

**RAPPORT TECHNIQUE DE TECHNOSIM INC
SUR LA MISE A JOUR DU POTENTIEL TECHNICO-
ÉCONOMIQUE D'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ
ÉNERGÉTIQUE AU QUEBEC, MARCHÉ RÉSIDENTIEL**

Rapport technique

Rapport #RT-01-35, Dossier # 16909

Mise à jour du potentiel technico-économique d'amélioration de l'efficacité énergétique au Québec Marché résidentiel

Présenté à :

Hydro-Québec

Et

l'Agence de l'efficacité énergétique

Par :



Michel Parent, ing.
Technosim inc.



**Mise à jour du potentiel technico-économique
d'amélioration de l'efficacité énergétique au Québec
Marché résidentiel**

ADDENDA au 26 mars 2002

Les résultats de la mise à jour du potentiel technico-économique d'économies d'énergie au marché résidentiel présentés dans ce rapport sont ceux d'octobre 2001. Pour le **volet électricité**, ils sont légèrement différents de ceux qui figurent dans la présentation qui sera faite aux intervenants le 9 avril 2002, dans le cadre de la session d'échanges et d'information #2 s'inscrivant dans la cause R-3473-2001 - Demande d'approbation pour la mise en place par le Distributeur d'électricité de mesures d'économies d'énergie. Cette différence s'explique par les changements suivants apportés depuis octobre 2001 :

- Le taux d'actualisation utilisé par Hydro-Québec Distribution (HQD) a été revu à la baisse, ce qui a eu pour effet de réduire le coût unitaire de l'énergie économisée (cuéé) associé aux mesures / applications (aussi appelé coût unitaire de la mesure - cum), pour HQD ;
- Certaines corrections ont été apportées dans les usages "chauffage des locaux" et "électroménagers".

Sommaire exécutif	2
1.0 Introduction	3
1.1 Facteurs d'influence	4
1.2 Autres facteurs à considérer	6
1.3 Marché Considéré	6
1.4 Horizon	7
1.5 Aperçu global du potentiel et son évolution	7
2.0 Méthodologie	10
2.1.1 Potentiel technique.....	11
2.1.2 Sources utilisées	11
3.0 Le potentiel technico-économique	12
3.1 Le chauffage des locaux.....	13
3.2 Le chauffage de l'eau	20
3.3 Les électroménagers	22
3.4 L'éclairage	24
3.5 Les piscines.....	26
3.6 La climatisation.....	27
4.0 Technologies émergentes et énergies renouvelables	28
5.0 Conclusion	29
6.0 Bibliographie	30
Annexe A - Glossaire	
Annexe B - Méthodologie de l'analyse économique	
Annexe C- Taux d'adoption des mesures d'économie d'énergie pour la clientèle résidentielle (année 2000)	

Sommaire exécutif

Le but de l'étude est d'évaluer le potentiel technico-économique d'économie d'énergie au Québec pour le marché résidentiel. L'étude inclut toutes les sources d'énergie soit l'électricité, le gaz naturel, le mazout et le bois. Les résultats obtenus offrent une estimation des économies potentiellement réalisables sur la base des technologies et mesures d'efficacité énergétique actuellement disponibles sur le marché.

Le potentiel total pour le marché résidentiel est évalué à 2,61 TWh pour l'électricité sur un horizon de 5 ans. Le potentiel pour le gaz naturel est estimé à 0,20 TWh éq.¹ et il est à 0,56 TWh éq.¹ pour le mazout. Les mesures sur le chauffage au bois représentent quant à elles un potentiel de 0,10 TWh éq.¹.

Le potentiel se retrouve principalement au niveau de l'usage "chauffage des locaux", où les mesures touchant le contrôle de la température intérieure dominent largement. Les mesures concernant l'amélioration de l'enveloppe thermique des bâtiments existants constituent également un poste significatif du potentiel mais elles ne sont rentables que dans le cadre de rénovations majeures.

À la lumière des résultats obtenus, certaines démarches apparaissent intéressantes pour favoriser la réalisation du potentiel identifié. Ainsi, autre que la promotion d'équipements et de comportements efficaces, il serait souhaitable de promouvoir l'adoption d'une version bonifiée du code modèle de l'énergie dans les habitations (proposé par la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies) afin de profiter des économies qui en découleraient pour la nouvelle construction. Pour les bâtiments existants, une sensibilisation accrue auprès des propriétaires concernant des améliorations à l'enveloppe thermique de leurs bâtiments, lors de rénovations majeures, serait une avenue intéressante.

Enfin, dans le cas des systèmes à combustion, l'amélioration de l'efficacité des appareils est une mesure offrant un potentiel intéressant, entre autres pour les appareils au bois.

¹ Éq : Équivalent

1. Introduction

L'Agence de l'efficacité énergétique du Québec (AEÉ) en collaboration avec Hydro-Québec désirent procéder à une mise à jour du potentiel d'amélioration de l'économie d'énergie au Québec dans le secteur résidentiel. L'AEÉ souhaite élargir l'évaluation du potentiel afin d'y inclure toutes les sources d'énergie principale (i.e. gaz naturel, mazout, bois) et de déterminer la rentabilité des mesures du point de vue du client, tandis qu'Hydro-Québec désire évaluer le potentiel électrique du point de vue du distributeur.

Les résultats de l'évaluation offrent une estimation des économies potentiellement réalisables sur la base des technologies et des mesures d'efficacité énergétique actuellement disponibles sur le marché.

Il est nécessaire de déterminer un critère de rendement économique lors de l'établissement d'un potentiel technico-économique d'économie d'énergie. Ce critère sert à déterminer le seuil de rentabilité à partir duquel une mesure se retrouve dans le potentiel ou en est exclue.

Deux options sont possibles pour déterminer la rentabilité d'une mesure, soit la rentabilité basée sur l'impact pour le distributeur ou l'impact pour le client. Ainsi, une mesure rentable pour le distributeur pourrait ne pas être rentable pour le client. Une telle mesure aurait alors un coût unitaire d'implantation inférieur au coût marginal de la source d'énergie (fourniture+transport+distribution) auquel devrait faire face le distributeur. Dans ce cas, il pourrait être avantageux pour le distributeur de promouvoir la mesure afin de bénéficier de ses effets et, possiblement, de compenser le consommateur pour que le rendement économique de la mesure soit acceptable également pour celui-ci.

Dans le cas de l'électricité, la rentabilité des mesures du point de vue du distributeur a été considérée lors de l'évaluation du potentiel technico-économique. Ainsi, pour l'électricité, les mesures retenues sont celles dont le coût actuel est inférieur au coût marginal de l'électricité, lequel varie selon l'usage concerné.

Pour les autres sources d'énergie, c'est la rentabilité du point de vue du client qui a été utilisée dans l'évaluation du potentiel propre à chaque source. La rentabilité du point de vue du client est établie de manière conventionnelle en considérant les effets d'une mesure sur toutes les sources d'énergie utilisées par le client à leur prix moyen.

Le tableau 1 fournit les prix moyens pour l'année 2000 utilisés dans l'étude.

Tableau 1 : Prix moyen de l'énergie pour les clients [1]

Sources	Prix moyen	Unité	Prix en \$/kWh équivalent
Électricité	0,06	\$/kWh	0,060
Gaz naturel	50,0	¢/m ³	0,048 ¹
Mazout	50,0	¢/L	0,046 ²
Bois	180	\$/corde	0,024 ³

1 : 37,6 MJ/m³ (M = millions)

2 : 39,0 MJ/L

3 : 7500 kWh/corde (48 pouces de profondeur)

1.1 Facteurs d'influence

Dans le cadre d'une évaluation de potentiel technico-économique d'économies d'énergie, plusieurs facteurs qui en influencent la valeur doivent être considérés.

