028	1560	1200	2535	1950	1500
Géothermie - PAC	3,2		1331	1024	787	1774	1365	1050	2218	1706	1312
Géothermie - PAC	3,6		1183	910	700	1577	1213	933	1971	1517	1167
<b>Gaz naturel</b>											
Efficacité normale	0,75		15995	12304	9464	21326	16405	12619	26657	20505	15773
Efficacité moyenne	0,84		14281	10985	8450	19041	14647	11267	23801	18308	14083
Haute efficacité	0,95		12627	9713	7472	16836	12951	9962	21045	16188	12453
<b>Mazout</b>											
Efficacité normale	0,75		18045	13881	10678	24060	18507	14236	30074	23134	17795
Efficacité moyenne	0,84		16112	12394	9534	21482	16524	12711	26852	20655	15889
Haute efficacité	0,9		15038	11567	8898	20050	15423	11864	25062	19278	14829

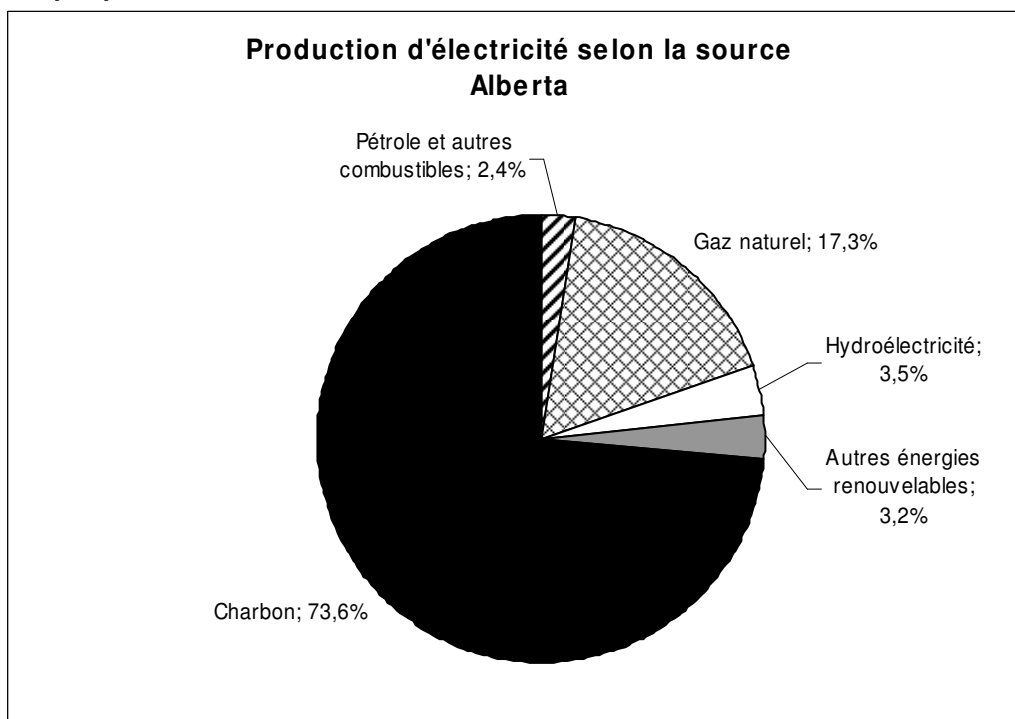
*Données calculées par la CCÉG*

## Alberta

La forte intensité d'utilisation de combustibles fossiles pour la production d'électricité en Alberta fait en sorte qu'on observe des niveaux élevés d'émissions de GES, soit 872 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh; l'Alberta arrive en deuxième position au classement décroissant des émissions par habitant suivant de près la Saskatchewan. En chiffres absolus, l'Alberta est la plus grande émettrice de GES aux pays, contribuant à 33,2% du volume total de GES émis au Canada. Avec une impressionnante participation dans la production primaire d'énergie au Canada (64%), une croissance démographique soutenue (38%), une demande en électricité élevée et en forte croissance ainsi qu'une utilisation accrue du transport routier (principalement une conséquence des activités liées à l'exploitation des sables bitumineux), il n'est pas surprenant de constater que les émissions de GES en Alberta aient augmenté de 43,7% depuis 1990. (Environnement Canada 2009a)

En ce qui concerne la production d'électricité, près des trois quarts proviennent du charbon, ce qui s'explique par l'abondance des ressources charbonnières de cette province et sa faible dotation en ressources hydrauliques. Le gaz naturel occupe le second rang des sources de production d'électricité avec 17% de la capacité de production de l'Alberta. Tel que mentionné précédemment, l'Alberta importe des quantités importantes d'électricité provenant de la Colombie-Britannique durant les heures de pointe et, dans une moindre mesure, de la Saskatchewan et des États-Unis.

**Graphique 4**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

Le secteur industriel domine largement la consommation énergétique de cette province. Pour ce qui est du chauffage, le gaz naturel est principalement utilisé pour son faible coût (grâce aux subventions accordées par le gouvernement provincial) et pour son impact environnemental moindre que l'électricité produite à partir du charbon. (Tableau 11)

**Tableau 11****Part des systèmes de chauffage résidentiels en Alberta**

<i>Efficacité</i>	<i>Mazout</i>			<i>Gaz naturel</i>			<i>Plinthe électrique</i>	<i>Autres</i>
	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>		
<i>Part (%)</i>	0	0,8	0	44,7	47,4	0	2,6	4,5

Source : OEE 2006b

Le tableau 13 nous indique que la géothermie et le gaz naturel présentent des situations similaires pour ce qui est des émissions de GES pour le secteur résidentiel de la province. Selon les hypothèses retenues dans le cadre de cette étude, qui vise à établir des comparaisons tant interprovinciales qu'intra provinciales, on note un avantage marginal minime pour le gaz naturel, puisque l'électricité utilisée par la pompe à chaleur géothermique provient essentiellement de source charbonnière et émet donc beaucoup de GES.<sup>4</sup> Rappelons toutefois qu'un système géothermique avec un COP supérieur comparé avec une fournaise à haute efficacité dont l'efficacité théorique est réduite par un manque d'entretien rend la géothermie attrayante du point de vue des émissions de GES.

En comparaison avec le mazout, quoique cette source d'énergie soit relativement peu utilisée pour le chauffage résidentiel dans cette province, la géothermie est évidemment avantageuse sur le plan environnemental. Ce qui retient l'attention dans l'analyse détaillée du tableau 13 est le net avantage environnemental que procurent les systèmes géothermiques comparativement aux fournaises électriques. Tel que mentionné plus haut, cet écart majeur s'explique par la provenance de l'électricité en Alberta. Ainsi, le tableau 13 démontre clairement que l'utilisation directe de l'électricité comme source de chauffage n'est pas la solution à envisager en Alberta. Encore une fois, le tableau qui suit prend en compte les proportions d'utilisation des différents systèmes de chauffage dans la province.

**Tableau 12****Potentiel de réduction des GES dans en Alberta suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	11 763	23 526	47 052	94 105
<b>Gaz naturel</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	(43 276)	(86 553)	(173 105)	(346 210)
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	38	76	152	304
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	(31 475)	(62 950)	(125 900)	(251 801)
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	-	-	-	-

\*Il y a 856 000 maisons unifamiliales en Alberta (OEE 2006b)

En Alberta, comme dans toutes les provinces du Canada, et dans une perspective de réduction des émissions de GES, la géothermie est avantageuse comparée au chauffage électrique. Toujours dans cette même perspective d'émissions de GES, et en tenant compte des hypothèses retenues dans le

<sup>4</sup> Considérant la position relative de la géothermie et du gaz naturel pour le chauffage résidentiel en Alberta pour ce qui a trait aux émissions de GES, laquelle reflète l'état actuel des marchés de l'électricité et ne tient aucunement compte de l'analyse du cycle de vie, nous invitons donc les lecteurs à interpréter les résultats présentés ici avec la plus grande prudence. Notons aussi que ces résultats ne doivent en aucune manière être extrapolés au secteur commercial. Dans ce secteur, on peut penser que l'ajout de charges de climatisation dans l'analyse comparative favoriserait probablement la géothermie.

cadre de cette étude, le chauffage au gaz naturel présente un mince avantage, et ce, principalement à cause des sources de production d'électricité.

Cependant, cette situation pourrait changer suite à l'introduction accrue d'unités de production d'électricité à partir de sources renouvelables (par ex. éoliennes), ce qui contribuerait à améliorer favorablement la compétitivité environnementale de la géothermie.

De plus, il est important de répéter que les scénarios utilisés sont «conservateurs» et que de meilleurs coefficients de performance sont facilement atteignables dans la mesure où la conception et l'installation des systèmes de géothermie ont été effectuées de manière adéquate.

Par ailleurs, rappelons que l'Office de l'efficacité énergétique (2009) définit un système de chauffage à efficacité normale comme un système ayant un rendement énergétique annuel moyen inférieur à 78 p. 100. Rappelons aussi que, selon les données fournies par l'Office de l'efficacité énergétique présentées au Tableau 11, près de la moitié des systèmes de chauffage au gaz naturel en Alberta sont d'efficacité normale. Ainsi, le potentiel de conversion de ces systèmes en systèmes de géothermie est énorme.

Edmonton, AB

Tableau 13 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 5708	COP	Btu/h	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
			Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur
<b>Électricité</b>											
Fournaise centrale	0,95		38998	29999	23076	51997	39997	30767	64995	49996	38458
Géothermie - PAC	2,8		13232	10178	7829	17642	13571	10439	22052	16963	13048
Géothermie - PAC	3,2		11578	8906	6851	15436	11874	9134	19295	14843	11417
Géothermie - PAC	3,6		10291	7916	6089	13721	10555	8119	17151	13193	10149
<b>Gaz naturel</b>											
Efficacité normale	0,75		11172	8593	6610	14895	11458	8814	18618	14322	11017
Efficacité moyenne	0,84		9975	7673	5902	13299	10230	7869	16624	12787	9836
Haute efficacité	0,95		8820	6784	5219	11759	9046	6958	14699	11307	8698
<b>Mazout</b>											
Efficacité normale	0,75		15123	11633	8948	20163	15510	11931	25204	19387	14913
Efficacité moyenne	0,84		13503	10387	7990	18003	13848	10653	22503	17310	13316
Haute efficacité	0,9		12602	9694	7457	16803	12925	9942	21003	16156	12428

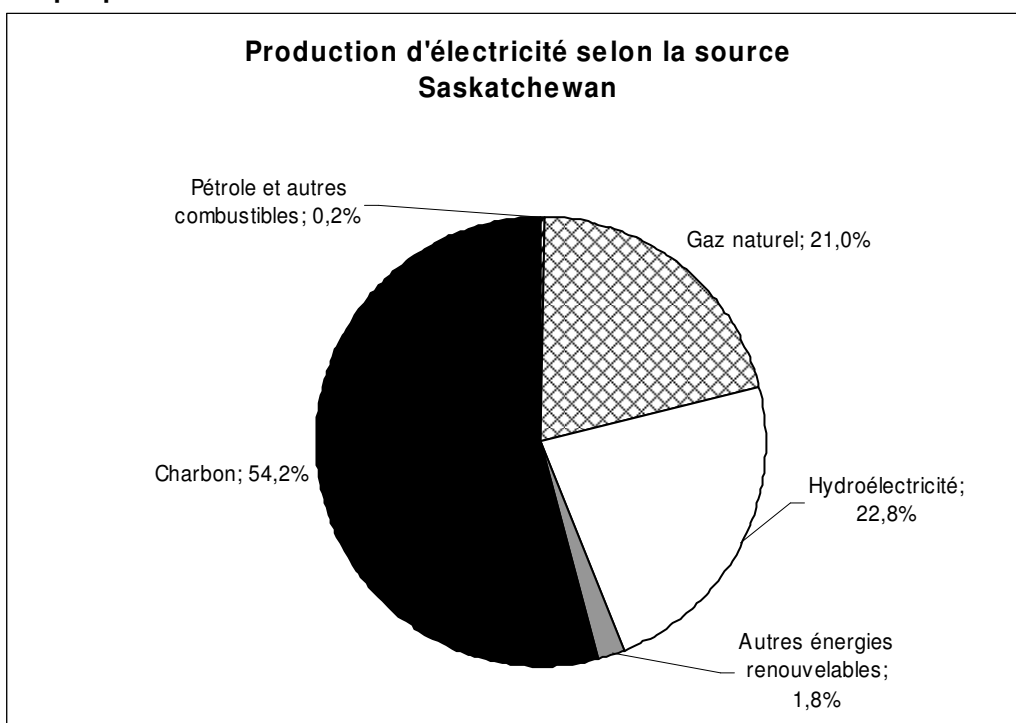
*Données calculées par la CCÉG*

## Saskatchewan

Avec une augmentation des émissions de GES de 66% depuis 1990 (la moyenne nationale étant de 26,2%) et une intensité d'émissions de GES dans le secteur de l'électricité se chiffrant à 782 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh, la Saskatchewan se positionne parmi les provinces les plus polluantes du Canada. De plus, avec une économie axée sur les ressources naturelles et une population de petite taille (Annexe B), l'intensité des émissions de GES par habitant de la province se chiffre à 72,2 tonnes, soit le ratio le plus élevé au pays (Environnement Canada 2009a).

