

ÉVALUATION D'IMPACT ÉNERGÉTIQUE
(P E 1 0 1 E T P E 1 0 2)



Source d'**avenir**



ÉVALUATION D'IMPACT ÉNERGÉTIQUE

**SCGM
PROGRAMME
GÉNÉRATEUR D'AIR CHAUD 3^e GÉNÉRATION
RÉSIDENCES EXISTANTES PE 101**

**Bureau d'Études Zariffa Inc.
Mars 2003**

TABLE DES MATIÈRES

1. Sommaire exécutif	3
2. Objectif de l'étude	3
3. Description du programme	4
4. La population analysée	6
4.1 Les participants	6
4.2 Les témoins	7
4.3 Les autres équipements qui affectent la consommation	7
5. Les ajustements et les résultats	8
5.1 La coupe transversale	8
5.2 La série chronologique	9
6. La distorsion de marché	10
7. La validation croisée et le degré de précision	12
8. L'ajustement régional	12
9. La méthode des ratios de capacité	12
10. Le niveau d'efficacité des appareils remplacés	13
11. Conclusion et recommandations	13
Figure III. Les différents paliers d'économie	15

Remerciements:

Le Bureau d'Études Zariffa inc tient à remercier monsieur Jean-François Tremblay, conseiller principal en efficacité énergétique, auprès de la direction marketing et support commercial de Gaz Métropolitain, pour sa disponibilité et sa précieuse collaboration dans l'exécution de ce mandat.

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF

Le principal objectif de cette étude est d'évaluer les économies de gaz naturel générées par l'installation de générateurs d'air chaud de troisième génération, soit une génération d'appareils qui affichent un taux d'efficacité annuel (AFUE¹) de 90% et plus dans le marché résidentiel existant.

La méthodologie retenue est celle de la validation croisée entre une série chronologique et une coupe transversale avec les participants au programme PE 100, qui offrait des générateurs d'air chaud de seconde génération et, qui représente la base de référence pour ce programme. Les économies de gaz naturel ont été calculées à partir d'une analyse de facturation. Le ratio des capacités des générateurs d'air chaud remplacés sur les capacités des nouveaux générateurs a donné des résultats convergents avec ceux de la méthode de la coupe transversale / série chronologique.

Ce croisement a établi les économies de gaz naturel à environ 487 m³ par année, à partir d'un niveau d'AFUE réglementé de 78%, soit environ 15.6 % de la consommation de chauffage annuelle moyenne de la population étudiée qui était de 3 108 m³. Les nouveaux appareils installés affichent un AFUE de 92%.

La marge d'erreur pour un intervalle de confiance de 95 % est de ± 3,62%. Ces résultats représentent 105 % du niveau d'économie prévu avant l'évaluation d'impact dans le PGEÉ portant sur l'horizon 2001-2004 de la SCGM, lequel était de 464 m³.

La flambée de prix du début de l'année 2001 ne semble pas avoir eu d'influence notable sur la consommation de cette période.

Le niveau d'efficacité des générateurs remplacés a été établi à environ 71% pour un âge moyen de 32 ans et une capacité moyenne de 111 000 BTU/h. La capacité moyenne des unités de remplacement est de 80 000 BTU/h pour un écart de -28%.

Le taux de pénétration de cette technologie sur le marché a connu une progression importante passant de 0% à 37 % en l'espace de 2 ans.

Une attention particulière devrait être apportée aux données recueillies par formulaire, le taux de données manquantes étant élevé.

2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Le principal objectif de cette étude est d'évaluer les économies de gaz naturel générées par l'installation de générateurs d'air chaud de troisième génération, soit une génération d'appareils qui affichent un taux d'efficacité annuel (AFUE) de 90% et plus.

¹ Annual Fuel Utilization Efficiency

Le volume de mètres cubes de gaz naturel économisé annuellement servira d'intrant aux calculs des différents tests de rentabilité du programme et aux calculs des pertes de revenus pour le MAPR.

3. DESCRIPTION DU PROGRAMME

Ce programme consiste à offrir aux clients résidentiels de la SCGM l'opportunité de remplacer leur générateur d'air chaud désuet de première génération, soit un appareil affichant un AFUE oscillant entre 65% à 70%, par un appareil affichant un AFUE de 90% et plus. La réglementation minimum pour ce type d'appareil étant actuellement établie à un AFUE de 78%.

Ce programme fut proposé dans le premier PGEÉ faisant partie de la cause tarifaire 2001. Certains ajustements de parcours ont été apportés au programme par la suite et sont présentés dans le tableau qui suit.

Tableau 1 : Les prévisions et les modifications de parcours

PGEÉ - Horizon	2000-2003			2001-2004			2002-2005		
Économies unitaires (m ³ /an)	350			464			464		
Participants prévisions (3 ans)	75	200	400	359	478	603	1000	1100	1200
Participants réels	252	984	-	984	-	-	-		
Subvention (\$)	600			600			450		

Les économies unitaires ont été ajustées à partir du 2^e PGEÉ alors que la base de référence fut ramenée à un AFUE de 78% au lieu de 82%. La base de 82% représentait le niveau d'efficacité des générateurs d'air chaud de seconde génération, offerts dans le cadre du programme PE 100 qui fut aboli à la fin de la première année d'implantation du plan. Tant et aussi longtemps que les deux programmes étaient offerts, il fallait respecter des bases de référence qui ne se chevauchaient pas.

Ainsi, au lieu de s'accréditer des économies de 78% à 82 % dans un programme et de 82% à 90% dans un autre programme, on maintient un seul programme de haute efficacité et on s'accrédite les économies ayant pour base de référence le niveau imposé par réglementation qui est de 78 %, jusqu'au niveau d'efficacité de la troisième génération qui est de 90% et plus. Les économies tendanciennes, soit celles représentant l'écart entre le AFUE du générateur remplacé, environ 71% à l'AFUE réglementaire 78%, ne sont pas prises en compte (voir figure III en fin de rapport).

Au niveau des prévisions des taux de participation, ceux-ci ont également été modifiés à la lueur des taux réels de participation et en tenant compte de la réduction du niveau de la subvention. Cette dernière étant considérée un peu trop généreuse par rapport au coût incrémental de 1000 \$ a été révisée à la baisse.

La méthodologie qui a été prévue lors de la conception du programme a été appliquée sans ajustement majeur. Cette dernière consiste à croiser deux méthodes de calcul, soit une analyse de facturation en série chronologique, avant et après, auprès d'un échantillon de participants, avec une analyse de facturation entre participants au programme de seconde génération et ceux de la troisième génération, ou si l'on veut l'approche de la coupe transversale soit avec et sans. Voir la figure II en fin de rapport.

Il faut mentionner que même si le programme de seconde génération ne faisait plus partie du portefeuille des programmes offerts dans le deuxième et troisième PGEÉ, la SCGM continuait à l'offrir aux clients qui le désiraient sans toutefois le considérer comme un programme d'efficacité énergétique. Ce programme n'offrait aucune subvention, mais tout simplement des modalités de participation et de financement qui répondaient aux besoins de la clientèle.