Les facteurs suivants ont été considérés :

- **Taux d'adoption :**

Le taux de pénétration actuel des diverses mesures sur le marché représente un paramètre ayant une grande influence sur le potentiel. Les données les plus récentes étaient utilisées et en l'absence de données, une évaluation était faite sur la base des contacts effectués avec les intervenants des différents secteurs et l'expérience des membres de l'équipe de projet.

- **Normes et règlements :**

L'influence des normes et règlements doit être prise en considération lorsque ceux-ci ont pour effet d'amener inévitablement l'implantation de mesures d'efficacité énergétique sur le marché. Par exemple, les règlements sur les appareils électroménagers imposent maintenant des normes minimales de rendement pour plusieurs appareils [2,3,4,5,6,7].

Les gains provenant du remplacement du parc de vieux appareils ne sont donc pas considérés dans le potentiel.

Le potentiel s'obtient en comparant le meilleur appareil disponible sur le marché à la moyenne des appareils rencontrant les normes et règlements.

- **Programmes passés et courants :**

L'impact actuel de programmes d'efficacité énergétique passés ou présents réduit le potentiel. Certains programmes peuvent parfois aider à l'adoption de normes de facto qui s'imposent sur le marché. L'impact de programmes passés a été traité implicitement pour chaque mesure puisque le taux de pénétration actuel des mesures est considéré dans le calcul du marché disponible pour chaque mesure.

Effets de distorsion :

Ce sont les facteurs qui influencent positivement ou négativement l'impact énergétique d'une mesure. Ce sont, entre autres, des effets tendanciels, croisés, cumulatifs. Ces concepts ont été pris en compte. L'annexe A présente un glossaire des différents effets de distorsion.

- **Effets tendanciels:**

En l'absence de programmes, de normes et règlements, une certaine portion de la population adopte des mesures d'efficacité énergétique. Les économies d'énergie ainsi réalisées ne sont pas comptabilisées dans le potentiel. Cet effet a été appliqué uniquement lorsque des données passées existaient quant à l'adoption naturelle d'une mesure.

- **Effets croisés :**

Le phénomène d'effets croisés intervient lorsque l'application d'une mesure sur un usage a pour conséquence d'accroître la consommation pour un autre usage. Par exemple, les mesures visant à réduire la consommation pour l'éclairage intérieur vont accroître la consommation pour le chauffage.

Il est très important de noter que l'impact des effets croisés dans la mise à jour du potentiel est traité pour toutes les sources d'énergie. Par exemple, l'étude évalue l'accroissement de la consommation de gaz naturel ou de mazout suite à l'implantation par exemple de mesures électriques sur l'éclairage. Dans le cas de l'électricité, cet effet croisé se traduit par une baisse du gain net de la mesure.

- **Effets cumulatifs :**

L'effet cumulatif, quant à lui, intervient lorsqu'une mesure sur un usage réduit les gains des autres mesures sur le même usage. Par exemple, les baisses de température intérieure réduisent les gains des mesures d'isolation.

Certains autres effets peuvent être considérés, tels celui de relâchement des habitudes d'économie d'énergie des utilisateurs après l'adoption de mesures d'efficacité et aussi l'effet d'effritement qui consiste à l'abandon de mesures à la fin de leur cycle de vie. Ces effets de marché n'ont pas été considérés.

1.2 Autres facteurs à considérer

L'évaluation du potentiel n'aborde pas l'impact des mesures en terme d'appel de puissance. Ce facteur peut toutefois être significatif quant à l'utilité réelle de certaines mesures, principalement celles concernant la réduction des températures de consigne en période inoccupée. Ces mesures tendent à créer des appels de puissance plus élevés lors des reprises matinales. L'utilisation d'équipements tels que les pompes à chaleur peuvent parfois accroître l'appel de puissance à basse température. Ce phénomène n'a toutefois pas été quantifié dans le cadre de l'étude.

Les mesures amenant une substitution d'une source d'énergie vers une autre source ont été traitées uniquement lorsque la source d'énergie de substitution était de type renouvelable (solaire, géothermie, pompe à chaleur). Aucune autre mesure de transfert entre le gaz naturel, le mazout, le bois et l'électricité n'a été considérée.

De plus, l'étude ne traite pas les cas d'autoproduction par le consommateur. Aucune des sources d'information consultées n'indiquaient un potentiel tangible pour ce type d'autoproduction.

1.3 Marché considéré

Le marché considéré dans l'évaluation du potentiel inclut tous les ménages du Québec et leurs habitations (excluant les réseaux autonomes d'Hydro-Québec), qu'elles soient unifamiliales ou multifamiliales. Le nombre de ménages est évalué à 2 995 500 selon Statistiques Canada. Certaines mesures présentent des gains unitaires différents selon le type d'habitation.

Les principaux types d'habitations traités dans l'étude sont :

- Les habitations unifamiliales détachées et en rangées
- Les duplex et triplex (2 et 3 logements)
- Les habitations multifamiliales de 4 logements et plus

La répartition approximative des ménages selon le type de logement et la source principale d'énergie pour le chauffage des locaux est présentée au tableau 2.

Tableau 2 : Répartition des ménages selon le type de logement et la source principale d'énergie pour le chauffage des locaux [8]
(%)

Sources	Unifamil.	Rangées	Duple	Triplex	Multifamil.
		x			
Électricité	27,3	4,7	9,3	4,9	18,7
Mazout	6,6	0,6	2,0	0,8	1,4
Bois et combinaison bois	8,6	0,2	0,4	0,1	0,0
Gaz	2,0	0,5	0,9	0,5	1,9
Bi-énergie et pompe à chaleur	6,1	0,4	0,5	0,1	0,0
Autres	0,0	0,1	0,3	0,1	1,2

Les profils descriptifs de bâtiments types proviennent de deux études [9,10, 48] lesquelles ont servi à évaluer certaines mesures sur l'enveloppe thermique des habitations.

1.4 Horizon

Le potentiel est évalué sur des horizons de 5 et 10 ans. L'utilisation d'horizons de 5 et 10 ans sert à déterminer le potentiel provenant du remplacement d'équipements et d'accessoires à la fin de leur durée de vie utile et aussi celui provenant des nouvelles constructions et des rénovations.

L'évaluation du renouvellement d'équipements et d'accessoires se base sur un taux constant de remplacement annuel, égal à l'inverse de la durée de vie (1/Durée de vie). Par exemple, les chauffe-eau ont une durée de vie estimée à 12 ans, ce qui se traduit par le remplacement de 1/12 du parc de chauffe-eau existants à chaque année. Lors d'un tel remplacement le coût marginal des mesures sur le remplacement des chauffe-eau est considéré puisque celui-ci doit être changé de toute façon.

1.5 Aperçu global du potentiel et son évolution

Les tableaux 3 à 6 présentent une synthèse du potentiel, sur un horizon de 5 ans pour chacune des sources d'énergie.

L'abaissement de température et le thermostat électronique représentent les principales mesures de potentiel pour l'électricité alors que certaines mesures touchant l'enveloppe thermique demeurent également rentables, mais en grande partie sur la base de leur coût marginal. En effet, les mesures sur l'enveloppe thermique ont des coûts d'implantation habituellement élevés qui

impliquent que celles-ci doivent être implantées uniquement au moment de rénovations majeures des habitations. Un potentiel relativement important existe également au niveau de l'abaissement des points de consignes. Étant donné son taux d'adoption actuel, ce potentiel mérite d'être révisé plus profondément.