Ces statistiques reflètent la forte proportion de la capacité de production d'électricité du charbon, soit 54,2%. De plus, près de 80% des sources d'émissions de GES de la Saskatchewan proviennent des secteurs associés à l'énergie contribuant ainsi largement à l'augmentation des émissions de GES de la province (Environnement Canada 2009a). Par ailleurs, les sources de chauffage des résidences en Saskatchewan sont similaires à celles de l'Alberta, et les systèmes de chauffage au gaz naturel dominent dans les maisons unifamiliales (Tableau 14).

Graphique 5



Source : Statistiques Canada 2007b

Tableau 14

**Part des systèmes de chauffage résidentiels en Saskatchewan**

	<i>Mazout</i>			<i>Gaz naturel</i>			<i>Plinthe électrique</i>	<i>Autres</i>
	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>		
<b>Efficacité</b>								
<b>Part (%)</b>	0,6	0,7	0	46,9	20,9	17,7	4,2	9

Source : OEE 2006b



Les résultats présentés dans le tableau 16 sur les émissions annuelles de GES des différents systèmes de chauffage suggèrent à nouveau un bénéfice environnemental pour la géothermie face à tous les autres types de systèmes de chauffage. Nous notons un avantage de taille de réduction des émissions de GES en comparant la géothermie à la fournaise électrique, ce qui, encore une fois, s'explique facilement par une utilisation importante du charbon pour la production d'électricité en Saskatchewan. (Tableau 15)

D'un strict point de vue des émissions de GES, la géothermie s'avère l'option la plus écologique par rapport aux autres types de systèmes de chauffage étudiés. De plus, la durée de vie utile de beaucoup de centrales au charbon en Saskatchewan arrive à terme au cours de la prochaine décennie (ONE 2006). En conséquence, on peut penser que la structure de production de l'électricité de la province connaîtra certains changements susceptibles de modifier l'intensité des émissions de GES de la province.

En parallèle, l'introduction de sources d'énergie plus propres est en croissance en Saskatchewan comme le démontre la mise en service en 2006 d'un des plus grands parcs éoliens du Canada. Certaines technologies nouvelles, par exemple des centrales au charbon ayant la capacité de capter et de stocker tous les GES émis par ces centrales – projet Clean Coal<sup>MD</sup> – pourraient aussi avoir un impact favorable sur la réduction des émissions de GES provenant de la production d'électricité en Saskatchewan. Le cas échéant, et selon la rapidité avec laquelle ces technologies seront introduites, les réductions de GES provenant des systèmes de géothermie augmenteraient proportionnellement en fonction du nombre de ces installations.

<b>Tableau 15</b>				
<b>Potentiel de réduction des GES en Saskatchewan suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels</b>				
<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	5 824	11 649	23 297	46 595
<b>Gaz naturel</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	1 925	3 850	7 701	15 401
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	186	372	744	1 488
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	7 936	15 871	31 742	63 484
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	-	-	-	-

\*Il y a 295 000 maisons unifamiliales en Saskatchewan (OEE 2006b)

Tel que suggéré par le *GHG Protocol* du *World Resource Institute* (WRI 2007), une analyse marginale permet d'identifier les installations existantes productrices d'électricité dont l'utilisation serait réduite suite à une diminution de la demande d'électricité ou le moyen de production utilisé s'il y avait une augmentation de la demande. Grâce à l'analyse marginale, il est possible de calculer les conséquences d'une production supplémentaire sur les émissions de GES.

L'annexe D du présent rapport présente une telle analyse à la marge pour la Saskatchewan. En retenant le scénario d'une nouvelle résidence de 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>), avec une isolation supérieure ainsi qu'un système de chauffage performant (efficacité à 95% pour celui au gaz naturel et un COP de 3,6 pour la géothermie), nous obtenons donc des résultats optimaux pour les deux technologies. Ainsi, dans ces conditions, l'installation d'un système de géothermie réduirait les émissions de GES liées au chauffage de près de 6 tonnes.

Régina, SK

Tableau 16 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours	COP	Btu/h	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
			Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur
5661			55026	42328	32560	73367	56436	43412	91707	70544	54264
<b>Électricité</b>											
Fournaise centrale	0,95		34685	26681	20524	46246	35574	27364	57807	44467	34205
Géothermie - PAC	2,8		11768	9052	6963	15691	12070	9284	19613	15087	11605
Géothermie - PAC	3,2		10297	7921	6093	13729	10561	8124	17161	13201	10155
Géothermie - PAC	3,6		9153	7041	5416	12204	9388	7221	15255	11734	9026
<b>Gaz naturel</b>											
Efficacité normale	0,75		13051	10039	7722	17401	13385	10296	21751	16731	12870
Efficacité moyenne	0,84		11653	8964	6895	15536	11951	9193	19420	14939	11491
Haute efficacité	0,95		10303	7926	6097	13738	10567	8129	17172	13209	10161
<b>Mazout</b>											
Efficacité normale	0,75		14998	11537	8875	19997	15382	11833	24996	19228	14791
Efficacité moyenne	0,84		13391	10301	7924	17855	13734	10565	22318	17168	13206
Haute efficacité	0,9		12499	9614	7396	16664	12819	9861	20830	16023	12326

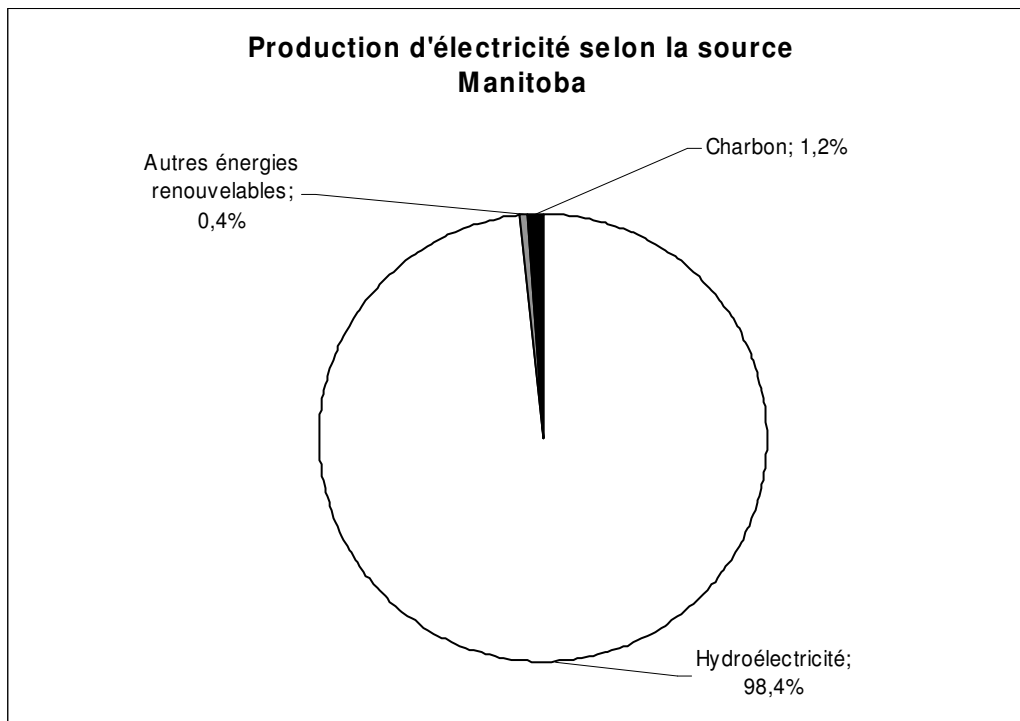
*Données calculées par la CCÉG*

## Manitoba

---

Au Manitoba, la quasi-totalité de la production d'électricité provient de centrales hydroélectriques. Lors de périodes de sécheresse, le Manitoba importe parfois son électricité des États-Unis, mais de façon générale la province est un exportateur net d'électricité (ONE 2006). Malgré l'importance de sa capacité hydraulique, les émissions de GES du Manitoba ont connu une hausse de 14,5% depuis 1990. Cette hausse est particulière dans la mesure où elle est largement attribuable au secteur de l'agriculture et non au secteur de l'énergie qui n'occupe qu'un faible pourcentage des émissions de la province, une particularité propre au Manitoba. (Environnement Canada 2009a)

**Graphique 6**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

Le chauffage électrique est assez populaire au Manitoba et représente près de 30% des systèmes de chauffage résidentiels. Toutefois, c'est le gaz naturel qui prévaut comme méthode de chauffage dans la majorité des maisons unifamiliales. (Tableau 17) Il est à noter que, depuis 1990, les émissions de GES du secteur résidentiel ont fléchi considérablement, une baisse principalement attribuable au remplacement des systèmes de chauffage au mazout par des systèmes de chauffage électriques.

Par ailleurs, les tarifs d'électricité offerts dans la province sont parmi les moins élevés en Amérique du Nord. L'utilisation des systèmes de chauffage électriques constitue ainsi un avantage économique pour les clients. La faible intensité des émissions de GES du secteur de l'électricité de la province (105 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh) signifie qu'un usage accru de la géothermie entraîne des réductions significatives des émissions de GES par rapport aux systèmes de chauffage au gaz naturel ou au mazout. (Tableau 18)

**Tableau 17****Part des systèmes de chauffage résidentiels au Manitoba**

<b>Efficacité</b>	<b>Mazout</b>			<b>Gaz naturel</b>			<b>Plinthe électrique</b>	<b>Autres</b>
	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>		
<b>Part (%)</b>	0,1	1,2	0	23,1	19,1	15,7	29,9	10,9

Source : OEE 2006b

**Tableau 18****Potentiel de réduction des GES au Manitoba suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	6 259	12 518	25 037	50 074
<b>Gaz naturel</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	31 577	63 154	126 308	252 615
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	1 056	2 111	4 222	8 444
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	38 892	77 783	155 567	311 133
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	11 575	23 150	46 300	92 599

\*Il y a 325 000 maisons unifamiliales au Manitoba (OEE 2006b)

Étant donné que les ressources hydrauliques occupent une part prépondérante dans la production d'électricité au Manitoba, la géothermie est la solution privilégiée pour remplacer le gaz naturel, le mazout et les plinthes électriques, et ce dans le but de réduire les GES émis par les bâtiments résidentiels. La même logique s'applique aux bâtiments résidentiels neufs.

**Winnipeg, MB**

**Tableau 19 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement**

Degrés-Jours 5777	COP	Btu/h	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
			Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur
<b>Électricité</b>											
Fournaise centrale	0,95		4753	3656	2812	6337	4874	3750	7921	6093	4687
Géothermie - PAC	2,8		1613	1240	954	2150	1654	1272	2687	2067	1590
Géothermie - PAC	3,2		1411	1085	835	1881	1447	1113	2351	1809	1391
Géothermie - PAC	3,6		1254	965	742	1672	1286	989	2090	1608	1237
<b>Gaz naturel</b>											
Efficacité normale	0,75		10791	8300	6385	14387	11067	8513	17984	13834	10641
Efficacité moyenne	0,84		9634	7411	5701	12846	9881	7601	16057	12351	9501
Haute efficacité	0,95		8519	6553	5041	11358	8737	6721	14198	10921	8401
<b>Mazout</b>											
Efficacité normale	0,75		15306	11774	9057	20407	15698	12075	25508	19622	15094
Efficacité moyenne	0,84		13666	10512	8086	18221	14016	10781	22775	17519	13477
Haute efficacité	0,9		12755	9811	7547	17006	13081	10063	21257	16352	12578

*Données calculées par la CCÉG*

## Ontario

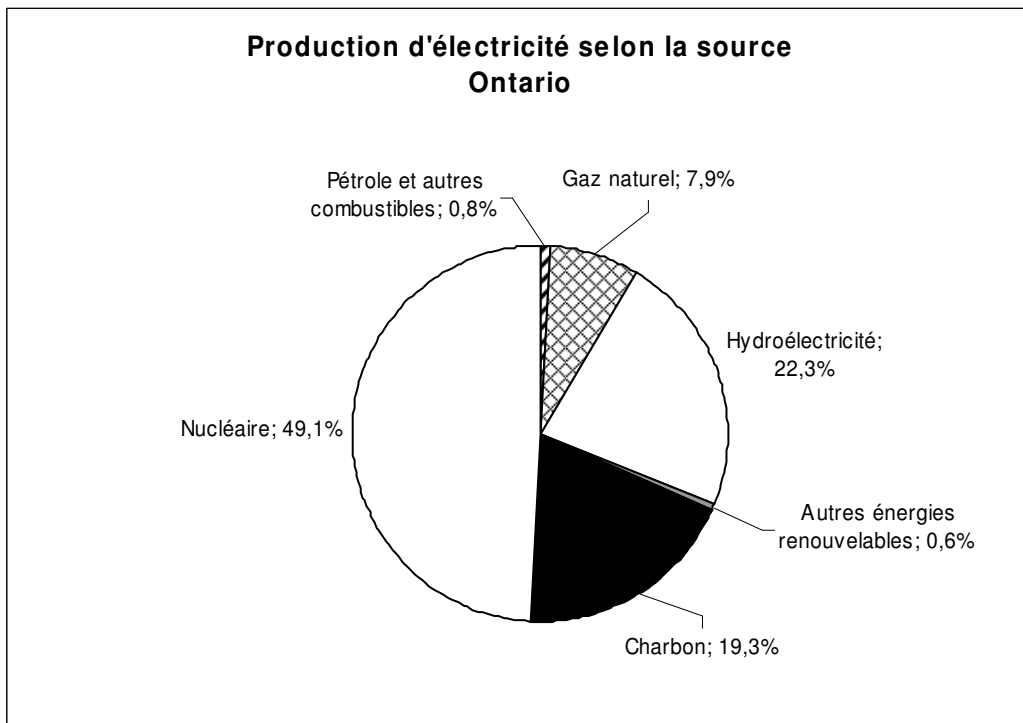
---

Tout comme la majorité des provinces canadiennes, l'Ontario a vu ses émissions de GES grimper (13%) depuis 1990 (Environnement Canada 2009a). Avec près de 40% de la population canadienne, il est évident qu'une proportion importante des émissions provient du transport routier, quoique les émissions des secteurs résidentiel, commercial et institutionnel contribuent aussi en partie à cette hausse.