Le fait d'avoir conservé ce programme nous permet de constituer une base de référence réelle. Toutefois, compte tenu que les générateurs d'air chaud du programme PE 100 affichent un AFUE de 82%, la méthodologie retenue prévoit ajuster la consommation des participants à ce programme à un AFUE de 78%, avant de comparer les résultats avec la série chronologique..

Cet ajustement s'imposait puisque le niveau de 82% n'est pas considéré comme le niveau réglementaire ou de pratique courante, mais plutôt un niveau dû à un programme d'intervention (le PE 100). Avant le programme de seconde génération, les plombiers installaient des unités affichant un niveau d'AFUE réglementaire. Toutefois, les données de consommation de ces clients sont impossibles à retracer et ce, pour une raison d'identification principalement.

En effet, d'une part les participants au programme ne faisaient pas partie d'un programme normé, donc pas de formulaire de participation associé et, d'autre part, une bonne quantité de ces unités étaient installées par des plombiers qui n'étaient pas des partenaires certifiés de Gaz Métropolitain (PCGM), d'où l'impossibilité de les identifier.

Par ailleurs, le ratio capacité des générateurs remplacés sur capacité des nouveaux générateurs nous a donné un ordre de grandeur des économies brutes pour fins de validation triangulaire avec les deux autres méthodes (voir section 9).

À l'aide d'un algorithme d'ingénierie, nous avons été en mesure d'établir le niveau d'AFUE moyen des générateurs remplacés à environ 71%.

L'analyse du rythme de participation au programme PE 100, à partir du moment où la subvention a été annulée, nous fournit un éclairage supplémentaire sur la performance du programme PE 101. Étant donné que le programme PE 100 n'était plus considéré comme un programme d'efficacité énergétique, la saisie des données concernant ces appareils ne s'effectuait plus de la même façon. Nous avons donc orienté nos recherches concernant le taux de pénétration vers des indicateurs de marché. Nous avons contacté et examiné les données des manufacturiers, distributeurs et organismes gouvernementaux.

L'analyse de ces données démontre que le taux de pénétration des générateurs de troisième génération est en nette progression au Québec. Passant de presque nul avant

le lancement du programme en 2000 à 21 % en 2001 et 37 % en 2002. Pour l'année 2003 qui est à moitié entamée, le taux est de 21 %, ce qui permet d'espérer une progression pouvant atteindre 40 % cette année. RNCan nous indique qu'à l'heure actuelle au Canada 60 % des générateurs d'air chaud installés sont de seconde génération, alors que 40 % sont des unités de troisième génération. On peut donc conclure que la SCGM a pu, grâce à son programme, rattraper la moyenne nationale en très peu de temps.

Enfin, une recherche de marché auprès des manufacturiers et installateurs, nous a fourni certains renseignements sur l'évolution des coûts d'acquisition et d'installation. Nous avons effectué une enquête auprès des plus importants manufacturiers et déterminé qu'au contraire les prix progressent de 3 à 5% par année. Cette situation est due à plusieurs facteurs dont :

- L'industrie vise une stabilité de ses revenus et ajuste ses prix en fonction du coût des matières premières, en particulier l'acier.
- Il s'agit d'appareils complexes qui nécessitent plus de budget de formation.
- La volatilité du taux d'échange de la devise canadienne.
- Le Québec ne représente qu'une infime partie du marché de l'Amérique du Nord et ne peut d'aucune façon influencer les prix dans ce type d'industrie qui a un rayonnement national.

Au niveau des effets de distorsion de marché, seul l'effet signal de prix, pour la période allant du mois de décembre 2000 au mois de mai 2001, a été étudié puisque durant cette période le prix de la molécule a connu une flambée sans précédent, oscillant entre 7,020 \$ et 8,640 \$ le GJ. Cet effet aurait pu avoir un impact sur la consommation de la période post installation.

L'effet d'opportuniste n'existe pas dans ce programme, puisque avant son lancement, il n'y avait aucune installation de générateurs d'air chaud de 3^e génération.

4. LA POPULATION ANALYSÉE

4.1 Les participants

Nous avons débuté l'étude avec les formulaires de 948 participants au programme. Ces derniers ont participé au programme du mois de juin 2000 au mois de juillet 2002. L'épuration et les filtres appliqués pour arriver à la taille de l'échantillon final, sur lequel nous avons porté notre analyse de facturation, sont décrits ci-après.

Tout d'abord, nous avons sélectionné les participants dont la date d'installation se situait entre le 1^{er} avril 2001 et le 30 octobre 2001, afin d'analyser leur consommation de chauffage durant 5 mois d'hiver avant l'installation et 5 mois d'hiver après l'installation, soit du 1^{er} novembre 2000 au 31 mars 2001 et du 1^{er} novembre 2001 au 31 mars 2002. Ces deux périodes seront identifiées dans le présent rapport comme étant les périodes P1 et P2.

À partir d'une banque de données contenant les données de facturation des 36 derniers mois pour tous les 948 participants, nous avons extrait les données suivantes :

- La consommation en m³ durant les périodes P1 et P2.
- La moyenne du nombre de jours de ces périodes.
- Le nombre de degrés-jours réels inclus dans ces périodes sur une base de 13⁰C.
- La moyenne des degrés-jours des 30 dernières années pour ces mêmes périodes sur une base de 13⁰C.
- Ensuite, nous avons sélectionné les participants de résidences unifamiliales de la région de Montréal, uniquement pour les comparer à des témoins de résidences unifamiliales de la même région.
- Enfin, nous avons épuré la banque de données, de quelques consommations marginales, afin de réduire l'écart type des moyennes observées.

Le nombre final de participants retenus pour calculer les économies par la méthode de la coupe transversale est de 165.

4.2 Les témoins

Les témoins proviennent de la banque de données du programme PE 100, soit les générateurs d'air chaud de 2^e génération, données qui ont été saisis à partir des formulaires de participation de ce programme. Ceux-ci étaient au nombre de 343.

En appliquant les mêmes critères de sélection que les participants, et en s'assurant qu'aucune installation n'avait été faite après le 1^{er} novembre 2001, le nombre final retenu pour les témoins est de 155.

4.3 Les autres équipements qui affectent la consommation

Les deux appareils, qui ont un impact sur la consommation et qui devaient être pris en considération dans les ajustements de calcul, sont le chauffe-eau et le thermostat électronique qui fut offert dans les deux programmes PE 100 et PE 101.