Contrairement à l'électricité, dans le cas du mazout, du gaz naturel et du bois, le potentiel repose en grande partie sur l'amélioration de l'enveloppe thermique. Pour ces sources d'énergie, le niveau d'efficacité des appareils de chauffage existants et le coût des combustibles permettent à un certain nombre de mesures sur l'enveloppe thermique d'être rentables sur la base de leur coût total. Par la suite, les mesures sur l'efficacité des appareils de chauffage occupent une fraction significative du potentiel.

Les résultats globaux pour l'électricité sont illustrés au tableau 3 pour des horizons de 5 et 10 ans. La différence entre le potentiel horizon 5 ans et horizon 10 ans est attribuable au nombre de rénovations considérées sur l'enveloppe thermique des habitations ainsi qu'à la croissance du parc.

Tableau 3 : Potentiel technico-économique d'efficacité énergétique pour l'électricité – secteur résidentiel – horizon de 5 et 10 ans

Usages	Potentiel 5 ans - TWh 2001 ¹	Potentiel 10 ans - TWh 2001 ¹
Chauffage de locaux	1,70	2,24
Chauffage de l'eau	0,19	0,20
Électroménagers	0,15	0,19
Éclairage	0,22	0,28
Climatisation et piscine	0,35	0,38
Total	2,61	3,25
Marché résidentiel		

1 : Sans considération des effets croisés provenant de mesures pour d'autres sources d'énergie

Tableau 4 : Potentiel technico-économique d'efficacité énergétique pour le gaz naturel – secteur résidentiel – horizon de 5 et 10 ans

Usages	Potentiel TWh éq. 5 ans ¹	Potentiel TWh éq. 10 ans ¹
Chauffage de locaux	0,16	0,21
Chauffage de l'eau	0,01	0,01
Électroménagers	< 0,01	< 0,01
Climatisation et piscine	0,03	0,07
Total	0,20	0,29
Marché résidentiel		

1 : Sans considération des effets croisés provenant de mesures pour d'autres sources d'énergie

Tableau 5 : Potentiel technico-économique d'efficacité énergétique pour le mazout – secteur résidentiel – horizon de 5 et 10 ans

Usage	Potentiel TWh éq. 5 ans¹	Potentiel TWh éq. 10 ans¹
Chauffage de locaux	0,52	0,66
Chauffage de l'eau	0,01	0,01
Électroménagers	s.o.	s.o.
Climatisation et piscine	0,03	0,05
Total	0,56	0,72
Marche résidentiel		

1 : Sans considération des effets croisés provenant de mesures pour d'autres sources d'énergie

Tableau 6: Potentiel technico-économique d'efficacité énergétique pour le bois – secteur résidentiel – horizon de 5 et 10 ans

Usage	Potentiel TWh éq. 2001¹	Potentiel TWh éq. 10 ans¹
Chauffage de locaux	0,10	0,16
Chauffage de l'eau	s.o.	s.o.
Électroménagers	s.o.	s.o.
Climatisation et piscine	s.o.	s.o.
Total	0,10	0,16
Marche résidentiel		

1 : Sans considération des effets croisés provenant de mesures pour d'autres sources d'énergie

2.0 Méthodologie

L'approche retenue est de type micro-analytique qui consiste à définir, pour chaque marché ou segment de marché, un certain nombre de bâtiments et d'équipements représentatifs et d'appliquer les mesures d'efficacité énergétique sur celles-ci. Par la suite, les économies réalisées sont étendues à l'ensemble de la population que représentent ces bâtiments types et équipements représentatifs.

L'approche micro-analytique requiert une définition judicieuse et suffisamment détaillée des bâtiments types. Une telle approche exige une connaissance approfondie du marché, tant du point de vue statistique que technique. Dans le secteur résidentiel, l'approche micro-analytique est privilégiée puisque ce secteur présente une homogénéité suffisante pour rendre la méthode applicable.

Une première approche pour évaluer le potentiel serait de multiplier directement les économies de la mesure par le nombre d'unités sur le marché. Toutefois, tel que mentionné précédemment, certains facteurs sont à considérer étant donné qu'ils réduisent le potentiel.

Par exemple:

- les rénovations déjà effectuées
- les améliorations naturelles dues aux évolutions technologiques
- les améliorations imputables à la réglementation
- les améliorations imputables à d'autres programmes d'efficacité énergétique
- l'adoption naturelle des mesures par un segment du marché

Suite à la définition des segments de marché et des clients types qui leur sont associés, il est nécessaire de procéder à l'évaluation des économies d'énergie attribuables aux bâtiments et équipements représentatifs à un segment de marché donné. Lorsque l'information était disponible, les valeurs d'économie d'énergie mesurées sur un échantillon représentatif étaient utilisées. À défaut de cette information, des évaluations par simulations détaillées (logiciel HOT-2000 version 8,5) ou encore par calculs analytiques étaient retenues.

Afin de pouvoir évaluer le potentiel technico-économique ainsi que la rentabilité des mesures pour les clients types, des données sur les coûts d'achat et de maintien des mesures d'économie d'énergie, ainsi que sur la durée de vie des mesures, ont été recueillies. À partir de ces données, et du coût marginal de la source d'énergie par usage, le potentiel technico-économique peut être évalué pour le distributeur.

La rentabilité pour les clients types a été évaluée sur la base des prix de vente de l'énergie présentés au tableau 1.

2.1 Concepts utilisés

Il est important de bien établir les concepts sur lesquels est basé l'établissement du potentiel d'économie d'énergie. À cette fin, une brève description des concepts de base est présentée ci-dessous et elle est plus détaillée à l'annexe B « Méthode de l'analyse économique ».

2.1.1 Potentiel technique :

Le *potentiel technique* représente les économies d'énergie associées à l'implantation des mesures disponibles et ce, partout où il est techniquement possible d'implanter ces mesures.

La rentabilité des mesures n'est pas considérée dans ce calcul ni leur taux d'acceptation par la clientèle. Ce potentiel considère donc que l'ensemble des mesures serait implanté instantanément à l'ensemble des installations du marché. Il constitue le maximum absolu que peut atteindre un programme d'efficacité énergétique dans le marché.

2.1.2 Potentiel technico-économique :

Le *potentiel technico-économique* représente les économies d'énergie associées à l'implantation des mesures disponibles partout où cela est techniquement possible et économiquement rentable, sans tenir compte de l'acceptation des mesures par les consommateurs.

Partant du potentiel technique, le *potentiel technico-économique* représente la sommation des économies d'énergie qui seraient disponibles à un coût unitaire inférieur au coût évité, aussi appelé coût marginal de la source d'énergie (production + transport + distribution) du point de vue d'un distributeur ou à un coût équivalent au prix moyen de l'énergie du point de vue des clients.

Le coût évité varie selon l'usage qui est fait de l'énergie, cette évaluation doit alors être effectuée par usage. De plus, dans un secteur donné et pour un usage donné, les coûts unitaires des mesures peuvent varier d'un client à un autre en raison des variations dans les gains unitaires selon le profil de base du client. Une segmentation doit alors être utilisée afin d'obtenir des valeurs de potentiel technico-économique valides.

3.0 Le potentiel technico-économique dans le marché résidentiel

Le tableau 7 présente le sommaire de la mise à jour du potentiel technico-économique pour le secteur résidentiel.