Néanmoins, la province occupe la troisième position des plus faibles émettrices de GES par habitant. Son économie est en effet dominée par l'industrie manufacturière qui est un secteur à faible intensité énergétique. Du côté de la production d'électricité, l'Ontario possède la plus grande puissance nucléaire au Canada, tandis que les ressources hydrauliques et le charbon suivent à part quasi égale.

Les importations d'électricité proviennent principalement des États-Unis et dans une moindre mesure du Québec. Elles jouent aussi un rôle significatif sur le plan de la structure des approvisionnements électriques de la province. Avec cette variété de sources d'énergie, l'intensité des émissions de GES se chiffre à 228 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh, se situant légèrement au-dessous de la moyenne canadienne.

**Graphique 7**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

**Tableau 20****Part des systèmes de chauffage résidentiels en Ontario**

<b>Efficacité</b>	<b>Mazout</b>			<b>Gaz naturel</b>			<b>Plinthe électrique</b>	<b>Autres</b>
	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>		
<b>Part (%)</b>	1,0	2,9	0	27,3	21,6	18,5	11,3	17,4

Source : OEE 2006b

Le gaz naturel est le combustible de choix pour le chauffage des résidences unifamiliales en Ontario. Une plus grande pénétration des systèmes de géothermie sur le marché des maisons unifamiliales possédant un tel système de chauffage permettrait des réductions importantes de GES, tel qu'indiqué dans le tableau 21.

**Tableau 21****Potentiel de réduction des GES en Ontario suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	27 455	54 909	109 819	219 638
<b>Gaz naturel</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	143 554	287 108	574 216	1 148 431
<b>Mazout</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	14 709	29 418	58 837	117 673
<b>Total</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	185 718	371 435	742 871	1 485 742
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	55 273	110 546	221 093	442 185

\*Il y a 2 811 000 maisons unifamiliales en Ontario (OEE 2006b)

Toronto, ON

Tableau 22 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 3570	COP	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
		Btu/h	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen
<b>Électricité</b>										
Fournaise centrale	0,95	6377	4906	3774	8503	6541	5031	10629	8176	6289
Géothermie - PAC	2,8	2164	1664	1280	2885	2219	1707	3606	2774	2134
Géothermie - PAC	3,2	1893	1456	1120	2524	1942	1494	3155	2427	1867
Géothermie - PAC	3,6	1683	1295	996	2244	1726	1328	2805	2158	1660
<b>Gaz naturel</b>										
Efficacité normale	0,75	6452	4963	3818	8602	6617	5090	10753	8271	6363
Efficacité moyenne	0,84	5761	4431	3409	7681	5908	4545	9601	7385	5681
Haute efficacité	0,95	5094	3918	3014	6791	5224	4019	8489	6530	5023
<b>Mazout</b>										
Efficacité normale	0,75	9458	7276	5597	12611	9701	7462	15763	12126	9327
Efficacité moyenne	0,84	8445	6496	4997	11260	8661	6663	14074	10826	8328
Haute efficacité	0,9	7882	6063	4664	10509	8084	6218	13136	10105	7773

*Données calculées par la CCÉG*



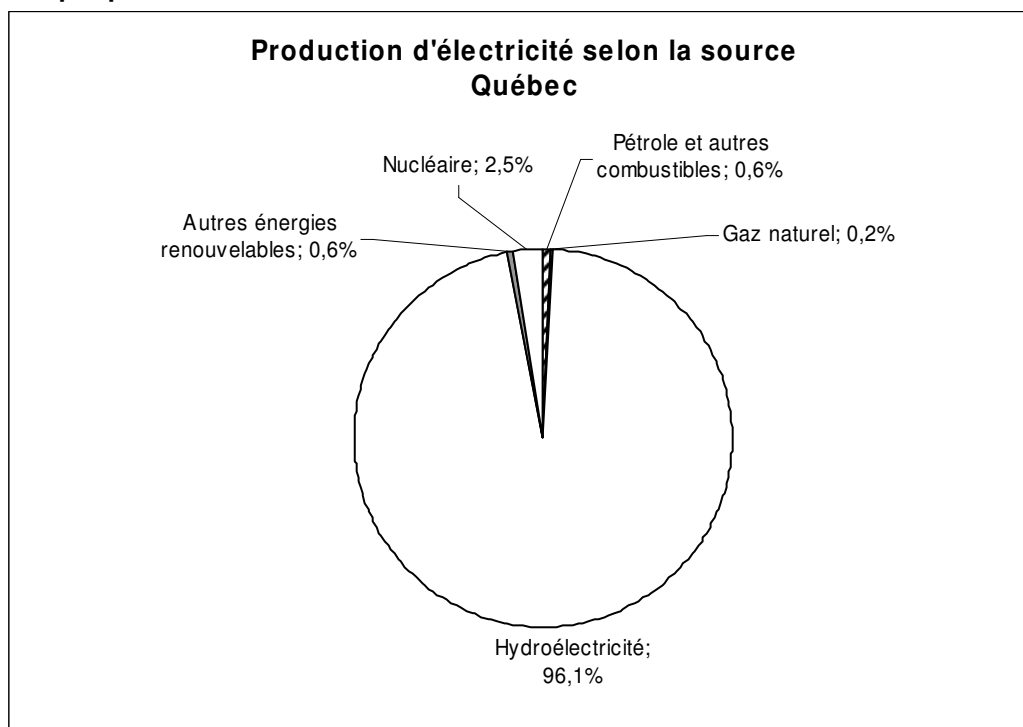
## Québec

---

Le Québec est le plus important marché de l'électricité au Canada et compte pour 27% de la production totale d'électricité, toutes sources confondues (Environnement Canada 2009a). Compte tenu de l'importance de l'électricité dans la structure économique du Québec, et considérant que celle-ci provient à 95% de sources hydrauliques, le Québec affiche le plus bas taux d'émissions de GES par habitant au pays.

Le Québec possède aussi la plus faible intensité d'émissions de GES par unité d'électricité (28 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh) et fait partie des rares régions géographiques du Canada qui ont réussi à diminuer leurs émissions de GES depuis 1990. Notons toutefois que, depuis 2006, l'ouverture de la centrale de cogénération au gaz de Bécancour a contribué à hausser les émissions de GES de la province (Environnement Canada 2009a). Bien que cette centrale soit actuellement non opérationnelle, les données utilisées pour cette étude incluent les émissions de cette centrale pour les années 2006 et 2007. Par contre, il serait juste d'ajouter que l'augmentation du transport routier contribue aussi fortement à augmenter les émissions de GES de la province.

**Graphique 8**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

Le secteur industriel, surtout les industries de l'aluminium et de transformation de métaux, compte pour la moitié de la consommation électrique au Québec (OEE 2006). Le faible coût de l'électricité ainsi que son accessibilité font du chauffage électrique une solution de choix pour la majorité des maisons unifamiliales québécoises. Il est à noter que le bois demeure couramment utilisé comme source de chauffage d'appoint; cette étude ne tient cependant pas compte de ce type de système puisque plusieurs villes font déjà l'objet de restrictions quant à l'utilisation des poêles à bois.

**Tableau 23****Part des systèmes de chauffage résidentiels au Québec**

	<i>Mazout</i>			<i>Gaz naturel</i>			<i>Plinthe électrique</i>	<i>Autres*</i>
<i>Efficacité</i>	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>		
<i>Part (%)</i>	0,1	2,1	0	2,0	1,2	1,1	48,9	44,6

Source : OEE 2006b

\* Le fort pourcentage de cette catégorie provient des systèmes de chauffage bivalents qui sont populaires au Québec. Il s'agit principalement d'une combinaison de bois de chauffage et d'électricité. De plus, les thermopompes occupent 9.6% du marché des systèmes de chauffage.

Évidemment, avec une part des systèmes de chauffage électriques aussi élevée, la transition de l'électricité vers la géothermie comme source de chauffage représente un potentiel important de réduction de GES pour le Québec. Toutefois, bien que le gaz naturel ne corresponde qu'à 4,3% des systèmes de chauffage résidentiels dans cette province, il est intéressant de souligner que les réductions possibles sont équivalentes au potentiel de réduction des plinthes électriques, même si ces dernières occupent 50% du marché. Cette équivalence s'explique par les faibles émissions de GES provenant de l'électricité utilisée par la pompe à chaleur géothermique.

**Tableau 24****Potentiel de réduction des GES au Québec suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	12 464	24 929	49 857	99 715
<b>Gaz naturel</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	12 544	25 087	50 175	100 349
<b>Mazout</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	8 914	17 827	35 654	71 308
<b>Total</b>				
Réduction de GES (t éq. de CO <sub>2</sub> )	33 922	67 843	135 686	271 372
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	10 096	20 191	40 383	80 766

\*Il y a 1 648 000 maisons unifamiliales au Québec (OEE 2006b)

Précisons que 5,6% des maisons unifamiliales utilisent une combinaison de bois et de mazout pour le chauffage des espaces, ce qui représente un total de 128 544 maisons utilisant le mazout incluant celles dont le mazout constitue l'unique source de chauffage. Ainsi, les réductions potentielles de substitution de cette source par des systèmes de géothermie sont immenses et faciles d'accès.

Finalement, rappelons que les chiffres présentés dans le tableau 23 sous-estiment le potentiel réel de la province puisque les systèmes de chauffage bivalents (biénergie) ont été exclus de l'analyse.

Québec, QC

Tableau 25 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

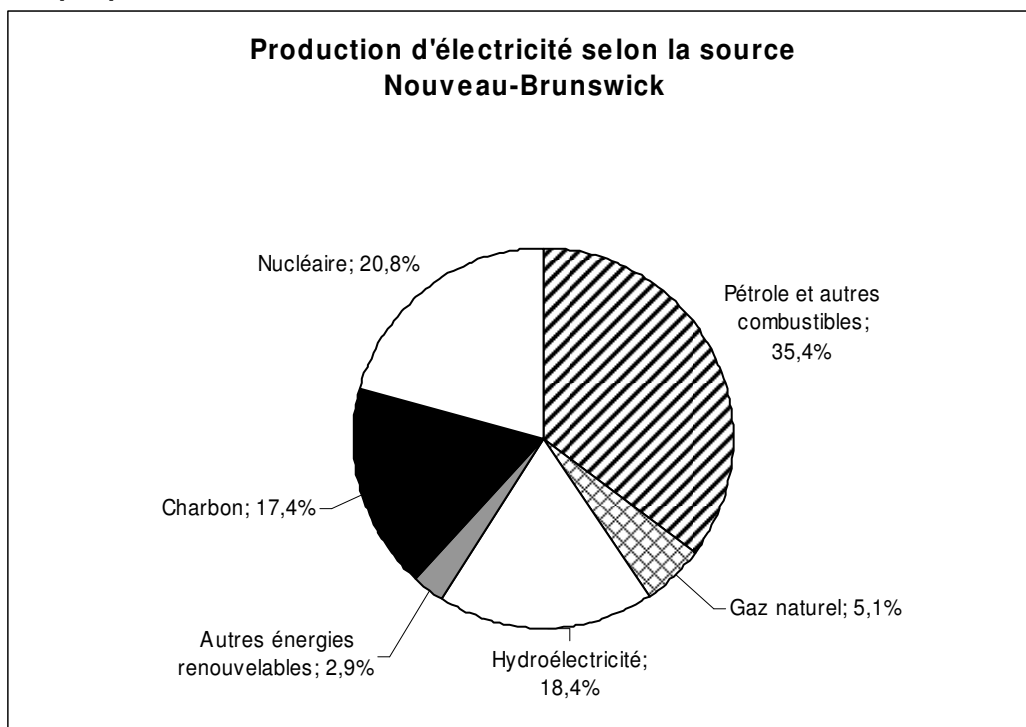
Degrés-Jours 5202	COP	Btu/h	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
			Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur
<b>Électricité</b>											
Fournaise centrale	0,95		1141	878	675	1522	1170	900	1902	1463	1125
Géothermie - PAC	2,8		387	298	229	516	397	305	645	496	382
Géothermie - PAC	3,2		339	261	200	452	347	267	565	434	334
Géothermie - PAC	3,6		301	232	178	402	309	238	502	386	297
<b>Gaz naturel</b>											
Efficacité normale	0,75		9841	7570	5823	13121	10093	7764	16401	12616	9705
Efficacité moyenne	0,84		8787	6759	5199	11715	9012	6932	14644	11264	8665
Haute efficacité	0,95		7769	5976	4597	10359	7968	6129	12948	9960	7662
<b>Mazout</b>											
Efficacité normale	0,75		13782	10602	8155	18376	14135	10873	22969	17669	13591
Efficacité moyenne	0,84		12306	9466	7281	16407	12621	9708	20508	15776	12135
Haute efficacité	0,9		11485	8835	6796	15313	11779	9061	19141	14724	11326