Tableau 2. Caractéristiques des participants et des témoins pour la coupe transversale

Coupe transversale	Participants	Témoins
Période P2	Du 1 ^{er} novembre 2001 au 31 mars 2002	
Région	03 Montréal	
Période d'installation	Entre le 1 ^{er} avril 2001 et le 30 octobre 2001	Avant le 1 ^{er} novembre 2001
Population de départ N	420	343
Échantillon final n	165	155
Consommation moyenne P2 m ³	1769	1922
Période moyenne P2 - jours	156	156
Degrés-jours réels moyenne P2 – 13 ⁰ C	2345	2306
Degrés-jours moyenne 30 ans P1	2939	2903
Nombre de chauffe-eau	100	86
Capacité moyenne des chauffe-eau (G)	43	45
Nombre de thermostats électroniques	103	95

Tableau 3. Caractéristiques des participants série chronologique

Série chronologique	Participants (avant) P1	Participants (après) P2
Période de facturation analysée	Du 1 ^{er} novembre 2000 au 31 mars 2001	Du 1 ^{er} novembre 2001 au 31 mars 2002
Région	03 Montréal	
Période d'installation	Entre le 1 ^{er} avril 2001 et le 30 octobre 2001	
Population de départ N	165	
Échantillon final n	148 ¹	
Consommation moyenne m ³	2803	1752
Période moyenne P2 - jours	149	154
Degrés-jours réels P2 – 13 ⁰ C	2847	2313
Degrés-jours moyenne 30 ans P2/P2	2850	2898
Nombre de chauffe-eau	89	
Nombre de thermostats électroniques	90	
Capacités moyennes des appareils	112 000	82 000
Âge moyen des appareils remplacés	28 ans	

Voir explication au point 6.2

5. LES AJUSTEMENTS ET LES RÉSULTATS

5.1 La coupe transversale

Il est toujours difficile sinon impossible d'avoir de parfaits témoins pour réaliser ce genre d'analyse. Pour avoir de parfaits témoins, il faut appliquer tellement de variables, que l'échantillon résiduel n'est plus statistiquement valable. Il est donc de pratique courante d'apporter certains ajustements afin de permettre une comparaison et de dégager une estimation de l'écart.

Les ajustements effectués sur cette méthode sont les suivants :

- Étant donné que le groupe témoin représentait un AFUE de 82%, nous avons ajusté la consommation à 78 % à l'aide d'un algorithme d'ingénierie.
- Enfin, comme les témoins et les participants n'avaient pas tout à fait le même nombre de thermostats et de chauffe-eau, nous avons apporté un deuxième ajustement à cet effet.

Les résultats de ces ajustements et le calcul de l'écart par cette méthode sont présentés aux tableaux 4 et 5.

Tableau 4. Résultat de la coupe transversale avec l'ajustement de la base de référence

	Participants	Témoins
Niveau d'AFUE	92% ¹	82%
Consommation de chauffage annuelle normalisée 30 ans 15 ⁰ C	2464	2778
Ajustement des témoins AFUE 82 % à 78%	n/a	2920
Écart net avant ajustement de thermostat	456	

¹ Niveau d'AFUE réel des appareils installés.

Compte tenu que les nombres pairés (témoins et participants) comparés n'étaient pas les mêmes, pas plus que le nombre de thermostats et de chauffe-eau, nous avons dû apporter un ajustement de nivellement pour fins de comparaison. L'ajustement des chauffe-eau a été intégré dans le calcul de la charge du chauffe-eau pour obtenir les charges de chauffage de l'espace pour les deux groupes, alors que pour les thermostats, l'ajustement est présenté au tableau 5.

Tableau 5. Les ajustements pour le nombre de thermostats

	Participants	Témoins
Nombre de clients	165	155
Nombre de thermostats	103	95
Consommation avant ajustement	2464	2920
Ajustement pour le nombre de thermostats	+92	+107
Consommation après ajustement	2556	3027
Économies nettes PE 101	471	

5.2 La série chronologique

Les participants analysés pour la méthode de la série chronologique sont les mêmes que ceux utilisés pour la coupe transversale. Le nombre de participants est toutefois passé de 165 à 148, compte tenu d'un manque de quelques données pour la période P1. Les autres ajustements sont les mêmes que ceux de la coupe transversale, soit :

- En premier lieu, nous avons calculé la consommation de chauffage, en isolant la part du chauffage de l'eau, selon les proportions de participants ayant déclaré avoir un chauffe-eau.
- Ensuite, nous avons normalisé les consommations sur la moyenne des degrés-jours des 30 dernières années pour les mêmes périodes sur une base de 13⁰C.
- Ensuite, nous avons normalisé les résultats en fonction de la moyenne des 30 dernières années pour la région de Montréal mais sur une base de 15⁰C, car la corrélation entre 15⁰C et la consommation de chauffage est plus forte.
- Par la suite, nous avons établi la consommation de chauffage annuelle normalisée.
- L'écart entre les deux lectures représentait les économies dues au remplacement d'un générateur d'air chaud de première génération, par un générateur d'air chaud de troisième génération **ainsi** que l'effet du thermostat électronique, puisque 90 des 148 participants avaient reçu des thermostats électroniques. Les deux ajustements apportés aux économies brutes furent donc celui de la base de référence à un niveau d'AFUE de 78 % et celui de l'effet du thermostat.
- Pour la base de référence, nous avons utilisé la proportion des économies établies dans l'évaluation d'impact du programme Prégaz soit 8,65 % net sur la charge de chauffage, ajusté pour un AFUE de 78%, alors que pour le thermostat électronique,

nous avons appliqué la proportion des économies établies dans l'évaluation d'impact du thermostat déposé dans la cause tarifaire 2003, la pièce SCGM 10, qui est de 6% net sur la charge de chauffage.

Tableau 6. Résultat de la série chronologique

	Période P1 avant	Période P2 après
Les périodes	1 ^{er} novembre 2000 au 31 mars 2001	1 ^{er} novembre 2001 au 31 mars 2002
Le nombre de participants	148	
La consommation réelle pour la période (m ³)	2803	1752
Le nombre de jours de facturation	149	154
La consommation annuelle de chauffage normalisée à 15 °C (P1-AFUE 71%) (P2-AFUE 92%)	3402	2504
L'écart brut	898	
L'ajustement pour un AFUE à 78%	- 294	N/a
Écart avant ajustement de thermostat	604	
L'ajustement pour les thermostats	- 112 ¹	
L'écart net de la série chronologique	490	

¹ N'ayant pas d'information sur l'utilisation du thermostat, nous avons voulu valider les économies de 112 m³, par une méthode différente que celle d'appliquer 6% sur la consommation au prorata du nombre de thermostats dans l'échantillon.

Nous avons exclu des 148 participants, ceux qui avaient un thermostat (90) et calculé pour les autres, soit 58 participants n'ayant pas de thermostat, les économies dues au générateur d'air chaud seulement. L'économie était de 594 m³ pour une différence de 104 m³ attribuable au thermostat. En d'autres termes, les économies du thermostat oscillent entre 104 et 112 m³ par an.

Ce niveau d'économie ne peut être comparé avec celui du résultat de l'évaluation d'impact énergétique du thermostat (180m³) car il s'agit d'une économie moyenne ramenée sur 148 participants dont uniquement 90 d'entre eux ont des thermostats.