Tableau 7 : Potentiel technico-économique d'économies d'énergie – secteur résidentiel (GWh éq.) – horizon 5 ans

Usages	Électricité ¹				Gaz naturel ²		Mazout ²		Bois ²
	Potentiel	Effet croisé			Potentiel	Effet croisé ⁴	Potentiel	Effet croisé ⁵	
	Électricité	Gaz	Mazout	Bois	Gaz	Bois	Mazout	Bois	Bois
Chauffage	1700	-32 ³	-113	-19	160	8	518	54	95
Eau chaude	190	0	0	0	10	0	10	0	0
Climatisation	45	0	0	0	0	0	0	0	0
Électroménagers	153	0	0	0	0	0	0	0	0
Piscines	302	0	0	0	34	0	26	0	0
Éclairage	217	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2607	-32	-113	-19	204	8	554	54	95

1 : Sur la base du cuéé¹ pour le distributeur et les coûts évités d'H.Q. 2001.

2 : Sur la base du cuéé pour le client et des coûts évités gaz, mazout, bois pour l'année 2000.

3 : Un effet croisé négatif indique une hausse de la consommation de la source concernée.

4 : Un effet croisé avec l'électricité, pour l'usage Piscines, de -4 GWh est également calculé pour le gaz mais non indiqué au tableau.

5 : Un effet croisé avec l'électricité, pour l'usage Piscines, de -3 GWh est également calculé pour le mazout mais non indiqué au tableau.

Les effets croisés négatifs indiqués au tableau 7 proviennent de mesures touchant l'électricité [11]. Ainsi, les mesures électriques touchant l'éclairage, les électroménagers et l'eau chaude auront souvent comme effet secondaire d'accroître la demande sur le système de chauffage et, par conséquent, la consommation des sources d'énergie pour le chauffage qu'il s'agisse de l'électricité ou d'autres sources. Les effets croisés positifs proviennent de la réduction de la consommation d'une source d'énergie auxiliaire attribuable à des mesures implantées dans un bâtiment dont la source de chauffage principale est autre. Dans le cadre de cette étude, uniquement les effets croisés positifs sur le bois sont considérés, puisque cette source domine largement dans le secteur du chauffage d'appoint [12,13,14].

¹cuéé : Coût unitaire de l'énergie économisée

Enfin, il est important de souligner, encore une fois, que le calcul du potentiel est effectué différemment pour l'électricité comparativement aux autres sources. Dans ce cas, uniquement l'impact sur la source principale d'énergie (i.e. l'électricité) est considéré dans le calcul du coût unitaire de l'énergie économisée (voir annexe B).

Les économies des mesures sur le chauffage auxiliaire ou l'accroissement de la consommation d'une autre source d'énergie dû aux effets croisés n'entrent donc pas en ligne de compte dans l'évaluation de ce potentiel. Cela permet au distributeur d'évaluer le potentiel en fonction des coûts marginaux de l'électricité et des impacts le concernant directement.

3.1 Le chauffage des locaux

Les mesures composant le potentiel pour cet usage sont présentées dans le tableau 8.

Différentes études [15,16,17,18,19,20] ont particulièrement servi à évaluer le potentiel pour cet usage conjointement avec de nouvelles simulations à l'aide du logiciel HOT-2000 v8,5.

Tableau 8 : Détail des mesures sur le chauffage – toutes les sources, GWh éq.

Mesures	Électricité	Gaz naturel	Mazout	Bois	Bi-Gaz-électrique Impact électrique	Bi-Mazout-élect. Impact électrique	Bi-Gaz-électrique Impact gaz	Bi-Mazout-élect. Impact mazout	Total
Thermostats électroniques	412	0	0	0	0	0	0	0	412
Baisse de température jour et nuit de 5 °C ²	309	20	67	0	3	5	1	2	407
Baisse de température jour et nuit de 2 °C ¹	165	6	25	0	1	2	0	1	200
Baisse de température de nuit de 5 °C ²	109	11	37	0	1	3	1	1	164
Toits avec combles RSI 3.7	56	15	62	15	0	1	0	1	150
Sous-sols non isolés	53	8	33	5	0	1	0	0	100
Murs RSI 2.6	53	5	35	7	0	0	0	0	100
Baisse de température de nuit de 2 °C ¹	79	4	14	0	1	1	0	0	100
Toits sans combles RSI 1.5	61	10	25	1	0	0	0	0	98
Défecteur	16	17	52	0	2	4	1	2	93
Toits sans combles RSI 0.9	49	9	28	4	0	1	0	0	92
Infiltration	54	2	9	8	1	1	0	1	76
Murs RSI 1.5	34	5	22	9	0	1	0	0	72
Toits avec combles RSI 2.6	45	2	10	4	0	1	0	0	63
Fenêtres doubles	27	5	23	5	0	1	0	0	60
Toits sans combles RSI 2.6	43	1	4	1	0	0	0	0	51
Efficacité des fournaies	0	19	0	29	0	0	0	0	48
Efficacité des chaudières	0	9	33	0	0	0	0	0	42
Murs RSI 0.9	27	1	8	2	0	0	0	0	39
Portes RSI 0.28	22	1	5	2	0	0	0	0	31
Toits avec combles RSI 1.5	19	1	4	2	0	0	0	0	26
Fenêtres simples	15	2	2	0	0	0	0	0	19
Sous-sols semi-isolés	8	0	2	1	0	0	0	0	11
Thermostats centraux	0	1	4	0	0	0	0	0	7
Toits avec combles RSI 4.4	2	0	4	0	0	0	0	0	7
Sous-sols isolés	3	0	1	0	0	0	0	0	5
Toits avec combles RSI 0.9	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Total ³	1665	156	509	95	11	24	4	9	2473

1 : Abaissement manuel

2 : Avec thermostat programmable

3 : Le total peut être légèrement différent de la somme des valeurs en raison des arrondis.

3.1.1 Thermostats électroniques :

La mesure concernant les thermostats électroniques domine le potentiel technico-économique pour le chauffage.

Selon la plupart des études consultées [21,22,23,24,25,26,27] l'impact des thermostats électroniques peut varier grandement d'une habitation à l'autre. Le comportement des occupants serait l'une des principales cause de ces variations (i.e. rajustement des points de consigne). D'un point de vue distributeur, il en résulte que des économies nettes devraient être obtenues, si un nombre suffisamment important d'appareils sont installés. La littérature cite fréquemment des économies globales allant de 3 % à 10 % de la consommation de chauffage.

3.1.2 Enveloppe thermique : Isolation et infiltration

Les mesures touchant à l'enveloppe thermique des habitations demeurent un poste significatif du potentiel d'économie d'énergie pour toutes les sources d'énergie. De plus, contrairement aux thermostats électroniques, les gains sont relativement plus indépendants des comportements des occupants.

La majorité des mesures rentables concernant l'enveloppe des bâtiments chauffés à l'électricité ne le sont qu'en considérant leur coût marginal, donc lors de rénovations majeures. Seules les mesures d'isolation des entretoits avec combles offrent parfois une rentabilité acceptable en considérant leur coût total.

Dans le cas des sources fossiles, ces mesures occupent une fraction encore plus significative du potentiel. Cela est attribuable à des gains unitaires nets accrus, dû au rendement inférieur de ces systèmes comparativement à l'électricité.