*Données calculées par la CCÉG*

## Nouveau-Brunswick

Le Nouveau-Brunswick affiche une utilisation diversifiée des différentes formes d'énergie, mais le mazout domine légèrement. Cette situation combinée à une utilisation non négligeable du charbon place cette province en troisième position des provinces les plus polluantes par habitant avec des émissions de 24,9 tonnes de GES par habitant. Quant à son intensité d'émissions de GES provenant du secteur de la production d'électricité, elle se situe légèrement au-dessus de la moyenne canadienne, soit à 428 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh. En ce qui concerne les émissions totales de GES, le Nouveau-Brunswick a connu une augmentation de 17,4% de ses émissions de GES depuis 1990, l'exploitation minière, l'industrie des combustibles fossiles et le secteur du transport routier y ayant contribué largement (Environnement Canada 2009a). Par ailleurs, le Nouveau-Brunswick fournit 95% de l'énergie électrique à l'Île-du-Prince-Édouard. Les impacts liés à ces transferts seront discutés en détail plus loin dans ce document.

**Graphique 9**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

Tout comme au Québec, les plinthes électriques dominent dans le chauffage résidentiel au Nouveau-Brunswick et sont souvent combinées avec le bois (14,8%). Cependant, contrairement au Québec, le taux de pénétration du mazout y est beaucoup plus élevé et compte pour 17,2% des systèmes de chauffage dans le secteur résidentiel unifamilial.

**Tableau 26****Part des systèmes de chauffage résidentiels au Nouveau-Brunswick**

<b>Effacité</b>	<b>Mazout</b>			<b>Gaz naturel</b>			<b>Plinthe électrique</b>	<b>Autres</b>
	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>		
<b>Part (%)</b>	11,5	5,7	0	0,1	0	0	52	30,7

Source : OEE 2006b

Le gaz naturel étant peu présent au Nouveau-Brunswick, il ne représente donc pas un segment de marché potentiel de réduction massive de GES. Toutefois, comme l'électricité provient dans une proportion significative du mazout et que les plinthes électriques représentent plus de la moitié des systèmes de chauffage de la province, ce segment devient un marché potentiel intéressant pour la géothermie dans une perspective de réduction des GES.

**Tableau 27****Potentiel de réduction des GES au Nouveau-Brunswick suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	25 151	50 302	100 604	201 208
<b>Gaz naturel</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	15	29	59	118
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	5 323	10 645	21 290	42 580
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	30 488	60 976	121 953	243 906
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	9 074	18 148	36 296	72 591

\*Il y a 224 000 maisons unifamiliales au Nouveau-Brunswick (OEE 2006b)

Frédéricton, NB

Tableau 28 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 4751	COP	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
		Btu/h	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen
<b>Électricité</b>										
Fournaise centrale	0,95	15932	12256	9427	21242	16340	12569	26553	20425	15712
Géothermie - PAC	2,8	5406	4158	3199	7207	5544	4265	9009	6930	5331
Géothermie - PAC	3,2	4730	3638	2799	6306	4851	3732	7883	6064	4664
Géothermie - PAC	3,6	4204	3234	2488	5606	4312	3317	7007	5390	4146
<b>Gaz naturel</b>										
Efficacité normale	0,75	8610	6623	5094	11479	8830	6792	14349	11037	8490
Efficacité moyenne	0,84	7687	5913	4549	10249	7884	6065	12811	9855	7581
Haute efficacité	0,95	6797	5228	4022	9062	6971	5362	11328	8714	6703
<b>Mazout</b>										
Efficacité normale	0,75	12587	9683	7448	16783	12910	9931	20978	16137	12413
Efficacité moyenne	0,84	11239	8645	6650	14985	11527	8867	18730	14408	11083
Haute efficacité	0,9	10489	8069	6207	13986	10758	8275	17482	13447	10344

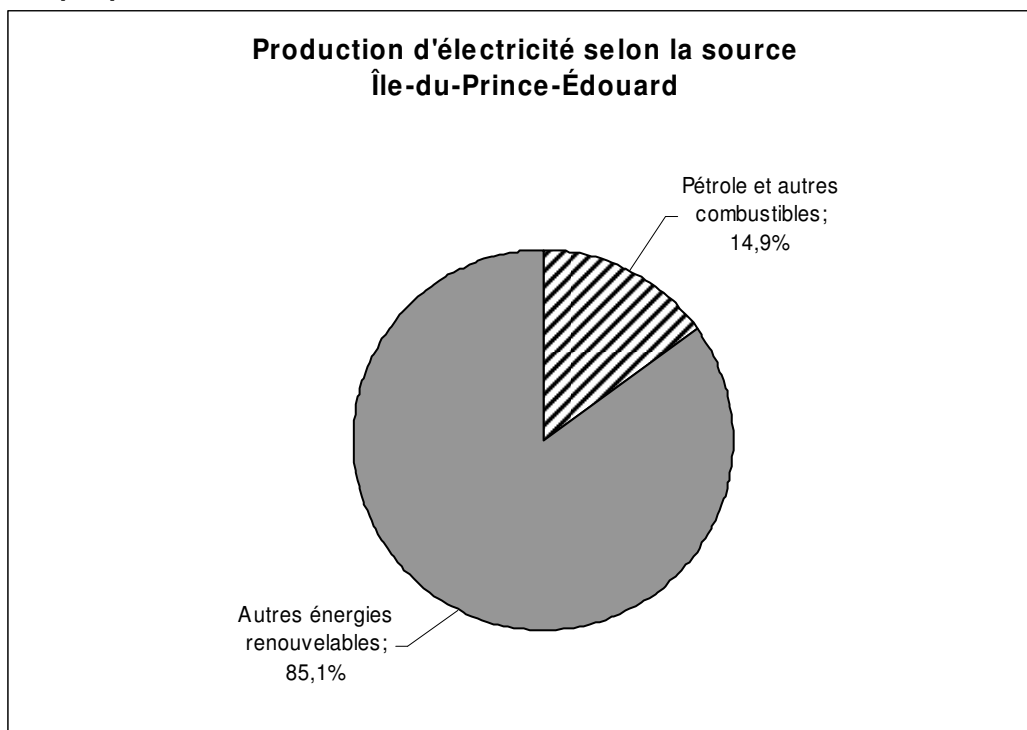
*Données calculées par la CCÉG*

## Île-du-Prince-Édouard

---

L'Île-du-Prince-Édouard est un exemple typique de l'importance de considérer les transferts d'électricité dans le calcul de l'intensité des émissions de GES. En effet, puisque la majorité de l'énergie électrique produite sur l'Île provient de la filière éolienne et que le recours aux centrales thermiques est de moins en moins fréquent, l'intensité des émissions de GES de la consommation d'électricité est grandement influencée par la production d'électricité relativement plus polluante du Nouveau-Brunswick qui fournit près de 95% de l'électricité à la province par des câbles de transmission sous-marins. Avec le calcul complet intégrant les transferts d'électricité, l'intensité des émissions de GES se chiffre à 434 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh. Bien qu'il y ait une croissance de la production d'électricité à partir d'éoliennes et de la biomasse, les émissions de GES ont tout de même augmenté de 5,6% depuis 1990 (Environnement Canada 2009a). Toutefois, selon les données récentes d'Environnement Canada (2009a), les émissions de GES de l'Île-du-Prince-Édouard ont diminué de 8% entre 2004 et 2007. La puissance du parc éolien, qui a quintuplé depuis 2004, a procuré des effets environnementaux favorables pour la province.

**Graphique 10**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

L'économie de la province est principalement axée sur les services et l'industrie manufacturière; les secteurs résidentiel et commercial consomment près de 80% de l'électricité (ONE 2006). Dans cette province, le gaz naturel n'est pas utilisé comme source de chauffage : le mazout constitue la principale source, parfois combiné avec le bois (27,3%). Ainsi, bien que le nombre de maisons unifamiliales soit petit, il n'en demeure pas moins que le chauffage des bâtiments constitue une source d'émissions de GES considérables pour cette province, considérant que le secteur industriel ne consomme que 20% de l'énergie disponible et que le mazout est largement utilisé dans le chauffage résidentiel.

**Tableau 29****Part des systèmes de chauffage résidentiels sur l'Île-du-Prince-Édouard**

<b>Efficacité</b>	<b>Mazout</b>			<b>Gaz naturel</b>			<b>Plinthe électrique</b>	<b>Autres</b>
	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>		
<b>Part (%)</b>	46,2	20,1	0	0	0	0	2,5	31,2

Source : OEE 2006b

**Tableau 30****Potentiel de réduction des GES sur l'Île-du-Prince-Édouard suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	212	424	847	1 695
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	3 525	7 050	14 101	28 201
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	3 737	7 474	14 948	29 896
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	1 112	2 224	4 449	8 898

\*Il y a 39 000 maisons unifamiliales sur l'Île-du-Prince-Édouard (OEE 2006b)

Avec l'utilisation massive du mazout comme méthode de chauffage, le tableau 30 indique clairement que la géothermie est une solution toute désignée pour la réduction des émissions de GES provenant des bâtiments.



Charlottetown, ÎPE

Tableau 31 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 4715	COP	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
		Btu/h	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen
<b>Électricité</b>										
	0,95	16033	12333	9487	21377	16444	12649	26721	20554	15811
Fournaise centrale										
Géothermie - PAC	2,8	5440	4184	3219	7253	5579	4292	9066	6974	5364
Géothermie - PAC	3,2	4760	3661	2816	6346	4882	3755	7933	6102	4694
Géothermie - PAC	3,6	4231	3255	2504	5641	4339	3338	7051	5424	4172
<b>Gaz naturel</b>										
Efficacité normale	0,75	8544	6573	5056	11392	8763	6741	14240	10954	8426
Efficacité moyenne	0,84	7629	5868	4514	10172	7824	6019	12714	9780	7523
Haute efficacité	0,95	6745	5189	3991	8994	6918	5322	11242	8648	6652
<b>Mazout</b>										
Efficacité normale	0,75	12492	9609	7392	16656	12812	9855	20819	16015	12319
Efficacité moyenne	0,84	11154	8580	6600	14871	11439	8799	18588	14299	10999
Haute efficacité	0,9	10410	8008	6160	13880	10677	8213	17349	13346	10266

*Données calculées par la CCÉG*

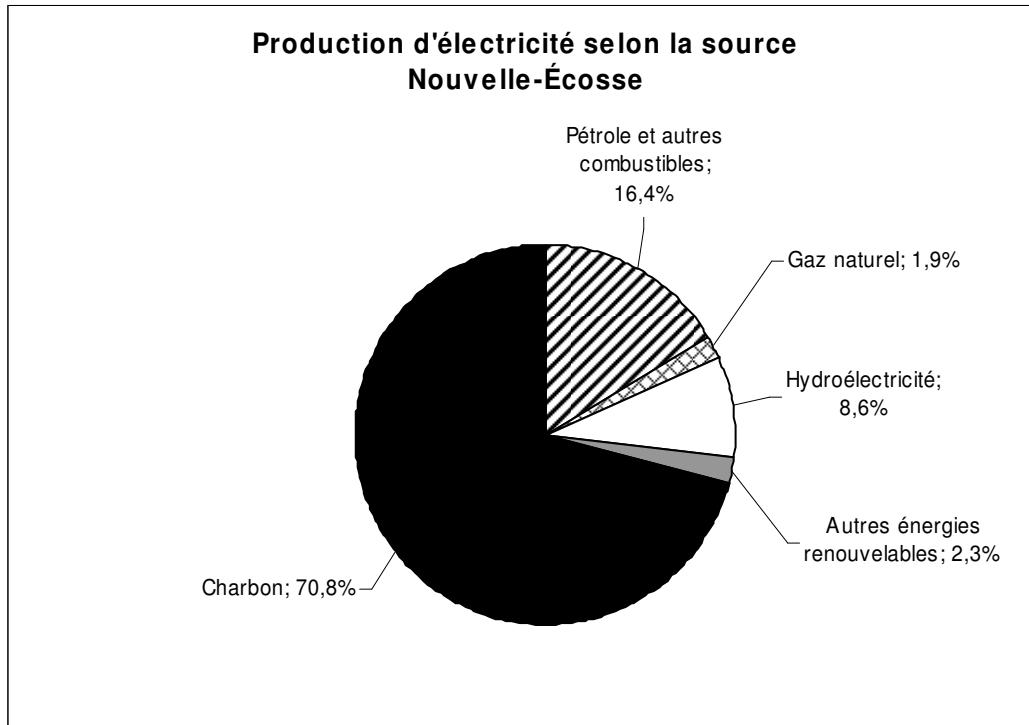
## Nouvelle-Écosse

---

Bien qu'une proportion importante de la production d'électricité de la Nouvelle-Écosse repose sur des centrales alimentées au charbon, la province se démarque des autres provinces canadiennes par l'utilisation d'une centrale marémotrice. La centrale située à Annapolis est unique en son genre, du moins dans l'hémisphère Ouest (Environnement Canada 2009a).