6. LA DISTORSION DE MARCHÉ

Si on analyse l'historique du prix de la molécule de gaz naturel au cours de la dernière décennie, on s'aperçoit que le prix du GJ a oscillé entre 1,3 \$ et 3,0 \$. À partir du mois d'avril 2000, les prix ont commencé à grimper de façon importante atteignant un sommet de 8,64 \$/ GJ un an plus tard, soit en avril 2001. Si on prend la moyenne des prix de la molécule au cours de la période P1 et P2, celles-ci sont de 3,11\$ / GJ et 7,54\$/ GJ respectivement, soit une augmentation de plus de 100%.

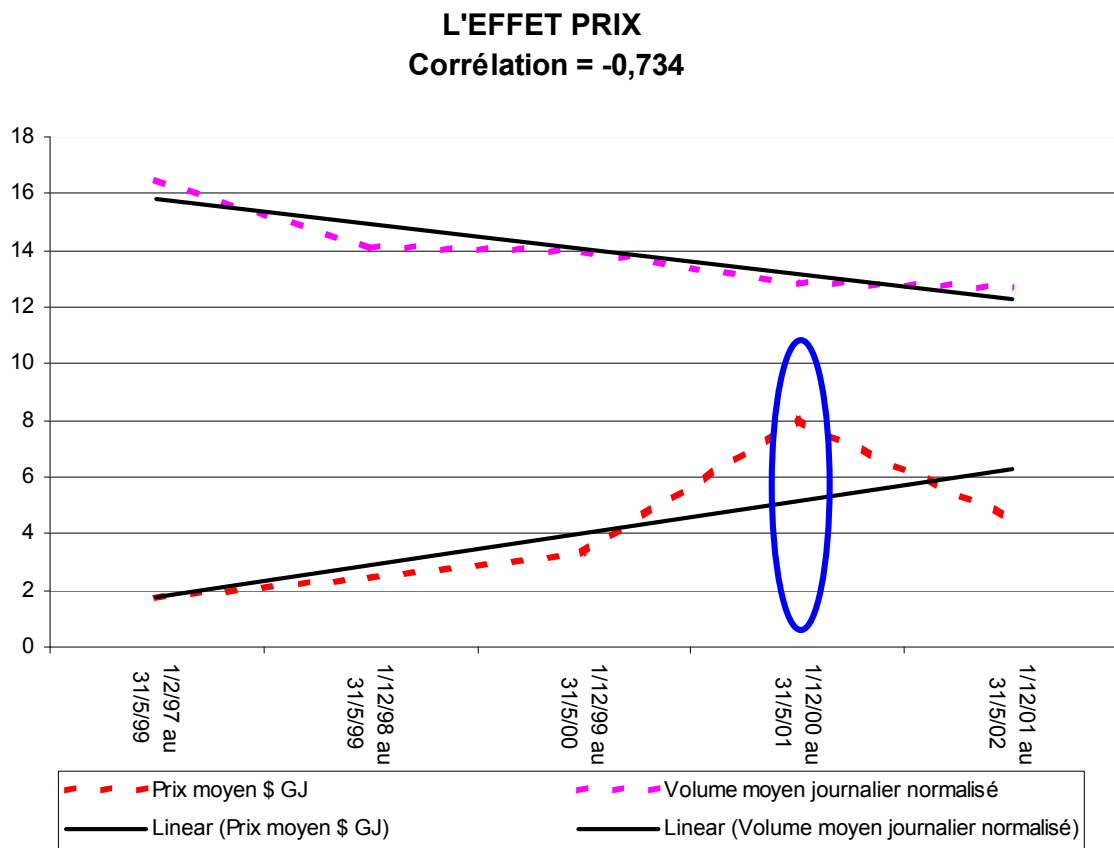
Cette flambée de prix pourrait avoir eu un impact sur la consommation de la période P2. Afin d'établir cet impact, nous avons analysé une banque de données de

consommateurs résidentiels n'ayant participé à aucun programme d'efficacité énergétique. L'historique de consommation portait sur la période de facturation la plus longue disponible à la SCGM, février 1998.

Après avoir constitué une série historique de consommations journalières normalisées pour presque 5 hivers, nous avons établi la corrélation et la tendance entre la consommation et les prix.

La figure qui suit illustre le résultat de cette analyse.

Figure I. L'effet prix



On constate que la corrélation entre les deux séries est relativement forte, soit $-0,734$, et que les courbes ont des tendances convergentes. Plus les prix augmentent, plus la consommation baisse, ce qui est tout à fait normal. Toutefois, pour la période qui nous intéresse, on ne peut conclure que la flambée de prix au début de 2001 a occasionné une chute de consommation d'amplitude proportionnelle. En réalité elle est à peine perceptible et ne nous permet donc pas de conclure s'il y a eu un effet prix significatif, qui aurait pu affecter les économies nettes de 490 m^3 établies par la série chronologique.

7. LA VALIDATION CROISÉE ET LE DEGRÉ DE PRÉCISION

L'évaluation d'impacts énergétiques n'est pas une science très précise à priori. C'est pour cette raison que l'on a recours à ce qu'on appelle la validation croisée ou la triangulation de résultats provenant de plus d'une méthode d'évaluation, en espérant que les résultats seront convergents.

Afin de réduire la marge d'erreur au minimum, nous avons utilisé le même échantillon de participants dans les deux méthodes. Après avoir apporté les ajustements nécessaires à la comparaison, les résultats sont assez proches soit :

L'écart constaté pour la série chronologique est de 471 m³ par an, avec une marge d'erreur de $\pm 3,82$ %, pour un intervalle de confiance de 95 %.

L'écart constaté pour la coupe transversale est de 490 m³ par an avec une marge d'erreur de $\pm 3,41$ %, pour un niveau de confiance de 95 %.

La moyenne des deux méthodes représente des économies de 481 m³ par an pour la région de Montréal.

8. L'AJUSTEMENT RÉGIONAL

Le dernier ajustement mineur que nous avons apporté, est celui de l'ajustement régional afin de tenir compte de la répartition géographique de la clientèle unifamiliale de la SCGM dans la province. A cet effet, nous avons calculé la moyenne pondérée des degrés-jours, entre Montréal et les zones en franchise, et avons appliqué le ratio sur les économies nettes de 481 m³, pour atteindre un chiffre final de 487 m³ par an.

Tableau 7 : Ajustement régional

Détails	Données
Maisons unifamiliales dans Montréal	62 %
Maisons unifamiliales dans la zone de franchise	38%
DJ 15 ^o C moyenne de 30 ans Montréal	3685
DJ 15 ^o C moyenne de 30 ans franchise	3809
Moyenne pondérée	3732
Économies ajustées	487

9. LA MÉTHODE DES RATIOS DE CAPACITÉ

Une autre méthode grossière d'établir les économies serait en fonction des capacités des nouveaux générateurs d'air chaud installés. Pour l'échantillon de participants considérés dans notre analyse de coupe transversale, la capacité moyenne de

générateurs d'air chaud installés est de 82 000 BTUh, en remplacement de générateurs de première génération de capacité moyenne de 112 000 BTUh. L'écart théorique est donc de 27,51%. Si nous comparons ces économies avec celles établies par la série chronologique, en excluant les économies du thermostat électronique, nous obtenons des économies de chauffage de l'ordre de 26,4 %, ce qui valide l'ordre de grandeur des calculs précédents. Par ailleurs, l'âge moyen des appareils remplacés est de 32 ans.