Infiltration :

Les mesures touchant l'infiltration, tels la pose de coupe bises, le calfeutrage, l'installation de clapets sur les évacuations, etc., ne sont pas évaluées séparément mais plutôt comme une mesure d'ensemble et ce, quel que soit le secteur considéré. Certaines études antérieures attribuaient un gain à chacune de ces interventions, ce qui résultait en un potentiel global excédant significativement ce qui est atteint lors d'interventions par des professionnels [18,29,30,31].

De plus, toutes les interventions visant à réduire l'infiltration ne doivent être appliquées qu'aux résidences dont le taux d'infiltration est trop élevé. La majorité des habitations au Québec ont des taux d'infiltration en deçà du seuil considéré comme minimum dans cette étude (8 CAH (changement d'air à l'heure) @ 50 Pa (pascal), [17]). Pour toutes les résidences ayant un taux inférieur à ce minimum, l'installation de ventilation mécanique, tel un ventilateur de salle de bain ou même un ventilateur récupérateur de chaleur, doit être prévue. Cette ventilation mécanique assurera une qualité d'air adéquate, mais réduira ou annulera les économies d'énergie des mesures de calfeutrage.

3.1.3 Efficacité des appareils :

L'efficacité des appareils à combustion est une autre mesure importante pour les sources fossiles, mais il est à noter que les fournaies au mazout n'apparaissent pas dans le potentiel. Cela est attribuable au gain d'efficacité légèrement moins important des fournaies au mazout comparativement à celles au gaz naturel.

La mesure concernant l'amélioration des appareils de chauffage au bois offre un potentiel significatif pour les résidences utilisant le bois comme source principale de chauffage. Dans ces cas, l'utilisation d'un appareil à haute efficacité (75%) présente une rentabilité intéressante pour le client sur la base de son coût marginal. La principale raison expliquant ce potentiel est l'efficacité relativement faible des équipements actuels, incluant les poêles à combustion lente (65%), comparativement aux meilleurs appareils disponibles sur le marché.

3.1.4 Fenêtres :

Un marché tendanciel important existe au niveau du remplacement des fenêtres par des fenêtres plus efficaces. Uniquement dans le marché de la nouvelle construction, plus de 40 % des fenêtres installées ont un rendement supérieur au verre double conventionnel [28].

3.1.5 Mesures comportementales :

Les mesures concernant les habitudes de vie, soit la réduction de la température intérieure et l'abaissement de température la nuit, se voient attribuer de forts potentiels sur la base d'une adoption généralisée de ces mesures à un coût d'implantation nul (abaissement manuel) ou à l'aide de thermostats programmables. La mesure d'abaissement la nuit a été

retenue malgré son impact potentiellement néfaste sur la reprise matinale pour le réseau [32].

Le tableau 9 nous présente les principales mesures composant le potentiel sur le chauffage des locaux et ce, pour toutes les sources d'énergie.

Tableau 9: Détails des mesures sur le chauffage pour toutes les sources d'énergie (GWh éq.)

Mesures	Électricité ¹	Gaz naturel ¹	Mazout ¹
Thermostats électroniques	413	1	4
Isolation des murs	116	11	65
Isolation des entretoits	283	40	138
Isolation des sous-sols	66	9	35
Infiltration	56	3	10
Remplacement des fenêtres	43	6	25
Échangeur à air	0	0	0
Abaissement de la température intérieure	678	43	148
Autres	45	46	92
Total	1 700	159	517

1: Les valeurs incluent le potentiel de la source dans les systèmes de bi-énergie.

Le fort potentiel obtenu pour les mesures d'abaissement de température provient principalement d'une augmentation du marché possible pour ces mesures en plus de l'importance du gain unitaire. L'importance du gain unitaire est attribuable à l'impact de l'abaissement qui varie de 2 °C à 5 °C. Il est à noter que l'abaissement manuel et son taux de rétention peuvent facilement fluctuer dans le temps. L'incertitude sur ce type de potentiel est relativement élevée puisque des effets d'effritement sont à prévoir (i.e. abandon de la mesure).

Le potentiel sur le remplacement des échangeurs d'air par des ventilateurs récupérateurs de chaleur (VRC) est exclu du potentiel technico-économique suite à une réduction du gain unitaire de la mesure. Le gain a été réduit pour tenir compte de l'utilisation intermittente des appareils [20]. Ainsi, si un échangeur d'air ne fonctionne que 10 % du temps, en période de chauffage, son remplacement par un VRC n'entraînera pas une économie aussi importante que si l'on remplaçait un échangeur qui fonctionnerait de façon continue.

Enfin, la catégorie “ autres ” inclut le changement des portes et l'utilisation de déflecteurs sur les systèmes de chauffage à air chaud. Cette dernière mesure repose sur peu de documentation dans la littérature, mais permettrait théoriquement de réduire les pertes de chaleur le long des murs extérieurs. Certaines études [30, 33] déconseillent ce type de mesure pour des raisons pratiques comme par exemple, pour éviter de créer des conditions d'inconfort et pour limiter les risques de condensation d'eau dans les murs extérieurs. Les économies d'énergie attribuables à cette mesure sont basées sur des observations similaires à celles des thermostats électroniques. Il serait peu recommandable de promouvoir ce type de mesure sans vérifications approfondies de son impact réel tant sur la consommation d'énergie que sur la structure du bâtiment et le confort des occupants.

Les mesures d'enveloppe ont également des effets croisés sur les sources d'énergie auxiliaires utilisées pour le chauffage. L'effet croisé sur le bois est présenté au tableau 10.

Tableau 10 : Effets croisés des mesures sur le chauffage d'appoint au bois selon la source de chauffage principale
GWh éq.

Mesure	Électricité	Gaz naturel	Mazout
Fenêtres doubles	0,8	1,1	6,7
Infiltration	21,7	0,3	1,8
Murs RSI 0.9	6,7	0,3	1,9
Murs RSI 1.5	0	0,6	3,8
Murs RSI 2.6	0	1,1	6,7
Murs RSI 3.7	0	0	0
Portes RSI 0.28	0	0,1	0,9
Sous-sols isolés	1,4	0	0,1
Sous-sols non isolés	4,3	1	6,1
Sous-sols semi-isolés	3,2	0	0,3
Toits avec combles RSI 0.9	0,5	0	0
Toits avec combles RSI 1.5	6	0,1	0,5
Toits avec combles RSI 2.6	10,5	0,3	1,7
Toits avec combles RSI 3.7	0	2,2	13,2
Toits avec combles RSI 4.4	0	0,1	1,8
Toits sans combles RSI 0.9	7,4	0,3	2,6
Toits sans combles RSI 1.5	1,7	0,8	5
Toits sans combles RSI 2.6	1,9	0,1	0,6
Total	66,1	8,4	53,7

3.2 Le chauffage de l'eau

Les mesures se retrouvant dans le potentiel pour cet usage sont présentées dans le tableau 11 :

Tableau 11 : Détail des mesures sur l'eau chaude – toutes les sources d'énergie, GWh éq.

Mesures	Électricité	Gaz naturel	Mazout
Couverture isolante du chauffe-eau	32,4	0	0
Isolation de la tuyauterie reliée à l'eau chaude	37,5	1,8	1,8
Laver à l'eau froide	95,4	6,6	6,6
Réduction de la température de l'eau à 60°C	24,3	1,1	1,1
Total	189,6	9,6	9,6

Il est à remarquer que les pommes de douche à faible débit et les aérateurs de robinet à débit réduit ne se retrouvent pas dans la liste des mesures dû au fait que tous les manufacturiers nord-américains ne produisent que des pommes de douche se classant comme étant à bas débit [34].