Dans l'ensemble de la province, la forte contribution des combustibles fossiles dans le secteur de l'énergie engendre une intensité des émissions de GES élevée, soit 752 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh se situant nettement au-dessus de la moyenne canadienne. Par ailleurs, les émissions de GES ont augmenté de 8,7% depuis 1990, mais ont diminué de 9,1% durant la période 2004-2007, cette diminution provient principalement du secteur de la production d'électricité (Environnement Canada 2009a). Les émissions de la Nouvelle-Écosse sont proportionnelles à la représentation de la population à l'échelle canadienne, c'est-à-dire un peu moins de 3%.

**Graphique 11**



Source : Statistiques Canada 2007b

La consommation d'énergie dans la province est partagée à peu près également entre les secteurs industriels, commerciaux et résidentiels. (ONE 2006) À l'instar de l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse n'utilise pas le gaz naturel comme source de chauffage résidentiel tandis que l'utilisation du mazout domine. Par ailleurs, le chauffage à partir de l'électricité joue aussi un rôle important dans cette province.

**Tableau 32****Part des systèmes de chauffage résidentiels en Nouvelle-Écosse**

<b>Efficacité</b>	<b>Mazout</b>			<b>Gaz naturel</b>			<b>Plinthe électrique</b>	<b>Autres</b>
	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>	<b>Normale</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Élevée</b>		
<b>Part (%)</b>	39,0	10,5	0	0	0	0	21,9	28,6

Source : OEE 2006b

Avec une proportion d'utilisation de près de 50%, les systèmes de chauffage au mazout représentent un volume potentiel de réduction de GES considérable. Toutefois, et bien qu'elle ne compte que pour 22 % des systèmes de chauffage résidentiels, l'électricité présente aussi un potentiel important de réduction des GES puisque l'électricité qui alimente les plinthes électriques provient essentiellement du charbon qui émet beaucoup de GES.

**Tableau 33****Potentiel de réduction des GES en Nouvelle-Écosse suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	20 467	40 934	81 868	163 736
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	7 013	14 025	28 050	56 100
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	27 480	54 959	109 918	219 836
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	8 178	16 357	32 714	65 428

\*Il y a 268 000 maisons unifamiliales en Nouvelle-Écosse (OEE 2006b)

Halifax, NE

Tableau 34 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 4367	COP	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
		Btu/h	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen
<b>Électricité</b>										
	0,95	25730	19793	15225	34306	26390	20300	42882	32986	25374
Fournaise centrale	2,8	8730	6715	5166	11640	8954	6887	14549	11192	8609
Géothermie - PAC	3,2	7639	5876	4520	10185	7834	6026	12731	9793	7533
Géothermie - PAC	3,6	6790	5223	4018	9053	6964	5357	11316	8705	6696
<b>Gaz naturel</b>										
Efficacité normale	0,75	7914	6087	4683	10551	8116	6243	13189	10145	7804
Efficacité moyenne	0,84	7066	5435	4181	9421	7247	5574	11776	9058	6968
Haute efficacité	0,95	6248	4806	3697	8330	6408	4929	10412	8009	6161
<b>Mazout</b>										
Efficacité normale	0,75	11570	8900	6846	15426	11866	9128	19283	14833	11410
Efficacité moyenne	0,84	10330	7946	6113	13773	10595	8150	17217	13243	10187
Haute efficacité	0,9	9642	7417	5705	12855	9889	7607	16069	12361	9508

*Données calculées par la CCÉG*

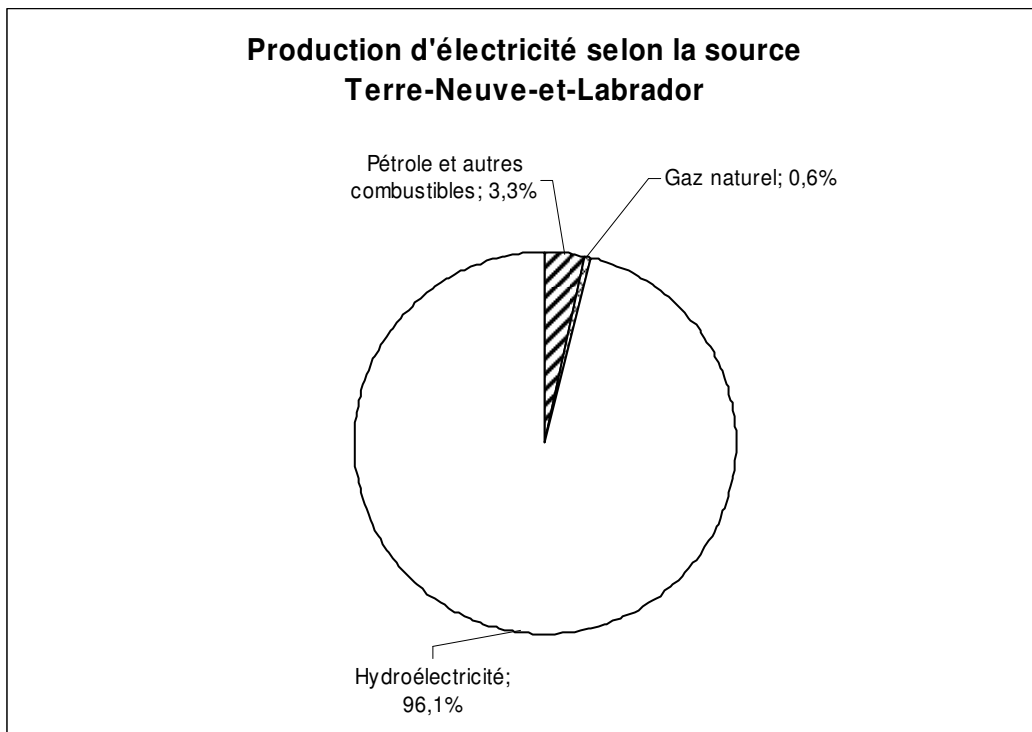
## Terre-Neuve & Labrador

---

Dans le secteur de la production électrique, Terre-Neuve & Labrador arrivent au deuxième rang des provinces pour le bas niveau de l'intensité des émissions de GES, soit une moyenne de 30 tonnes CO<sub>2</sub> éq./GWh pour la période 2003-2007. Cette situation traduit le fait que la majeure partie de l'énergie électrique de Terre-Neuve provient de sources hydrauliques.

Malgré tout, considérant sa population de petite taille et son économie axée sur les ressources, la province est le cinquième émetteur de GES par habitant au Canada avec des émissions de 20,8 tonnes de GES par habitant. De plus, les émissions de GES ont augmenté de 11,4% depuis 1990 (Environnement Canada 2008).

**Graphique 12**



**Source : Statistiques Canada 2007b**

Le chauffage à l'électricité est très populaire; près de 80% des nouvelles constructions choisissent cette méthode de chauffage (ONE 2006). Par ailleurs, tout comme la majorité des provinces de l'Atlantique, les maisons unifamiliales de Terre-Neuve & Labrador n'utilisent pas de gaz naturel pour leur chauffage (Tableau 35).

**Tableau 35****Part des systèmes de chauffage résidentiels à Terre-Neuve**

	<i>Mazout</i>			<i>Gaz naturel</i>			<i>Plinthe électrique</i>	<i>Autres</i>
<i>Efficacité</i>	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>	<i>Normale</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>		
<i>Part (%)</i>	20,3	5,8	0	0	0	0	52,4	21,5

Source : OEE 2006b

Les réductions potentielles de GES proviennent donc de la possibilité de substituer le chauffage au mazout, qui constitue tout de même 26% des installations, par des systèmes de géothermie.

**Tableau 36**

**Potentiel de réduction des GES à Terre-Neuve suite à différents taux de pénétration de marché des systèmes géothermiques en substitution aux systèmes de chauffage actuels**

<b>Taux de pénétration*</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>16%</b>
<b>Électrique</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	1 336	2 673	5 346	10 692
<b>Mazout</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	10 744	21 489	42 977	85 954
<b>Total</b>				
<b>Réduction de GES (t éq. de CO<sub>2</sub>)</b>	12 081	24 162	48 323	96 646
<b>Équivalence en nombre de voitures</b>	3 595	7 191	14 382	28 764

\*Il y a 164 000 maisons unifamiliales à Terre-Neuve (OEE 2006b)

St-John's, TNL

Tableau 37 : Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement

Degrés-Jours 4882	COP	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
		Btu/h	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen
<b>Électricité</b>										
Fournaise centrale	0,95	1148	883	679	1530	1177	905	1912	1471	1132
Géothermie - PAC	2,8	389	299	230	519	399	307	649	499	384
Géothermie - PAC	3,2	341	262	202	454	349	269	568	437	336
Géothermie - PAC	3,6	303	233	179	404	311	239	505	388	299
<b>Gaz naturel</b>										
Efficacité normale	0,75	8847	6805	5235	11796	9074	6980	14744	11342	8724
Efficacité moyenne	0,84	7899	6076	4674	10532	8101	6232	13165	10127	7790
Haute efficacité	0,95	6984	5373	4133	9312	7163	5510	11640	8954	6888
<b>Mazout</b>										
Efficacité normale	0,75	12934	9950	7653	17245	13266	10204	21556	16582	12755
Efficacité moyenne	0,84	11549	8884	6833	15398	11844	9111	19247	14805	11389
Haute efficacité	0,9	10779	8291	6378	14371	11055	8504	17964	13818	10629

*Données calculées par la CCÉG*

## Conclusions

---

Selon les hypothèses retenues pour les fins de cette étude, les systèmes géothermiques proposent une solution de réduction des GES dans tous les scénarios analysés à quelques exceptions près. Cependant, dans ces cas précis d'exception, le resserrement de certaines hypothèses pourrait amener des résultats différents et favorables à la géothermie. Par exemple, une analyse plus poussée et qui tiendrait compte de la production marginale d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables ferait de la géothermie une solution de choix.

De façon générale, les hypothèses que nous avons retenues étaient plutôt «conservatrices» au chapitre du COP. Nous nous sommes aussi basés sur des hypothèses factuelles, réalistes et vérifiables pour ce qui est des facteurs d'émissions de GES et de la production d'électricité pour chacune des provinces. Le commerce interprovincial et international de l'électricité ajoute également une touche de réalisme à notre analyse.

Bien que cette étude ait intégré le maximum de détails pour chacun des marchés, il ne faut pas oublier qu'il existe des disparités importantes entre les différentes provinces, d'une part; et entre les différentes régions d'une même province, d'autre part. De ce fait, nous pensons qu'il est risqué de tenter d'extrapoler les résultats obtenus sans tenir compte de ces limitations puisque ceux-ci répondent aux caractéristiques propres des villes à l'étude. De plus, l'étude ne tient pas compte des caractéristiques des sols souvent propres à chaque ville, à chaque région ou à chaque province et qui limitent, parfois, le potentiel de pénétration des systèmes géothermiques.

Néanmoins, en gardant à l'esprit les hypothèses retenues pour cette étude, nous pouvons affirmer sans hésitation que les réductions potentielles de GES mesurées ici nous indiquent que l'installation de systèmes géothermiques entraîne une réduction réelle des émissions de GES, mais que l'ampleur de telles réductions peut varier selon les régions. D'ailleurs, il existe une relation directe entre l'augmentation des COP des systèmes géothermiques et la superficie des maisons unifamiliales avec le volume total de réduction des GES. À l'échelle canadienne, un taux de pénétration de 4 % de la géothermie dans le secteur résidentiel unifamilial permettrait des réductions de 750 000 tonnes de CO<sub>2</sub> éq. annuellement.