10. LE NIVEAU D'EFFICACITÉ DES APPAREILS REMPLACÉS

À l'aide d'un algorithme d'ingénierie, nous avons pu établir le niveau d'efficacité énergétique des appareils remplacés à un AFUE d'environ 71%.

Pour une consommation de chauffage seulement de P2 de 2617 m³ (avant économies du thermostat) qui représente un AFUE de 92%, la consommation de P1 de 3402 m³, correspond à un AFUE d'environ 71%.

11. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

1. Le programme a généré en moyenne 487 m³ d'économies de gaz naturel par année ou, en terme relatif, 15% de la consommation de chauffage de la population étudiée ramenée à un niveau d'efficacité réglementaire, soit une moyenne de 3108 m³ par an.
2. Ce résultat correspond à 105 % des économies d'énergie prévues pour ce programme et, à ce niveau, on peut conclure qu'il a atteint ses objectifs de façon satisfaisante.
3. Au niveau du taux de participation, ce dernier est beaucoup plus élevé que prévu et ce phénomène s'explique par le retrait progressif du programme PE 100 qui faisait la promotion des générateurs de 2^e génération.
4. L'effet prix n'a pas eu d'impact sur la consommation, ce qui est assez surprenant.
5. Les formulaires de participation mériteraient un contrôle de la qualité plus serré. En effet, plusieurs d'entre eux étaient incomplets au niveau d'informations essentielles pour l'évaluation d'impact énergétique, tels que le # de compte de GMI et la date d'installation des appareils.
6. L'évolution des prix de ce type d'appareils est à surveiller afin d'ajuster le niveau de subvention, le cas échéant.
7. La consommation du cas type de ce programme se situe entre 2920 et 3108, soit les consommations de chauffage des témoins et des participants respectivement et ce, avant l'installation de la nouvelle fournaise, tous les deux à partir d'un AFUE de 78%.

Disons une moyenne de 3014 m³. Le cas type des deux derniers PGEÉ est de 3048 m³, soit un écart non significatif de 1,1 %.

8. Soulignons le fait que le programme a eu un impact fort important au niveau du taux de pénétration de cette technologie sur le marché québécois.
9. Soulignons également le fait que l'âge moyen des générateurs remplacés est beaucoup plus élevé que la durée de vie utile que la SCGM prévoit dans ces PGEÉ qui est de 20 ans alors que la présente évaluation situe l'âge moyen plutôt à 32 ans. L'évaluation d'impact du PE 100 avait conclu que l'âge moyen était de 29 ans. Cette situation pourrait amener la SCGM à réviser ses durées de vie utile ou encore l'estimation des potentiels de pénétrations qui se font via la durée utile des équipements. Le fait que des appareils étaient fabriqués de façon plus solide dans le passé pourrait expliquer cette situation. À la rigueur, on pourrait parler de persistance et non d'effritement.

Figure II. La méthodologie

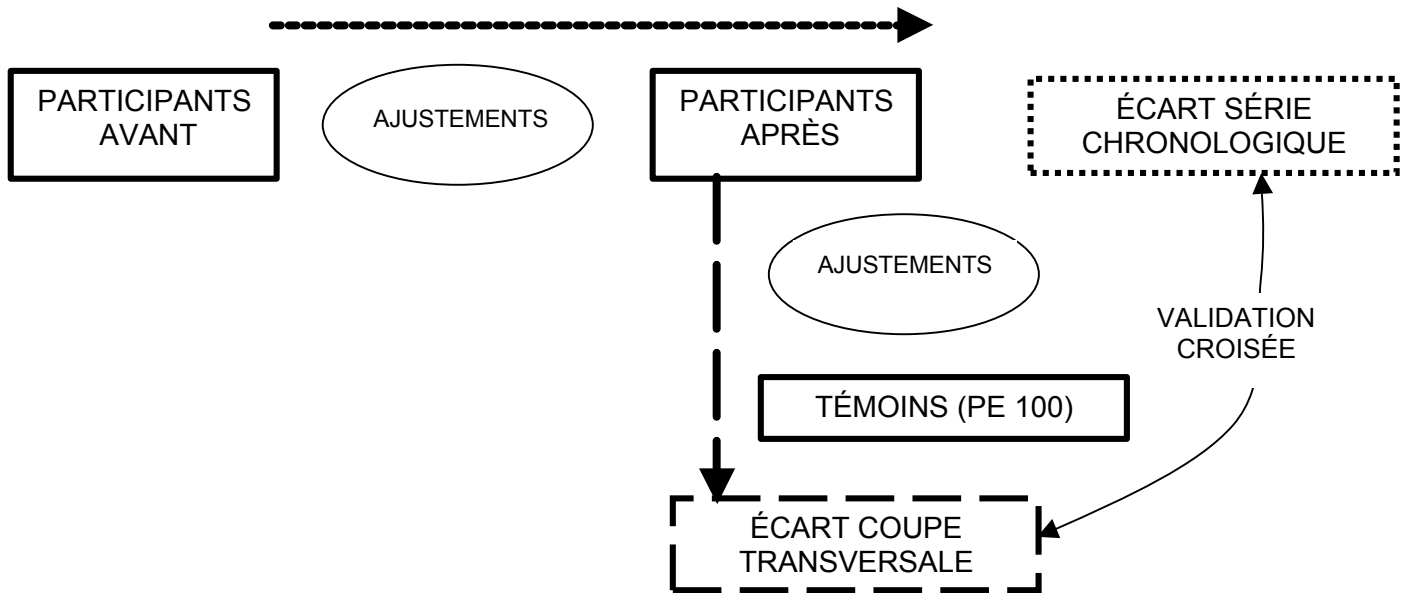
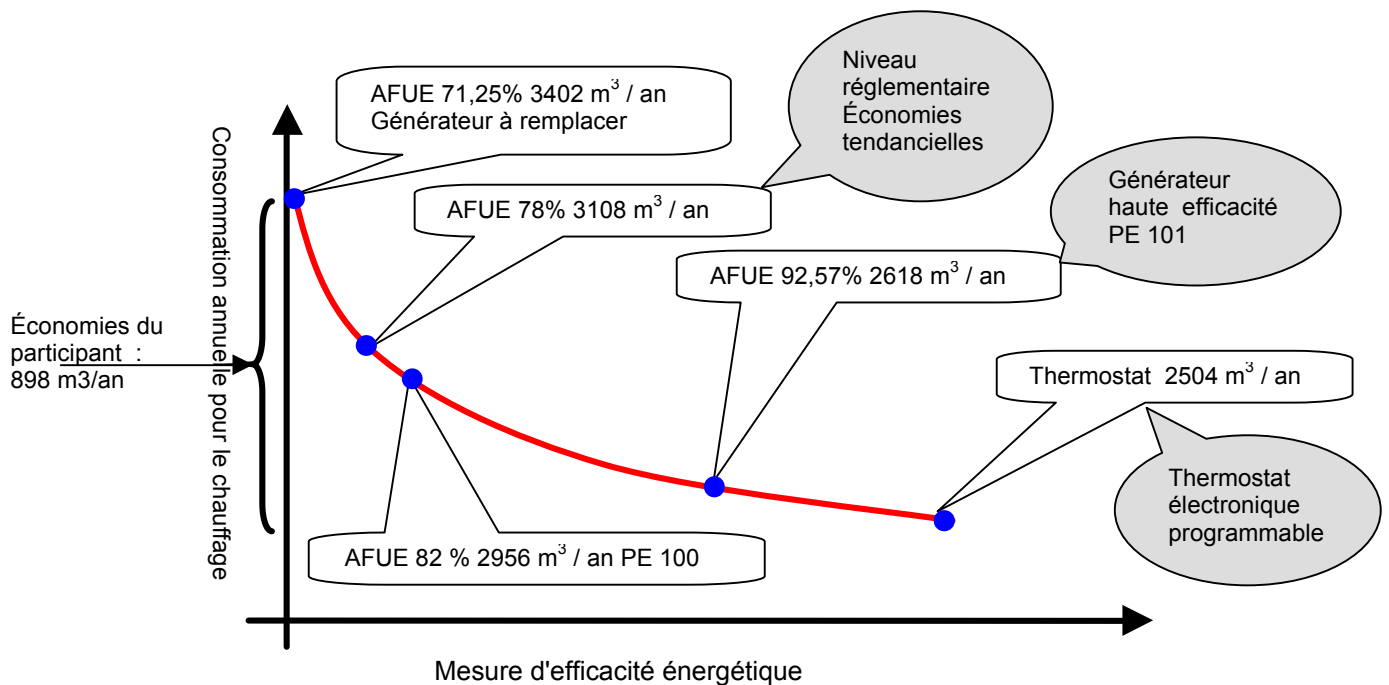