La baisse importante du potentiel pour la mesure couverture isolante sur le chauffe-eau est attribuable à une réduction marquée du gain unitaire relié à cette mesure. Cette réduction découle de l'adoption d'un cas de base plus efficace pour les chauffe-eau standards (application de la norme CSA 446 comme cas de base) [3, 6].

Le taux d'adoption actuel de la mesure d'isolation de la tuyauterie a été revu à la baisse selon l'enquête sur l'utilisation de l'énergie effectuée par le gouvernement fédéral en 1997 [35]. Il est à noter que le gain unitaire de cette mesure, sans considération des effets croisés, est très faible soit 47 kWh. Il est très improbable qu'un ménage appliquant cette mesure puisse en percevoir l'effet sur son bilan énergétique annuel.

La réduction de la température de l'eau du chauffe-eau est une mesure pouvant toujours s'appliquer, mais sur un segment restreint du marché, seulement où le point de consigne est supérieur à 60 °C.

La mesure sur le lavage à l'eau froide a été considérée malgré le taux élevé de ménages utilisant déjà cette mesure [12]. Cette mesure a été traitée afin d'incorporer une mesure de type comportemental quant à l'utilisation judicieuse de l'eau chaude. L'hypothèse utilisée considère un accroissement des lavages à l'eau froide de 10% pour chaque ménage, sans aucun coût rattaché à la mesure. Il est possible que, dans la pratique, un coût supplémentaire soit associé à cette pratique étant donné le besoin d'utiliser un détergent spécifique pour le lavage à l'eau froide qui est plus dispendieux. Le potentiel indiqué pour cette mesure représente donc un maximum et, comme pour toutes les mesures comportementales, est sujet à des effets d'effritement (abandon de la mesure).

Les effets croisés pour les mesures sur l'eau chaude résultent en des hausses de consommation sur les autres sources d'énergie qui sont substantielles, tel que présenté au tableau 12. Dans le cas du gaz naturel et du mazout, ces effets croisés sont supérieurs aux économies se retrouvant dans leur potentiel respectif sur l'eau chaude.

Tableau 12 : Effets croisés¹ des mesures sur l'eau chaude électrique
GWh éq.

Mesure	Gaz naturel	Mazout	Bois
Couverture de chauffe-eau	-5,2	-18,3	-11,8
Isolation de la tuyauterie reliée à l'eau chaude	-3,3	-11,5	-7,4
Réduction de la température de l'eau à 60°C	-2,1	-7,5	-4,8
Total	-10,6	-37,3	-24,0

1 : Un effet croisé négatif indique une hausse de la consommation de la source concernée.

3.3 Les électroménagers

Une des caractéristiques du secteur des électroménagers provient du grand nombre de produits couverts par le règlement sur l'efficacité énergétique fédéral [3,5,6,36,37]. Comme pour tous les produits faisant l'objet d'une réglementation, le potentiel d'une mesure se base sur le rendement moyen des appareils réglementés et non pas sur le rendement des appareils en place. Cette méthode permet d'exclure les économies dues à la transformation du marché qui se réaliseront inévitablement lors du changement des appareils. Cette méthode explique en grande partie l'absence de plusieurs mesures visant le remplacement des gros électroménagers. Cette méthode élimine donc du potentiel toutes les mesures visant à faire du devancement technologique (i.e. remplacement accéléré des vieux équipements).

Tableau 13 : Détail des mesures sur les électroménagers – toutes les sources d'énergie, GWh éq.

Mesures	Électricité	Gaz naturel
Nettoyage des serpentins	31,4	0
Élimination des seconds réfrigérateurs	44,8	0
Élimination des seconds congélateurs	4,5	0
Efficacité du lave-vaisselle en place - efficace	26,8	0
Non utilisation du cycle de séchage du lave-vaisselle	25,3	0
Utilisation de la corde à linge	11,2	0
Optimisation des appareils de cuisson	8,7	0,1
Total	152,7	0,1

L'élimination des seconds réfrigérateurs et congélateurs offre un potentiel significatif pour les électroménagers. Contrairement au nettoyage des serpentins, ces mesures entraînent des économies d'énergie importantes qui pourraient être perçues par les ménages (ex. 1100 kWh pour les seconds réfrigérateurs).

La mesure concernant le nettoyage du serpentin du réfrigérateur a été maintenue puisque cette habitude de vie a un impact pouvant être calculé analytiquement. Cette mesure permet d'abaisser la température de condensation des réfrigérateurs et ainsi de réduire leur consommation. Le gain unitaire de cette mesure n'est toutefois que de 48 kWh et sera pratiquement imperceptible pour les ménages. Le fait de ne pouvoir détecter une économie reliée à une mesure comportementale pourrait avoir tendance à accroître les effets d'effritement (i.e. abandon de la mesure).

Nous constatons que des gains d'efficacité importants sont survenus au cours des dernières années dans le secteur des électroménagers réduisant ainsi le potentiel de ce secteur [49, 50]. Ces gains sont pratiquement tous attribuables à la réglementation canadienne ou américaine. Les programmes d'efficacité énergétique n'ont eu qu'un rôle relativement mineur dans l'évolution observée. Le plus grand rôle joué par ceux-ci a été de la sensibilisation aux étiquettes Énergide lors d'un achat d'un électroménager.

Plusieurs mesures évaluées ont touché les habitudes de vie des gens et par conséquent, sont sujettes à un taux d'effritement. Ce potentiel est donc relativement fragile compte tenu de l'importance de ce type de mesures pour les électroménagers.

Les mesures sur les électroménagers ont également des effets sur les autres sources d'énergie étant donné la présence d'effets croisés. Le tableau 14 présente ces effets. Comme pour les mesures sur l'eau chaude, les effets croisés des mesures sur les électroménagers sont importants. Ces effets se traduisent en un transfert de consommation de l'électricité vers une source fossile dans le cas des habitations chauffées par une source d'énergie autre que l'électricité. Pour les habitations chauffées par l'électricité, l'effet croisé se traduit par une baisse du gain unitaire net de la mesure.

Tableau 14 : Effets croisés¹ des mesures sur les électroménagers électriques, GWh éq.

Mesures	Gaz naturel	Mazout	Bois
Nettoyage des serpentins	-2,1	-7,3	-4,7
Élimination des seconds réfrigérateurs	-3,0	-10,4	-6,7
Élimination des seconds congélateurs	-0,3	-1,1	-0,7
Efficacité du lave-vaisselle en place – efficace	-0,2	-0,8	-0,5
Ne pas utiliser le cycle de séchage de la vaisselle	-1,9	-6,6	-4,2
Optimisation des appareils de cuisson	-0,7	-2,5	-1,6
Total	-8,2	-28,7	-18,4

1 : Un effet croisé négatif indique une hausse de la consommation de la source concernée.

3.4 L'éclairage

La présence d'effets croisés importants [11] élimine du potentiel technico-économique un grand nombre de mesures au niveau de l'éclairage.

3.4.1 L'éclairage intérieur :

- L'utilisation d'ampoules à puissance réduite et rendement supérieur de type krypton demeure dans le potentiel technico-économique étant donné leur coût marginal assez faible par rapport à l'ampoule standard. Mentionnons qu'il a été impossible durant le projet de trouver ce type d'ampoule dans les magasins.
- L'utilisation du fluorescent compact offre un potentiel, quoique relativement faible, dans le cas du remplacement d'ampoules à puissance élevée (i.e. 100 W) et pour de longues périodes (1000 h/an).