Rappelons aussi que cette étude ne considère que les émissions de GES liées au chauffage des maisons unifamiliales. Il est évident que les systèmes géothermiques sont aussi utilisés pour la climatisation et le chauffage de l'eau. Ces deux usages représentent d'ailleurs respectivement 2,6% et 16,3% de la consommation énergétique d'une maison unifamiliale au Canada (OEE 2006b). Ces données n'ont pas été retenues dans la présente analyse, d'une part parce que l'installation des désurchauffeurs n'est pas généralisée partout au pays et, d'autre part que l'utilisation de la climatisation est assez variable d'une province à l'autre. Dans plusieurs régions du Canada, nous croyons toutefois que l'ajout de ces variables à l'analyse augmenterait les avantages environnementaux de la géothermie.

L'analyse présentée dans ce document met surtout l'accent sur les réductions directes de GES (substitution du mazout et du gaz naturel au point de consommation) et indirectes (sources d'énergie utilisées pour la production d'électricité dans les centrales existantes, fuites de méthane sur le réseau de distribution) qu'engendre une pénétration accrue des systèmes géothermiques dans les marchés. Une analyse plus poussée des approvisionnements énergétiques futurs, notamment dans le cas d'une pénétration accrue de centrales de production d'électricité vertes (éoliennes, hydrauliques, etc...) permettrait de mettre en relief le rôle important que peut potentiellement jouer la géothermie dans le futur au niveau de la réduction nette de la demande d'énergie pour le chauffage des locaux, mais aussi au niveau de la réduction de la demande globale d'électricité.

Comme le suggère le *GHG Protocol* du World Resource Institute (WRI 2007), il est intéressant d'analyser les marchés dans une perspective de l'intégration des sources d'électricité marginales aux réseaux, c'est-à-dire les sources dont l'utilisation serait réduite suite à une diminution de la demande d'électricité ou, inversement, le moyen de production évité s'il y avait une augmentation de la demande.



Nous avons complété cette analyse de manière concluante pour la Saskatchewan. Les résultats sont présentés à l'Annexe D.

Par ailleurs, cette approche par l'analyse marginale permettait aussi de calculer les impacts d'une production supplémentaire d'électricité nécessaire suite à la conversion des systèmes de chauffage à combustion pour des pompes à chaleur géothermique.

Ces considérations dépassent toutefois largement le cadre de cette étude.

## Bibliographie

---

Agence Internationale de l'Énergie. 2008, *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency*.  
[http://www.iea.org/Textbase/Papers/2008/Indicators\\_2008.pdf](http://www.iea.org/Textbase/Papers/2008/Indicators_2008.pdf)  
(Consultée en mai 2009)

Committee on Energy and Commerce. 2009, H.R. 2454 – Summary, États-Unis.  
<http://energycommerce.house.gov>  
(Consultée en juillet 2009)

Chicago Climate Exchange. 2009.  
<http://www.chicagoclimatex.com/>  
(Consultée en juin 2009)

Conseil Mondial de l'énergie. 2007, *Survey of Energy Resources 2007*.  
[http://www.worldenergy.org/publications/survey\\_of\\_energy\\_resources\\_2007/geothermal\\_energy/736.asp](http://www.worldenergy.org/publications/survey_of_energy_resources_2007/geothermal_energy/736.asp)  
(Consultée en mai 2009)

Éco Action. 2009, *Communiqué – Fiche d'information - Prix écoÉNERGIE pour les véhicules*,  
Gouvernement du Canada.  
<http://www.ecoaction.gc.ca/news-nouvelles/20090211-1-fra.cfm>  
(Consultée en août 2009)

Environnement Canada. 2007, *Inventaire des gaz à effet de serre pour 2007 – Résumé des tendances*.  
[http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory\\_report/2007/som-sum\\_fra.pdf](http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2007/som-sum_fra.pdf)  
(Consultée en mai 2009)

Environnement Canada. 2008, *Émissions de gaz à effet de serre au Canada : comprendre les tendances, 1990-2006*.  
[http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory\\_report/2008\\_trends/trends\\_fra.cfm#toc\\_3](http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2008_trends/trends_fra.cfm#toc_3)  
(Consultée en mai 2009)

Environnement Canada. 2009a, *Rapport d'inventaire national 1990-2007 – Sources et Puits des GES au Canada. Annexe 13 : Coefficients d'émissions*, Division des gaz à effet de serre, consultée avant publication de Bibliothèque et Archives Canada, 713 p.

Environnement Canada. 2009b, *Système canadien de crédits compensatoires pour les gaz à effet de serre*, 30 p. [http://ec.gc.ca/creditscompensatoires-offsets/92CA76F4-7A25-42F4-A1E0-E8361655A09D/creditscompensatoires\\_Apercu\\_11\\_juin.pdf](http://ec.gc.ca/creditscompensatoires-offsets/92CA76F4-7A25-42F4-A1E0-E8361655A09D/creditscompensatoires_Apercu_11_juin.pdf)  
(Consultée en juin 2009)

Gouvernement du Québec. 2008, *Plan d'action 2006-2012 : Le Québec et les changements climatiques – Un défi pour l'avenir*, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, 48 p.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2007, *Working Group III Report - Mitigation of Climate Change*.

HANOVA, Jana. 2007, *Environmental and techno-economic analysis of ground-source heat systems*, The University of British Columbia, 78 p.

Manitoba Hydro. Benefits – *Why go geothermal?*  
<http://www.hydro.mb.ca/earthpower/benefits.shtml>  
(Consultée en mai 2009)

Office de l'efficacité énergétique. 2006a, *Tableaux du Guide de données sur la consommation d'énergie (Canada)*.  
[http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/guide\\_res\\_ca.cfm?attr=0](http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/guide_res_ca.cfm?attr=0)  
(Consultée en mai 2009)

Office de l'efficacité énergétique. 2006b, *Tableaux de la base de données complète sur la consommation d'énergie*.  
[http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/evolution\\_res\\_ca.cfm](http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/evolution_res_ca.cfm)  
(Consultée en mai 2009)

Office de l'efficacité énergétique. 2009, *Évolution de l'efficacité énergétique au Canada, de 1990 à 2005 – Annexe B : Glossaire*.  
<http://oee.nrcan-rncan.gc.ca/Publications/statistiques/evolution07/glossaire.cfm?attr=0>  
(Consultée en août 2009)

Office national de l'énergie. 2005-2006, *Perspectives du marché de l'électricité*.  
<http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmrtn/nrgyrprt/lctrcty/lctrctymrks20052006-fra.pdf>  
(Consultée en juin 2009)

Organisation de Coopération et de Développement Économiques. 2008, *L'OCDE en chiffres*, 98 p.  
<http://www.oecd.org/dataoecd/22/43/41742094.pdf>  
(Consultée en juin 2009)

QUINET, Alain. 2008, *La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique, France, 110 p.

Ressources Naturelles Canada. *Guide de la consommation de carburant 2009*.  
<http://oee.nrcan.gc.ca/transport/outils/cotescarburant/guide-consommation-carburant-2009.pdf>  
(Consultée en juin 2009)

Ressources Naturelles Canada. 2010, *Système de chauffage à air pulsé au mazout*.  
<http://oee.nrcan.gc.ca/residentiel/personnel/systeme-chauffage-air-mazout.cfm?attr=4>  
(Consultée en mars 2010)

Sask Power. 2009, Clean Coal Project<sup>MD</sup>.  
<http://www.saskpower.com/cleancoal/>  
(Consultée en juin 2009)

Statistiques Canada. 2001, *Transport et distribution du gaz naturel*, No 57-205-XIB au catalogue, 38 p.  
<http://www.statcan.gc.ca/pub/57-205-x/57-205-x2001000-fra.pdf>  
(Consultée en mars 2010)

Statistiques Canada. 2007a, *Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement*, 61 p.  
<http://www.statcan.gc.ca/pub/16-251-x/16-251-x2007000-fra.pdf>  
(Consultée en juin 2009)

Statistiques Canada. 2007b, *Production, transport et distribution d'électricité*, No 57-202-X au catalogue, 42 p.  
<http://www.statcan.gc.ca/pub/57-202-x/57-202-x2007000-fra.pdf>  
(Consultée en août 2009)

Statistiques Canada. 2008, *Chiffres de population et des logements, Canada, provinces et territoires, recensements de 2006 et 2001 - Données intégrales*.  
<http://www12.statcan.gc.ca/francais/census06/data/popdwell/Table.cfm?T=101&SR=1&S=1&O=A>  
(Consultée en août 2009)

The World Bank. 2009, *State and Trends of the Carbon Market 2009*, 71 p.  
[http://wbcarbonfinance.org/docs/State\\_\\_\\_Trends\\_of\\_the\\_Carbon\\_Market\\_2009-FINAL\\_26\\_May09.pdf](http://wbcarbonfinance.org/docs/State___Trends_of_the_Carbon_Market_2009-FINAL_26_May09.pdf)  
(Consultée en juin 2009)

UNFCCC. 1995, *Global Warming Potential*.  
[http://unfccc.int/ghg\\_data/items/3825.php](http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php)  
(Consultée en juin 2009)

UNFCCC. 1998, *Protocole de Kyoto à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, 24 p. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>  
(Consultée en juin 2009)

Western Climate Initiative. 2008, *The WCI Cap & Trade Program*.  
<http://www.westernclimateinitiative.org/the-wci-cap-and-trade-program>  
(Consultée en juin 2009)

World Business Council for Sustainable Development. 2009.  
<http://www.wbcsd.org/templates/TemplateWBCSD5/layout.asp?type=p&MenuId=MQ&doOpen=1&ClickMenu=LeftMenu>  
(Consultée en juin 2009)

World Resources Institute. 2007, *The Greenhouse Gas Protocol: Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects*, 95 p.  
<http://pdf.wri.org/GHGProtocol-Electricity.pdf>  
(Consultée en juin 2009)

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité<sup>5</sup>

### Colombie-Britannique

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	49 500	48 000	53 400	47 200	57 700	51 160
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	10	20	20	20	20	18
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
Alberta						
Importations (GWh)	955	1 017	1 042	394	738	829
Exportations (GWh)	862	1 246	907	1 051	850	983
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	960	900	840	870	820	878
<b>Importations</b>						
Arizona						
Importations (GWh)	-	20,303	106,049	233,181	144,689	100,844
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	494	500	506	511	492	501
Californie						
Importations (GWh)	-	-	-	66,424	76,240	28,533
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	290	307	273	274	298	288
Colorado						
Importations (GWh)	-	-	0,194	-	1,679	0,375
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	871	848	823	825	798	833
Dakota du Sud						
Importations (GWh)	-	-	-	-	0,035	0,007
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	462	517	508	497	495	496
Idaho						
Importations (GWh)	-	-	-	-	56,263	11,253
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	106	119	124	65	111	105
Indiana						
Importations (GWh)	-	-	-	-	5,899	1,180
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	933	933	936	934	932	934
Iowa						
Importations (GWh)	-	0,471	0,220	0,073	0,009	0,155
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	965	954	910	892	881	920
Massachusetts						
Importations (GWh)	-	-	0,130	-	-	0,026
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	562	548	565	520	542	547
Montana						
Importations (GWh)	-	74,784	98,289	299,130	148,774	124,195
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	710	720	701	677	692	700
Nebraska						
Importations (GWh)	-	2,533	4,443	1,288	0,611	1,775
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	701	656	701	703	637	680

<sup>5</sup>

<http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rpblctn/rprt/nnlrprt/2003/nnlrprt2003-fra.pdf>  
[http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rpblctn/rprt/nnlrprt/2004/nnlrprt2004\\_f.pdf](http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rpblctn/rprt/nnlrprt/2004/nnlrprt2004_f.pdf)  
<http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rpblctn/rprt/nnlrprt/2005/nnlrprt2005-fra.pdf>  
<http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rngynfntn/nrgyrprt/nrgyvrw/cndnrgyvrw2006/cndnrgyvrw2006-fra.pdf>  
<http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rngynfntn/nrgyrprt/nrgyvrw/cndnrgyvrw2007/cndnrgyvrw2007-fra.pdf>  
 Rapport d'inventaire national - Sources et puits de GES au Canada 1990-2007  
<http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epa/epat5p1.html>  
<http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epa/backissues.html>

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Colombie-Britannique (Suite)

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Nevada</b>						
Importations (GWh)	-	14,948	42,720	66,846	43,112	33,525
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	692	662	646	521	513	607
<b>Nouveau-Mexique</b>						
Importations (GWh)	-	22,224	97,762	64,851	61,555	49,278
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	953	950	933	886	874	919
<b>Oregon</b>						
Importations (GWh)	0,015	77,434	445,386	468,481	207,157	239,695
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	179	178	182	133	192	173
<b>Pennsylvanie</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	-	0,824	0,165
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	577	567	581	575	566	573
<b>Texas</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	0,800	-	0,160
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	673	658	652	643	629	651
<b>Utah</b>						
Importations (GWh)	-	-	0,824	0,814	37,666	7,861
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	905	919	940	882	848	899
<b>Washington</b>						
Importations (GWh)	5 087,174	6 711,824	5 094,226	10 899,079	6 330,248	6 824,510
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	150	147	146	96	118	131
<b>Wyoming</b>						
Importations (GWh)	-	75,296	145,487	74,760	86,976	76,504
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	1 040	1 027	996	996	1 002	1 012
Total Importations (GWh)	5 087	7 000	6 036	12 176	7 202	7 500
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	150	167	201	133	166	165
<b>Exportations (GWh)</b>	7 166	5 393	7 848	5 175	10 312	7 179
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	47 514	49 378	51 722	53 544	54 478	51 327
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	44	59	58	52	50	53