Figure III. Les différents paliers d'économie





**Gaz
Métropolitain**

Source d'**avenir**



ÉVALUATION D'IMPACT ÉNERGÉTIQUE

**SCGM
PROGRAMME GÉNÉRATEUR D'AIR CHAUD DE 3^e
GÉNÉRATION
SECTEUR DE LA NOUVELLE CONSTRUCTION
RÉSIDENTIELLE PE102**

**Bureau d'Études Zariffa inc.
Avril 2003**

Table des matières

1. Sommaire exécutif	3
2. Objectif de l'étude	3
3. Historique de la nouvelle construction	3
3. Description du programme	4
4. Méthodologie retenue	5
4.1 La méthode du modèle d'ingénierie réel	5
4.2 La validation par la capacité des générateurs installés	6
5. Les résultats	7
6. Les opportunités	9
7. Les recommandations	9

Remerciements:

Le Bureau d'Études Zariffa inc tient à remercier monsieur Jean-François Tremblay, conseiller principal en efficacité énergétique, auprès de la direction marketing et support commercial de Gaz Métropolitain, pour sa disponibilité et sa précieuse collaboration dans l'exécution de ce mandat.

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF

Le principal objectif de cette étude est d'évaluer les économies de gaz naturel générées par l'installation de générateurs d'air chaud de troisième génération, soit une génération d'appareils qui affichent un taux d'efficacité annuel (AFUE¹) de 90% et plus et ce, dans les résidences neuves.

La méthodologie d'évaluation appliquée est différente de celle prévue initialement lors de la conception du programme, étant donné l'impossibilité de constituer un groupe témoin. L'approche utilisée est celle du modèle d'ingénierie en validation croisée avec les capacités installées.

Après avoir appliqué les différents filtres pour la sélection d'un échantillon représentatif et homogène, nous avons établi les économies d'énergie nettes à 346 m³/an, soit un taux de réalisation de 97,7 % par rapport à la prévision qui était de 354 m³/an.

La marge d'erreur pour un intervalle de confiance de 95 % est de $\pm 3,98\%$ alors que le taux d'opportunistes, constitué de constructeurs de maisons de luxe et de catégories supérieures, est estimé à 25 % par rapport à la prévision, qui était de 30%, inspirée du taux utilisé par un distributeur de gaz naturel Ontarien en l'absence de données pour le Québec.

Le niveau d'efficacité des générateurs est en moyenne de 91,5 % AFUE.

2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Le principal objectif de la présente étude est d'évaluer les économies de gaz naturel générées par l'installation de générateurs d'air chaud de troisième génération, soit une génération d'appareils qui affichent un taux d'efficacité annuel (AFUE) de 90% et plus.

Le volume de mètres cube de gaz naturel économisé annuellement servira d'intrant aux calculs des différents tests de rentabilité du programme et aux calculs des pertes de revenus.

3. HISTORIQUE DE LA NOUVELLE CONSTRUCTION

L'installation d'équipement fonctionnant au gaz naturel dans la nouvelle construction résidentielle a cessé au cours de la fin des années 1970 début des années 1980. Ce secteur de la construction fut l'objet d'une offensive commerciale musclée de la part d'Hydro-Québec. La maison NOVELEC et l'introduction massive de la plinthe électrique ont contribué à déplacer les appareils à air pulsé et à eau chaude, quelque soit leur source énergétique.

Les appareils installés avant cette période étaient de première génération et ce sont ces installations qui étaient visées par le programme Prégaz PE 100, aboli après une année d'implantation en tant que programme d'efficacité énergétique.

¹ Annual Fuel Utilization Efficiency

Les efforts de commercialisation de la SCGM, combinés à une demande d'une certaine catégorie d'acheteurs pour des systèmes à air pulsé offrant essentiellement plus d'option de confort, ont fait en sorte que ce marché a de nouveau été exploité à partir de la fin des années 1990.

Au départ, la SCGM a offert des systèmes de troisième génération. Cette initiative était également soutenue par la Régie de l'énergie qui encourageait la SCGM à installer ce genre d'équipement dans le secteur de la nouvelle construction résidentielle. En plus d'être efficaces, ils ne nécessitaient pas de cheminée verticale pour l'évacuation des gaz de combustion, s'intégrant harmonieusement aux nouveaux concepts de construction résidentielle à étages multiples et sans mur porteur. Ceci réduisait le coût incrémental de ces appareils.

Toutefois, les entrepreneurs ont connu certains problèmes d'installation, en particulier au niveau des dégagements à respecter des ouvertures et des sorties mécaniques, telles les fenêtres, les sorties de sècheuse, les prises d'air de l'échangeur d'air, l'évent du régulateur de gaz, etc.