Il est à noter que le fluorescent compact est rentable du point de vue du distributeur uniquement pour les résidences non chauffées à l'électricité.

3.4.2 L'éclairage extérieur :

Plusieurs mesures, telle l'utilisation de détecteurs de mouvement, d'ampoules aux halogénures métalliques ont comme conséquence d'accroître la consommation au lieu de la diminuer [18,38]. Cette augmentation est attribuable aux puissances d'éclairage supérieures que l'on retrouve avec ces appareils ou au nombre d'heures plus élevé d'utilisation.

L'utilisation de détecteurs de mouvement par exemple n'amène pas nécessairement une réduction de la consommation puisque l'utilisation qui en est faite peut facilement éliminer toute économie et souvent accroître la consommation (i.e. ajout du luminaire avec détecteur sans éliminer l'éclairage existant).

Tableau 15 : Détail des mesures sur l'éclairage –pour le distributeur, GWh

Mesures	Potentiel 2001 GWh
Optimisation de l'utilisation de l'éclairage	31,4
Éclairage de Noël à basse puissance	26,4
Incandescent de type Krypton	119,2
Fluorescent compact	5,4
Halogène	0,7
Sodium extérieur	33,6
Total	216,7

La mesure sur l'optimisation de l'utilisation de l'éclairage constitue une mesure comportementale générique appliquée à l'éclairage. L'économie proviendrait d'une réduction de 5% de l'utilisation de toutes les ampoules du parc résidentiel au Québec. Cela se traduit en une économie approximative de 50 kWh par ménage ou environ 3 \$ par année. Encore une fois, les économies sont trop faibles pour être perçues par les ménages et les effets d'effritement vis-à-vis cette mesure risquent d'être importants. Il est également à noter que les ménages se disent déjà conscients de l'importance des gestes éconergétiques, tel éteindre les lumières dans les pièces inoccupées et sont généralement satisfaits de l'information dont ils disposent quant à ce type de mesures [12,39].

Enfin, une mesure sur l'éclairage de Noël a été intégrée à l'analyse puisque des ampoules de 5 W sont disponibles sur le marché au même coût que les 7 W. Les économies annuelles typiques d'un ménage seraient d'environ 60 kWh. Comme pour les autres mesures sur l'éclairage extérieur, cette économie peut facilement être éliminée par le comportement des consommateurs par exemple, en installant plus de lumières pour compenser leur intensité réduite.

Les effets croisés des mesures sur l'éclairage sont encore plus élevés que pour les autres usages. Dans ce cas, les mesures se traduisent par un transfert de plus de 63 % des économies d'énergie vers une autre source d'énergie pour les résidences non chauffées à l'électricité ou par une baisse du gain unitaire net pour les résidences chauffées à l'électricité.

Tableau 16: Effets croisés¹ des mesures sur l'éclairage, GWh

Mesure	Gaz naturel	Mazout	Bois
Optimisation de l'utilisation de l'éclairage	-2,6	-9,1	-5,8
Incandescent de type Krypton	-9,9	-34,5	-22,2
Fluorescent compact	-0,9	-3,0	-2,0
Halogène	-0,1	-0,3	-0,2
Total	-13,5	-46,9	-30,2

1 : Un effet croisé négatif indique une hausse de la consommation de la source concernée.

3.5 Les piscines

Nous retrouvons dans le tableau 17 les principales mesures sur les piscines.

Tableau 17 : Détail des mesures sur les piscines – toutes les sources, GWh éq.

Mesures	Électricité	Gaz naturel	Mazout
Installation d'une minuterie pour la piscine	284,2	0	0
Emploi d'une couverture solaire	12,7	3	2,2
Chauffe piscine solaire au lieu d'électrique	0	15,5	11,8
Pompe à chaleur	0	15,5	11,8
Moteur deux vitesses	5,2	0	0
Total	302,1	34,0	25,8

La mesure sur la minuterie implique l'arrêt du filtre pour une période de 10 heures par jour [41]. Cette période d'arrêt a été déterminée afin de s'assurer de maintenir la qualité de l'eau. La pompe à chaleur ne montre pas de potentiel pour l'électricité sur la base de son coût marginal élevé comparativement à un système électrique, ce qui n'est pas le cas du mazout et du gaz naturel. La même observation s'applique dans le cas des chauffe-piscine solaires.

La mesure des pompes à chaleur en remplacement des systèmes au gaz et au mazout se traduit par un transfert de la consommation vers l'électricité tel que présenté au tableau 18.

Tableau 18 : Effets croisés¹ des mesures sur les piscines, GWh

Source	Effets croisés sur l'électricité (conversion)
Mazout	-4,5
Gaz naturel	-3,4
Total	-7,9

1 : Un effet croisé négatif indique une hausse de la consommation de la source concernée.

3.6 La climatisation

Seule la mesure consistant à arrêter le climatiseur pendant les absences se retrouve dans le potentiel de la climatisation résidentielle. Cette situation s'explique en partie par l'accroissement du rendement des équipements ainsi que par la réglementation sur le rendement minimal de ceux-ci [7,46].

Comme pour les électroménagers, la réglementation joue un rôle prépondérant dans les gains d'efficacité pour cet usage.

Tableau 19 : Mesure sur la climatisation en GWh

Mesure	Électricité
Arrêt durant les absences	45,3
Total	45,3

4.0 Technologies émergentes et énergies renouvelables

Bien que les mesures se retrouvant dans le potentiel soient toutes largement répandues, un certain nombre de mesures plus émergentes furent également évaluées. Un traitement spécifique du potentiel de l'énergie solaire active a été effectué. Un survol du marché actuel et du potentiel futur des systèmes solaires actifs a été mené à même le projet. La principale conclusion des évaluations menées sur le solaire actif tend à démontrer que les coûts de ces systèmes, même dans un marché mature, ne permettent pas de les voir se glisser dans le potentiel technico-économique. Le coût d'un chauffe-eau solaire dans un marché mature est estimé à environ 2000 \$, soit la moitié du coût actuel.

Les systèmes de pompe à chaleur géothermique ont également été considérés dans le cadre de l'étude. Comme pour les systèmes solaires actifs, le coût utilisé pour leur évaluation correspond à ce qui est probable de retrouver dans un marché mature. Malgré tout, les coûts des systèmes ne leur permettent pas de faire partie du potentiel technico-économique bien que leur potentiel technique soit important.

Une série d'autres technologies ou usages émergents ont également été étudiés mais ne se retrouvent pas dans le potentiel technico-économique soit pour une raison de coût ou pour des gains unitaires trop faibles. Ces mesures sont :

- Téléviseur et magnétoscope efficace : gain unitaire faible et marché tendanciel fort.
- Équipement de bureau efficace : gain très faible et marché tendanciel fort.
- Refroidisseur d'eau en bouteille efficace : gain unitaire modeste et données sur le coût de la mesure limitées.
- Efficacité des spas : aucune mesure précise identifiée pour le marché québécois. Taux de pénétration faible de l'équipement (1% [35])

Le potentiel du solaire passif pour la nouvelle construction n'a pas fait l'objet d'une évaluation approfondie dans le cadre du projet. Toutefois, les simulations effectuées dans HOT-2000 v8.5 ont démontré des gains relativement faibles lorsque uniquement le pourcentage de fenestration était modifié pour accroître les gains solaires passifs. Cette constatation rejoint les conclusions d'une autre étude [20] qui indiquait des gains modestes lorsque les interventions solaires passives ne touchaient que la répartition de la fenestration. Afin d'obtenir des gains significatifs, la conception de base de la résidence, incluant la trame urbaine, doit être considérée. L'évaluation du taux d'application d'une telle modification aux méthodes de conception et de construction actuelles des résidences et de l'impact énergétique probable sur l'ensemble des nouvelles constructions ainsi que de l'impact sur les coûts de construction relève d'études spécialisées et excède le cadre de ce projet.