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

---

### Territoires

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	780	830	820	830	840	820
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	110	80	80	80	70	84
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	110	80	80	80	70	84

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Alberta

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	53 800	56 400	57 300	56 100	60 700	56 860
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	960	900	840	870	820	878
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
Colombie-Britannique						
Importations (GWh)	862	1 246	907	1 051	850	983
Exportations (GWh)	955	1 017	1 042	394	738	829
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	960	900	840	870	820	878
Saskatchewan						
Importations (GWh)	518	639	529	765	568	604
Exportations (GWh)	46	303	272	252	67	188
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	840	880	790	760	710	796
Total Importations interprovinciaux (GWh)	1 380	1 885	1 436	1 816	1 418	1 587
Total Exportations interprovinciaux (GWh)	1 001	1 320	1 314	646	805	1 017
Intensité pondérée des GES (t éq. CO2/GWh)	915	893	822	824	776	847
<b>Importations</b>						
Dakota du Nord						
Importations (GWh)	-	-	-	140,885	62,615	40,700
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	1 015	1 016	1 029	1 012	1 025	1 019
Indiana						
Importations (GWh)	-	-	-	-	11,917	2,383
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	933	933	936	934	932	934
Minnesota						
Importations (GWh)	9,567	0,025	7,266	17,340	16,735	10,187
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	720	731	734	706	692	717
Montana						
Importations (GWh)	1,001	1,463	1,318	-	-	0,756
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	710	720	701	677	692	700
New York						
Importations (GWh)	-	-	-	0,050	3,690	0,748
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	414	417	411	358	365	393
Oregon						
Importations (GWh)	6,130	-	-	1,592	-	1,544
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	179	178	182	133	192	173
Pennsylvanie						
Importations (GWh)	-	-	-	-	0,211	0,042
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	577	567	581	575	566	573
Washington						
Importations (GWh)	314,461	365,123	443,143	433,012	550,674	421,283
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	150	147	146	96	118	131
Total Importations (GWh)	331	367	452	593	646	478
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	169	149	157	331	238	209
<b>Exportations (GWh)</b>	74	131	86	88	241	124
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	54 437	57 201	57 788	57 775	61 718	57 784
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	954	895	834	863	813	872



## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Saskatchewan

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	19 200	18 800	19 500	19 400	20 900	19 560
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	840	880	790	760	710	796
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
<b>Alberta</b>						
Importations (GWh)	46	303	272	252	67	188
Exportations (GWh)	518	639	529	765	568	604
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	960	900	840	870	820	878
<b>Manitoba</b>						
Importations (GWh)	117	278	443	629	1 232	540
Exportations (GWh)	320	290	108	210	996	385
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	40	10	10	10	10	16
Total Importations interprovinciaux (GWh)	163	581	715	881	1 299	728
Total Exportations interprovinciaux (GWh)	838	929	637	975	1 564	989
Intensité pondérée des GES (t éq. CO2/GWh)	300	474	326	256	52	239
<b>Importations</b>						
<b>Dakota du Nord</b>						
Importations (GWh)	908	1 083	427	371	198	597
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	1 015	1 016	1 029	1 012	1 025	1 019
<b>Indiana</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	-	3,147	0,629
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	933	933	936	934	932	934
<b>Pennsylvanie</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	-	0,095	0,019
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	577	567	581	575	566	573
<b>Washington</b>						
Importations (GWh)	0,156	-	-	-	-	0,031
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	150	147	146	96	118	131
Total Importations (GWh)	908	1 083	427	371	201	598
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	1 014	1 016	1 029	1 012	1 023	1 019
<b>Exportations (GWh)</b>	708	686	691	262	386	547
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	18 725	18 849	19 314	19 414	20 450	19 350
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	844	875	778	742	671	782

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Manitoba

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	21 100	27 600	36 900	34 400	34 600	30 920
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	40	10	10	10	10	16
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
Ontario						
Importations (GWh)	108	163	45	93	181	
Exportations (GWh)	1 651	1 295	2 749	1 547	550	1 558
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	270	200	210	180	220	216
Saskatchewan						
Importations (GWh)	320	290	108	210	996	385
Exportations (GWh)	117	278	443	629	1 232	540
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	840	880	790	760	710	796
Total Importations interprovinciaux (GWh)	428	453	153	303	1 177	385
Total Exportations interprovinciaux (GWh)	1 768	1 573	3 192	2 176	1 782	2 098
Intensité pondérée des GES (t éq. CO2/GWh)	696	635	619	582	635	796
<b>Importations</b>						
Indiana						
Importations (GWh)	-	-	-	-	0,114	0,023
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	933	933	936	934	932	934
Michigan						
Importations (GWh)	-	-	-	-	0,371	0,074
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	658	654	647	672	663	659
ND/Minn						
Importations (GWh)	5 906,405	2 554,588	246,565	821,052	527,281	2 011,178
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	867	874	881	859	859	868
Total Importations (GWh)	5 906	2 555	247	821	528	2 011
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	867	874	881	859	858	868
<b>Exportations (GWh)</b>	4 242	6 484	11 481	10 334	9 861	8 480
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	21 424	22 551	22 627	23 014	24 662	22 738
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	281	120	24	48	58	105

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Ontario

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	145 200	152 000	155 300	155 000	155 100	152 520
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	270	200	210	180	220	216
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
<b>Manitoba</b>						
Importations (GWh)	1 651	1 295	2 749	1 547	550	1 558
Exportations (GWh)	108	163	45	93	181	118
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	40	10	10	10	10	16
<b>Québec</b>						
Importations (GWh)	2 716	2 716	4 758	4 009	4 566	3 753
Exportations (GWh)	5 326	5 326	7 218	8 811	5 143	6 365
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	10	9	3	4	11	7
Total Importations interprovinciaux (GWh)	4 367	4 011	7 507	5 556	5 116	5 311
Total Exportations interprovinciaux (GWh)	5 434	5 489	7 263	8 904	5 324	6 483
Intensité pondérée des GES (t éq. CO2/GWh)	21	9	6	6	11	10
<b>Importations</b>						
<b>Connecticut</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	0,886	-	0,177
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	323	316	345	319	312	323
<b>Dakota du Nord</b>						
Importations (GWh)	-	0,011	1,026	-	-	0,207
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	1 015	1 016	1 029	1 012	1 025	1 019
<b>Dakota du Sud</b>						
Importations (GWh)	-	0,841	0,150	-	-	0,198
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	462	517	508	497	495	496
<b>Illinois</b>						
Importations (GWh)	160,185	18,123	19,136	0,150	6,192	40,757
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	502	527	519	517	522	518
<b>Indiana</b>						
Importations (GWh)	-	-	0,887	72,808	73,522	29,443
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	933	933	936	934	932	934
<b>Iowa</b>						
Importations (GWh)	1,319	0,150	0,600	-	-	0,414
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	965	954	910	892	881	920
<b>Kansas</b>						
Importations (GWh)	-	0,206	0,253	-	-	0,092
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	826	806	820	783	777	802
<b>Kentucky</b>						
Importations (GWh)	-	-	0,250	-	-	0,050
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	932	923	924	943	950	934
<b>Massachusetts</b>						
Importations (GWh)	2,537	0,035	4,623	3,571	12,452	4,644
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	562	548	565	520	542	547

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Ontario (Suite)

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Michigan</b>						
Importations (GWh)	4 817,768	5 258,329	4 411,246	2 609,021	2 887,447	3 996,762
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	658	654	647	672	663	659
<b>Minnesota</b>						
Importations (GWh)	1 203,893	1 079,673	2 106,102	1 433,517	1 609,911	1 486,619
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	720	731	734	706	692	717
<b>Missouri</b>						
Importations (GWh)	-	6,276	2,087	0,010	0,300	1,735
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	868	877	879	863	846	866
<b>Montana</b>						
Importations (GWh)	0,208	-	-	-	-	0,042
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	710	720	701	677	692	700
<b>ND/Minn</b>						
Importations (GWh)	-	0,062	-	-	-	0,012
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	867	874	881	859	859	868
<b>Nebraska</b>						
Importations (GWh)	-	0,042	-	-	-	0,008
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	701	656	701	703	637	680
<b>New Jersey</b>						
Importations (GWh)	-	0,400	-	-	-	0,080
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	352	381	349	327	328	347
<b>New York</b>						
Importations (GWh)	1 052,483	1 045,094	926,918	635,158	1 005,494	933,029
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	414	417	411	358	365	393
<b>Ohio</b>						
Importations (GWh)	13,740	67,940	396,514	225,034	55,197	151,685
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	870	831	840	830	840	842
<b>Oklahoma</b>						
Importations (GWh)	-	0,450	0,342	-	-	0,158
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	801	774	750	740	706	754
<b>Pennsylvanie</b>						
Importations (GWh)	101,590	222,653	247,241	24,694	27,991	124,834
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	577	567	581	575	566	573
<b>Texas</b>						
Importations (GWh)	-	0,250	3,379	-	111,310	22,988
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	673	658	652	643	629	651
<b>Vermont</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	1,574	1,013	0,517
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	4	4	2	1	2	3
Total Importations (GWh)	7 354	7 701	8 121	5 006	5 791	6 794
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	629	631	650	652	623	637
<b>Exportations (GWh)</b>	<b>4 294</b>	<b>8 182</b>	<b>8 582</b>	<b>9 752</b>	<b>10 489</b>	<b>8 260</b>
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	<b>147 193</b>	<b>150 041</b>	<b>155 083</b>	<b>146 907</b>	<b>150 194</b>	<b>149 883</b>
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	<b>281</b>	<b>217</b>	<b>223</b>	<b>189</b>	<b>228</b>	<b>228</b>

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Québec

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	159 000	153 800	161 000	159 000	171 900	160 940
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	10	9	3	4	11	7
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
<b>Ontario</b>						
Importations (GWh)	5 326	5 326	7 218	8 811	5 143	6 365
Exportations (GWh)	2 716	2 716	4 758	4 009	4 566	3 753
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	270	200	210	180	220	216
<b>Nouveau-Brunswick</b>						
Importations (GWh)	1 266	1 462	1 963	777	221	1 138
Exportations (GWh)	335	58	63	104	1 727	457
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	450	480	460	390	420	440
<b>Terre-Neuve-Labrador</b>						
Importations (GWh)	31 791	28 217	30 420	31 284	29 752	30 293
Exportations (GWh)	15	15	14	16	26	17
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	40	30	30	20	30	30
Total Importations interprovinciaux (GWh)	38 383	35 005	39 601	40 872	35 116	37 795
Total Exportations interprovinciaux (GWh)	3 066	2 789	4 835	4 129	6 319	4 228
Intensité pondérée des GES (t éq. CO2/GWh)	85	75	84	62	60	74
<b>Importations</b>						
<b>Maine</b>						
Importations (GWh)	425,962	240,484	97,295	82,178	2,084	169,601
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	406	384	375	335	346	369
<b>Massachusetts</b>						
Importations (GWh)	40,800	-	-	-	0,084	8,177
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	562	548	565	520	542	547
<b>New York</b>						
Importations (GWh)	3 458,210	3 219,328	2 509,586	1 888,298	2 149,560	2 644,996
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	414	417	411	358	365	393
<b>Nouvelle-Angleterre</b>						
Importations (GWh)	-	-	686,036	564,457	1 202,946	490,688
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	484	466	470	428	444	458
<b>Pennsylvanie</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	-	3,569	0,714
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	577	567	581	575	566	573
<b>Vermont</b>						
Importations (GWh)	-	-	-	-	0,511	0,102
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	4	4	2	1	2	3
Total Importations (GWh)	3 925	3 460	3 293	2 535	3 359	3 314
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	415	415	423	373	393	404
<b>Exportations (GWh)</b>	10 038	9 478	10 565	11 713	16 101	11 579
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	188 204	179 998	188 494	186 565	187 955	186 243
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	34	30	27	22	27	28

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Nouveau-Brunswick

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	18 200	19 600	20 300	17 500	16 300	18 380
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	450	480	460	390	420	440
<b>Transferts inte-provinciaux</b>						
Île-du-Prince-Edward						
Importations (GWh)	-	-	-	-	-	-
Exportations (GWh)	1 087	1 119	1 148	1 139	1 059	1 110
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh) <sup>6</sup>	680	380	260	180	180	336
Nouvelle-Écosse						
Importations (GWh)	331	178	86	41	14	130
Exportations (GWh)	131	287	217	85	16	147
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	670	790	750	760	810	756
Québec						
Importations (GWh)	335	58	63	104	1 727	457
Exportations (GWh)	1 266	1 462	1 963	777	221	1 138
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	10	9	3	4	11	7
Total Importations interprovinciaux (GWh)	666	236	149	145	1 741	587
Total Exportations interprovinciaux (GWh)	2 484	2 868	3 328	2 001	1 296	2 395
Intensité pondérée des GES (t éq. CO2/GWh)	338	598	434	218	17	173
<b>Importations</b>						
Maine						
Importations (GWh)	72,086	44,384	36,334	548,173	637,541	267,704
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	406	384	375	335	346	369
New-York						
Importations (GWh)	-	-	-	-	4,675	0,935
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	414	417	411	358	365	393
Total Importations (GWh)	72	44	36	548	642	269
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	406	384	375	335	346	369
<b>Exportations (GWh)</b>	2 687	2 306	2 974	2 177	1 911	2 411
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	13 767	14 707	14 183	14 015	15 476	14 430
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	444	482	460	386	372	428

<sup>6</sup> Données non disponibles en 2007 pour l'intensité des GES de l'Île-du-Prince-Edward. L'intensité utilisée est celle de l'année précédente (2006).