L'efficacité énergétique supérieure, les problèmes d'installation et les surcoûts par rapport aux systèmes de seconde génération, constituaient des barrières à l'implantation de ces systèmes. C'est donc pour cette raison que la SCGM a décidé d'inclure ce programme dans le premier PGEÉ visant l'horizon 2000 à 2003. Le programme avait donc deux volets, un volet de formation et un autre d'aide financière.

3. DESCRIPTION DU PROGRAMME

Ce programme consiste à offrir aux nouveaux clients résidentiels de la SCGM, via les entrepreneurs en construction, l'opportunité d'acquérir des résidences équipées de systèmes de chauffage à air pulsé alimentés au gaz naturel, les plus performants que le marché offre actuellement.

Ce programme a été proposé dans le premier PGEÉ faisant partie de la cause tarifaire 2001. Le seul ajustement de parcours à sa conception fut les économies unitaires prévues qui sont passées de 325 m³ par an à 354 m³ par an, suite à un léger ajustement de la consommation de référence et du niveau AFUE de la troisième génération à 92% au lieu de 90%.

En ce qui concerne l'effet d'opportunité, un taux de 30% a été appliqué aux prévisions du nombre de participants pour les PGEÉ de 2001-2002 et 2002-2003. Ce taux était alors inspiré de programmes similaires en Ontario sans recherche supplémentaire. Toutefois, compte tenu que la dynamique et les forces du marché du gaz naturel dans le secteur résidentiel en Ontario sont très différentes de celles du Québec, il n'y a pas vraiment de raison dans la comparaison.

Cet effet a été évalué séparément via un sondage auprès des entrepreneurs-constructeurs participant au programme. Le résultat sera appliqué sur le nombre de

participants et non sur les économies unitaires, comme c'est le cas pour tous les autres programmes de la SCGM.

Tableau 1. Les prévisions et les modifications de parcours

PGÉE année	2000-2001			2001-2002			2002-2003		
Prévisions - participants	250	300	300	800	800	800	800	800	800
Prévisions – opportunistes %	0	0	0	30	30	30	30	30	30
Participants - nets	250	300	300	560	560	560	560	560	560
Participants réels	252	624	-	624	-	-	-	-	-
Subvention unitaire	250 \$			250 \$			250 \$		
Économies prévues	325 m ³ /an			354 m ³ /an			354 m ³ /an		

4. MÉTHODOLOGIE RETENUE

La fiche signalétique du programme prévoyait une approche de coupe transversale avec un groupe de témoins. Ces témoins auraient alors été des nouvelles constructions ayant installé des générateurs de seconde génération avec une série de caractéristiques qui influencent la consommation de chauffage, similaires à celles du groupe de participants. Toutefois, compte tenu que lors de la reprise de ce marché, la SCGM a installé, de sa propre initiative, que des générateurs de 3^e génération il a été impossible de trouver un nombre de témoins statistiquement significatif.

Ne pouvant utiliser la méthode de la série chronologique, pas plus que celle de la coupe transversale, nous avons opté pour la méthode du modèle d'ingénierie.

4.1 La méthode du modèle d'ingénierie réel

Ce modèle consiste à calculer les économies d'énergie à partir d'un algorithme d'ingénierie dont les données seront réelles, provenant des formulaires de participation et d'une analyse de facturation. Cette méthode comprend quatre étapes :

La première étape consiste à :

1. Identifier les participants ayant une consommation d'été correspondant à de la consommation d'eau chaude uniquement.
2. Calculer chez ces participants la consommation de chauffage annuelle réelle.
3. Déterminer le prix moyen du gaz naturel que le consommateur défraie, excluant les taxes.
4. Normaliser la consommation de chauffage sur une base de 15⁰ C.
5. Établir la facture correspondant à cette consommation à partir du prix moyen.

La seconde étape consiste à établir la charge de chauffage nécessaire exprimée en Giga joules (Gj)

La formule étant :

$$CC \text{ (Gj)} = \frac{FAC \text{ (\$)} \times \% \text{ AFUE}}{(CM^3 / 37,5) \times 100\,000}$$

Ou :

CC = Charge de chauffage en Giga joules

FAC = Facture annuelle de chauffage (\$)

AFUE = Niveau AFUE de la troisième génération 92%

CM³ = Coût moyen du m³ avant taxes

37,5 = Facteur de conversion 1 m³ équivaut à 37,5 MJ

100 000 = Facteur de conversion pour obtenir un résultat exprimé en Gj.

La troisième étape consiste à établir le niveau de consommation pour la même charge de chauffage, mais avec un générateur d'air chaud affichant un niveau AFUE réglementaire, soit 78%, ce qui devient en quelque sorte notre base de référence.

La formule étant :

$$FAC \text{ (\$)} = \frac{CM^3}{37,5} \times \frac{CC \text{ (Gj)}}{AFUE} \times 100\,000$$

Enfin, la quatrième et dernière étape consiste à diviser le montant de la facture à 78% par le coût moyen du gaz, on obtient la consommation théorique à 78 %, et par différence avec la consommation avec un AFUE de 92 %, on obtient l'estimé des économies d'énergie.

Cet écart a été validé par un autre algorithme d'ingénierie développé par la SCGM et qui calcule automatiquement les écarts de consommation, à partir, soit de niveaux de consommation, soit des niveaux de AFUE des appareils.

4.2 La validation par la capacité des générateurs installés

Une autre façon de valider la charge de chauffage établie dans la première méthode est de comparer la capacité moyenne des générateurs, calculée par un algorithme d'ingénierie, avec la moyenne des capacités réellement installées.

La formule pour déterminer la capacité en BTUh est :

1. En premier, on détermine la consommation brute nécessaire, soit à 100 % d'efficacité exprimé en MJ.
2. Ensuite, on convertit cette consommation en BTUh et on la majore de 30% pour tenir compte du surdimensionnement.
3. Enfin, on compare cette capacité avec la capacité moyenne des générateurs d'air chaud installés.

En règle générale, la majoration de 30% ou surdimensionnement sert à prévoir les températures extrêmes (environ 20%) et à combler l'écart entre l'efficacité du système et 100% (environ 10%).

5. LES RÉSULTATS

Le tableau suivant présente les résultats des différentes étapes de l'analyse.

Tableau 2. Résultats de l'analyse de facturation et de la méthode d'ingénierie

Détails	Données
Nombre de participants au programme en date du 30 septembre 2002	876
Nombre de participants avec information complète dans la banque de données	618
Le plus grand nombre de participants à l'intérieur d'une même plage de 12 mois de consommation	210
Période analysée – 1 ^{er} août 2001 au 31 août 2002	8/1/01 au 8/31/02
Nombre de jours moyen	369
Nombre de participants avec consommation d'été	210
Nombre de participants avec consommation d'été seulement	158
Épuration pour les cas extrêmes	122
Consommation (chauffage et eau-chaude) pour les 122 retenus m ³ /an	1 844
Consommation d'eau chaude	491
Marge d'erreur intervalle de confiance de 95%	± 3,98 %
Consommation de chauffage	1 353
Degrés jours à 13 ⁰ C Réels	2 674
Degrés jours à 13 ⁰ C – base de 30 ans	3 312
Consommation de chauffage normalisée à 15 ⁰ C	1 930
Consommation totale des participants analysés (P2) m ³ /an	2 421
Charge correspondante de chauffage (Mj)	66 573
Consommation pour la même charge de chauffage à 78% d'AFUE m ³ /an	2 276
Écart ou économies moyennes m ³ /an	346
Économies prévues dans le PGEE	354
Pourcentage de réalisation	97,7%
Cas type prévu au PGEE m ³ /an Chauffage et eau chaude	3041
MBTU/h moyen équivalent avant surdimensionnement MBTU/h	61 737
MBTU/h moyen après surdimensionnement MBTU/h	80 258
MBTU/h installés (réels)	81 591

L'analyse et l'interprétation des résultats :

- Le délai entre l'octroi de la subvention à l'entrepreneur et le début de la période de facturation nous a empêché de baser notre analyse de facturation pour plus de 210 participants ayant 12 mois de facturation identiques.
- Pour calculer la charge de chauffage uniquement, nous avons d'abord établi, parmi les 210 participants, ceux qui avaient une consommation estivale significative. Il s'avère que tous les 210 participants en avaient.

- Ensuite, nous avons isolé, parmi ces derniers, ceux qui avaient une charge estivale correspondant à l'eau chaude soit ceux qui avaient une consommation pour 3 mois d'été (juin, juillet et août 2001) de moins de 200 m³. Ces derniers étaient au nombre de 158 avec une consommation journalière moyenne de 1,31 m³/j . En majorant cette consommation de 10% pour les 5 mois d'hiver, on obtient une consommation annuelle pour l'eau chaude de 491 m³/an.
- Un sondage, auprès des participants occupants les locaux, nous a permis d'établir ceux qui avaient un chauffe-eau, afin de valider le calcul de dépistage décrit plus-haut.
- Ce niveau de consommation du chauffe-eau est inférieur aux niveaux observés dans les constructions existantes d'environ 220 m³. Cela peut s'expliquer par la performance des nouveaux chauffe-eau installés du type Direct Vent avec prise d'air extérieure et sortie d'air latérale sans cheminée verticale, par la faible taille des nouveaux ménages, par l'installation de mesures de réduction de consommation d'eau chaude et par le fait que de plus en plus de conjoints travaillent à l'extérieur.
- La consommation de référence pour le chauffage est également inférieure au cas type d'environ 49 m³. Il faut conclure que ces maisons neuves sont mieux construites et moins énergivores.
- Les économies moyennes estimées sont de 346 m³/an, contre une prévision de 354 m³/an.
- Les calculs des capacités des générateurs d'air chaud installés ont donné les résultats suivants :

La charge de chauffage à 100 % d'efficacité :

$$\text{CM}^3 \text{ à } 100 \% \text{ d'efficacité} = \frac{\text{CM}^3 15^{\circ}\text{C} \times \% \text{ AFUE} \times 37,5}{100} = 65\,137 \text{ MJ}$$

La conversion en BTU/h et le surdimensionnement :

$$65\,137 \text{ MJ} \times 947,8 = 61\,737 \text{ BTU/h} \times 1,30 = 80\,258 \text{ BTU/h}$$

- La capacité moyenne installée des participants analysés est de 81 591 BTU/h ce qui valide la consommation à un niveau d'efficacité de 90 % ou presque. En effet, pour établir le niveau d'AFUE moyen des générateurs installés, il faut avoir un résultat identique au niveau des capacités. Par calcul inversé, on arrive à une moyenne de capacité presque identique soit 81 582 BTU/h en utilisant un AFUE moyen de 91,5%. Ce 0,5 % d'AFUE de moins représente 11 m³ de consommation de moins, soit la différence entre la prévision d'économies de 354 m³ et le résultat de l'évaluation de 346 m³.

6. LES OPPORTUNISTES

Nous avons effectué un sondage auprès des entrepreneurs-constructeurs participants au programme. Le sondage a été effectué auprès de 208 constructeurs, parmi lesquels 44 entrevues téléphoniques ont été complétées.

Ce sondage nous a révélé que :

- Le facteur prédominant dans le choix d'une source d'énergie est le système de chauffage le moins cher à l'acquisition.
- Le taux d'opportunistes dépisté est de 25%, soit 11 répondants sur 44. Ceux-ci ont déclaré qu'ils auraient installé un générateur d'air chaud de troisième génération de toute façon.
- Des ces 11 présumés opportunistes, neuf d'entre eux construisent des maisons de luxe ou de catégorie supérieure, ce qui explique l'installation d'équipements plus dispendieux.
- Plus la résidence est de qualité, plus la part du gaz naturel dans le bilan énergétique est élevée.

Pour les fins de cet exercice d'évaluation, nous retiendrons donc un taux d'opportunistes de 25 %, comparativement à 30 % prévu lors de la conception. Mentionnons toutefois, qu'avec 44 répondants, la marge d'erreur est élevée. À défaut d'obtenir un chiffre plus précis ou d'obtenir une nouvelle donnée dans 2 ou 3 ans, avec une méthode différente basée sur une validation avec un historique d'implantation, ce taux sera appliqué au nombre de participants dans le chiffrier de calcul des tests de rentabilité.

7. LES RECOMMANDATIONS

1. Pour ce programme, autant que pour les autres programmes visant le secteur résidentiel, la température de normalisation des consommations sera revue à la lueur des résultats du projet de recherche AR 205 de mesurage en temps réel.
2. Afin d'éviter de nouveaux sondages pour recueillir des informations post-installation ou post-acquisition, on recommande de saisir les informations suivantes sur les formulaires de participation. Ces informations faciliteront la réalisation du second passage d'évaluation, le cas échéant.
 - Le type de résidence (U,D,T, Maison de ville)
 - La superficie ou volume chauffé
 - Les autres équipements fonctionnant au gaz naturel
 - La capacité du générateur d'air chaud en BTUh
 - La région géographique
3. Le taux d'opportunistes pourrait être réduit si le programme était offert uniquement aux constructeurs de maisons de type abordable dites de premier acheteur. Le critère de sélection serait le coût au m² construit. Toutefois, cette exclusion pourrait nuire à la stratégie commerciale de SCGM.

4. Le niveau d'AFUE des équipements visés par ce programme pourrait être relevé à 94% au lieu de 91,5%.
5. SCGM pourrait également examiner dans un avenir rapproché la possibilité de promouvoir l'installation des ventilateurs récupérateurs de chaleur (VRC) tel que recommandé par le Code Modèle National Énergétique du Bâtiment de 1997. Actuellement, selon les estimations de SCGM, le taux de pénétration de cette technologie serait entre 40 à 50 %. Les économies supplémentaires générées par les VRC restent à évaluer.