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

---

### Île-du-Prince-Edward

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	60	50	50	40	113	63
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh) <sup>7</sup>	680	380	260	180	180	336
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
Nouveau-Brunswick						
Importations (GWh)	1 087	1 119	1 148	1 139	1 059	1 110
Exportations (GWh)	-	-	-	-	-	-
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	450	480	460	390	420	440
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	1 147	1 169	1 198	1 179	1 172	1 173
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO<sub>2</sub>/GWh)</b>	462	476	452	383	397	434

<sup>6</sup> Données non disponibles en 2007 pour l'intensité des GES de l'Île-du-Prince-Edward. L'intensité utilisée est celle de l'année précédente (2006).

## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

### Nouvelle-Écosse

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	12 300	12 500	12 400	11 400	12 500	12 220
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	670	790	750	760	810	756
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
Nouveau-Brunswick						
Importations (GWh)	131	287	217	85	16	147
Exportations (GWh)	331	178	86	41	14	130
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	450	480	460	390	420	440
<b>Importations</b>						
Pennsylvanie						
Importations (GWh)	1,221	40,146	69,297	24,588	62,917	39,634
Intensité des GES (t éq. CO <sub>2</sub> /GWh)	577	567	581	575	566	573
<b>Exportations (GWh)</b>	115,746	115,405	104,425	228,598	30,634	118,962
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	11 985	12 534	12 496	11 240	12 534	12 158
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO<sub>2</sub>/GWh)</b>	668	782	744	757	808	752



## Annexe A : Intensité des GES du secteur de l'électricité

---

### Terre-Neuve-Labrador

	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Génération d'électricité</b>						
Production totale (GWh)	40 400	39 800	40 300	40 800	39 800	40 220
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	40	30	30	20	30	30
<b>Transferts interprovinciaux</b>						
Québec						
Importations (GWh)	15	15	14	16	26	17
Exportations (GWh)	31 791	28 217	30 420	31 284	29 752	30 293
Intensité des GES (t éq. CO2/GWh)	10	9	3	4	11	7
<b>Consommation totale (Production - Exportations + Importations) (GWh)</b>	8 624	11 598	9 894	9 532	10 074	9 944
<b>Intensité des GES incluant les importations, les exportations et les transferts interprovinciaux (t éq. CO2/GWh)</b>	40	30	30	20	30	30

## Annexe B : Population du Canada par région géographique, 2006

---

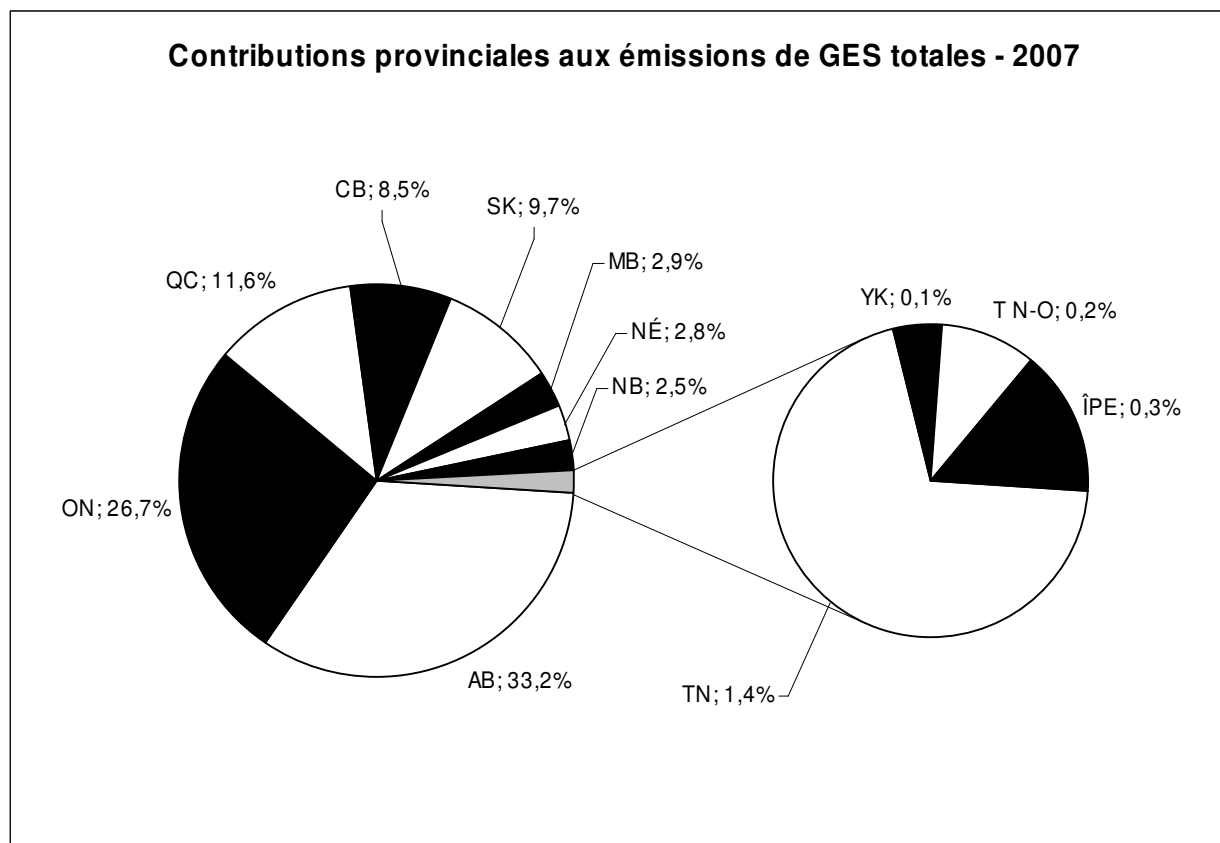
<b>Régions géographiques</b>	<b>Habitants (en milliers)</b>	<b>Pourcentage</b>	<b>Rang (Ordre décroissant)</b>
<b>Canada</b>	31 613	100%	-
<b>Alberta</b>	3 290	10.4%	4
<b>Colombie-Britannique</b>	4 114	13.0%	3
<b>Île-du-Prince-Edward</b>	136	0.4%	10
<b>Manitoba</b>	1 148	3.6%	5
<b>Nouveau-Brunswick</b>	730	2.3%	8
<b>Nouvelle-Écosse</b>	914	2.9%	7
<b>Ontario</b>	12 160	38.5%	1
<b>Québec</b>	7 546	23.9%	2
<b>Saskatchewan</b>	968	3.1%	6
<b>Terre-Neuve-Labrador</b>	506	1.6%	9
<b>Territoires</b>	101	0.3%	11

Source : Statistiques Canada 2008

## Annexe C : Données sur les émissions de GES par province, 2007

Province/Territoire	Émissions de GES (Mt éq. CO <sub>2</sub> )	Émissions de GES per capita (t / hab.)	Proportion des GES provenant du secteur résidentiel (%)	Contribution au volume total des GES du Canada (%)
<b>Canada</b>	747	22.7	5.9	100
<b>Alberta</b>	245.7	70.7	3.7	33.2
<b>Colombie-Britannique</b>	63.1	14.4	7.0	8.5
<b>Île-du-Prince-Edward</b>	2.1	15.1	15.3	0.3
<b>Manitoba</b>	21.3	18	5.2	2.9
<b>Nouveau-Brunswick</b>	18.7	24.9	3.9	2.5
<b>Nouvelle-Écosse</b>	20.6	22.1	5.8	2.8
<b>Ontario</b>	197.4	15.4	10.2	26.7
<b>Québec</b>	85.7	11.1	5.7	11.6
<b>Saskatchewan</b>	72	72.2	2.2	9.7
<b>Terre-Neuve-Labrador</b>	10.5	20.8	4.7	1.4
<b>Territoires</b>	2.2	21.4	6.2	0.3

Source : Environnement Canada 2009a



Source : Environnement Canada 2009a

## Annexe D : Analyse des émissions de GES marginales pour la Saskatchewan

Il y a différentes approches pour analyser, dans un premier temps, l'impact dû à une plus grande pénétration de la géothermie dans les marchés et, dans un deuxième temps, l'augmentation conséquente de la consommation d'électricité. Dans le rapport, nous avons utilisé une moyenne des émissions de GES du parc de production d'électricité existant et tenu compte du commerce interprovincial et international de l'électricité. Par contre, une analyse à la marge, telle que suggéré par le *GHG Protocol* du *World Resource Institute* (WRI 2007), permet d'identifier, d'une part, les installations existantes productrices d'électricité dont l'utilisation serait réduite suite à une diminution de la demande d'électricité ou, d'autre part, le moyen de production utilisé s'il y avait une augmentation de la demande. Grâce à l'analyse marginale, il est possible de calculer les conséquences d'une production supplémentaire sur les émissions de GES.

Nous avons choisi d'appliquer cette approche à la Saskatchewan à cause des caractéristiques de son parc de production d'électricité. En effet, la puissance de base (*base load*) de la Saskatchewan provient pour l'essentiel de centrales au charbon. Cependant, selon les données fournies par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), l'intensité des émissions provenant de la production marginale d'électricité en Saskatchewan est considérablement inférieure à celle utilisée dans le cadre général de notre rapport. Cet écart s'explique par le fait que la quasi-totalité de la production marginale d'électricité dans cette province provient l'hydroélectricité et de la combustion du gaz naturel, un combustible moins polluant que le charbon.

Avec les données du CRSNG et le maintien de toutes les hypothèses générales de l'étude, nous avons calculé la moyenne de l'intensité des émissions de la production marginale d'électricité en Saskatchewan pour la période 2004-2006 et obtenu 0,225 kg CO<sub>2</sub> éq./kWh. Considérant ce coefficient d'émission et les mêmes scénarios modélisés dans cette étude, mais cette fois en utilisant l'approche marginale, nous constatons que les émissions de GES provenant de l'utilisation d'un système de géothermie sont nettement inférieures à celles des systèmes de chauffage au gaz naturel.

<b>Production marginale d'électricité</b>										
<b>Régina, SK</b>										
<b>Émissions annuelles de GES (kg CO<sub>2</sub> éq.) - Chauffage seulement</b>										
Degrés-Jours	COP	Bâtiment 1500 pi <sup>2</sup> (140 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2000 pi <sup>2</sup> (185 m <sup>2</sup> )			Bâtiment 2500 pi <sup>2</sup> (230 m <sup>2</sup> )		
		Btu/h	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen	Supérieur	Inférieur	Moyen
5661										
<b>Électricité</b>										
Fournaise centrale	0,95	9980	7677	5905	13306	10235	7873	16632	12794	9842
Géothermie - PAC	2,8	3386	2605	2004	4515	3473	2671	5643	4341	3339
Géothermie - PAC	3,2	2963	2279	1753	3950	3039	2337	4938	3798	2922
Géothermie - PAC	3,6	2634	2026	1558	3511	2701	2078	4389	3376	2597
<b>Gaz naturel</b>										
Efficacité normale	0,75	13051	10039	7722	17401	13385	10296	21751	16731	12870
Efficacité moyenne	0,84	11653	8964	6895	15536	11951	9193	19420	14939	11491
Haute efficacité	0,95	10303	7926	6097	13738	10567	8129	17172	13209	10161
<b>Mazout</b>										
Efficacité normale	0,75	14998	11537	8875	19997	15382	11833	24996	19228	14791
Efficacité moyenne	0,84	13391	10301	7924	17855	13734	10565	22318	17168	13206
Haute efficacité	0,9	12499	9614	7396	16664	12819	9861	20830	16023	12326

*Données calculées par la CCÉG*

En retenant le scénario d'une résidence de 2000 pi<sup>2</sup> (185m<sup>2</sup>) avec une isolation supérieure ainsi qu'un système de chauffage performant (efficacité à 95% pour celui au gaz naturel et un COP de 3,6 pour la géothermie), nous obtenons des résultats optimaux pour les deux technologies. Ainsi, dans ces conditions, l'installation d'un système de géothermie réduirait les émissions de GES liées au chauffage de près de 6 tonnes.