5.0 Conclusion

Dans le secteur résidentiel, le potentiel se retrouve principalement au niveau de l'usage " chauffage ". Les mesures touchant l'abaissement de température et les thermostats électroniques dominent ce secteur.

Notons, au sujet de l'abaissement de température, qu'il s'agit d'une mesure plus précaire que d'autres telles les mesures d'enveloppe thermique. En effet, le potentiel lié aux réductions de température est fortement lié aux comportements des consommateurs.

Les mesures concernant l'amélioration de l'enveloppe thermique des bâtiments existants constituent également un poste significatif au niveau du chauffage des locaux. Les mesures d'enveloppe thermique ne sont rentables que lors de la rénovation des habitations et elles ne sont applicables que sur un nombre restreint de bâtiments.

Après le chauffage, l'usage des piscines est celui qui présente le plus grand potentiel. Les gains possibles dans ce secteur sont significatifs. L'évaluation effectuée dans le cadre du projet est sans doute un maximum possible.

À la lumière des résultats obtenus pour le secteur résidentiel, certaines démarches, outre la promotion d'équipements et de comportements efficaces, apparaissent intéressantes afin de bénéficier du potentiel identifié.

6.0 Bibliographie

- 1- Tableau comparatif des prix de l'énergie, Énergie Actualité, Vol. 10, no.4 nov./déc. 2000.
- 2- "Règlement sur l'efficacité énergétique d'appareils fonctionnant à l'électricité ou aux hydrocarbures", E-1.2., r.1., Gouvernement du Québec.
- 3- "Règlement sur l'efficacité énergétique", DORS/94 – 651, Règlement fédéral.
- 4- "Règlement du Canada sur l'efficacité énergétique pour les lampes fluorescentes et les lampes réflecteurs à incandescence", Ressources naturelles Canada, novembre 1995.
- 5- ÉnerGuide, 5 brochures, Ressources naturelles Canada, de 1994 à 1998.
- 6- "Partie II - Exigences techniques visant les matériels consommateurs d'énergie", Règlement sur l'efficacité énergétique, Document internet, <http://reglement.rncan.gc.ca/part02f.htm>, novembre 1998.
- 7- "Thermopompes bibloc monophasées", Bulletin d'information janvier 1998, Document internet, http://reglement.rncan.gc.ca/ipd/Bull_03f.htm, décembre 1998.
- 8- "Portrait de la clientèle résidentielle d'Hydro-Québec" Hydro-Québec, Ad hoc recherche, décembre 1999.
- 9- "Bâtiments Résidentiels de Moyenne Taille", Enquête sur le terrain, Société d'habitation du Québec, SCHL CMHC, Hydro-Québec, Gouvernement Québec(Ministère des Ressources naturelles, 30-04-96 rev. :08-05-96.
- 10- "Rapport sur le Potentiel d'Amélioration de l'Enveloppe Thermique des Habitations du Québec", ADS Groupe-Conseil Inc., Pierre Collette et Alain Duval architectes, 6 août 1993.
- 11- "Évaluation des Effets Énergétiques Combinés des Mesures d'Économie d'Énergie, Bâtiment de type : Habitation Unifamiliale", Hydro-Québec, ADS Groupe – Conseil Inc., décembre 1992.
- 12- "Potentiel Technico-économique du Marché Résidentiel- Volet Habitudes et Comportements", Hydro-Québec, Ad hoc recherche, 22 janvier 2001.

- 13- “ Le Marché du Chauffage et le Potentiel du Bois Comme Source d'Énergie d'Appoint ”, Opinion Impact, décembre 1997.
- 14- “ Estimation de l'Importance du Bois dans le Chauffage Résidentiel et Mesure de l'Efficacité de Cette Source d'Énergie ”, Victor Tremblay 133, août 1997.
- 15- “ Table de concertation EÉ - Gain unitaire ”, Rapport final, Vice-présidence Efficacité énergétique, septembre 1993.
- 16- “ Projet : étanchéité 92 ”, Rapport d'étape, Michel Dallaire & Associés, Architectes, février 1993.
- 17- “ Projet ÉVAL-ISO : Rapport final sur le potentiel d'amélioration de l'enveloppe thermique des habitations du Québec”, Vice-présidence Efficacité énergétique, Service Conception de programmes - Marché résidentiel, juillet 1994.
- 18- “ Validation et documentation du gain unitaire des différentes mesures d'économie - Marché résidentiel ”, Volume 1 et 2, Industrie Information, CRIQ, juillet 1992.
- 19- “ Optimisation énergétique des baisses quotidiennes de consigne dans les habitats, Rapport de l'étape 5 – Conclusions du projet ”, LTEE 94-001, Février 1994.
- 20- “ Analyse d'impacts résultant de l'adoption du code national de l'énergie pour les habitations (CNÉH) ”, Hydro-Québec, Ressources naturelles Québec, Société d'Habitation du Québec, par M.V. Petrone, Octobre 1997.
- 21- “ Évaluation de l'impact énergétique relié à l'installation des thermostats électroniques dans le cadre du Programme Écono-Confort - Marché résidentiel ”, Rapport synthèse, Unité Évaluation, Groupe Commercialisation en collaboration avec Xenergy Canada, Ad hoc recherche, Juillet 1995.
- 22- “ Thermostats muraux à tension de secteur pour le chauffage des locaux résidentiels : résumé des activités 1994 ”, LTEE 94-086, Octobre 1994.
- 23- “ Résultats des économies d'énergie réalisées avec des thermostats électroniques dans un échantillon d'immeubles de la Société d'habitation du Québec ”, LTEE 97-066, Décembre 1997.

- 24-** “ Évaluation de l’impact énergétique relié à l’installation des thermostats électroniques dans le cadre du Programme Écono-Confort – Marché résidentiel ”, # contrat 06400-94-COM-003-00, Annexe III : Le sondage auprès des participants au programme, Rapport final, Avril 1995, Ad Hoc Marketing.
- 25-** “ Measured Impact of Mechanical Thermostat Replacement ”, Johnson, R., Carlson, S.W., Residential Buildings : Technologies, 2000 ACEEE Summer Study on energy Efficiency in Buildings, Design, and Performance Analysis, 1.137, Northeast Utilities.
- 26-** “ Line Voltage Thermostat Study ”, Energy Source Builder, #54, decembre 1997.
- 27-** Analyse de la consommation des thermostats performants dans le cadre du programme Écono-Confort, Marché résidentiel ”., LTEE. Mars 1997, 97-019.
- 28-** “ Profil et comportement des acheteurs d’une nouvelle propriété au Québec selon le marché visé, 1996-1997 , Service Membres et Industrie, APCHQ, septembre 1997.
- 29-** “ Simulation d’améliorations énergétiques à l’enveloppe thermique de résidences typiques unifamiliales et multifamiliales ”, Rapport technique, CRIQ, Ingénierie des bois, novembre 1992.
- 30-** “ Potentiel technico-économique d’amélioration de l’efficacité énergétique au Québec ”, Groupe Commercialisation et Affaires internationales, Service Planification commerciale, mars 1992.
- 31-** Communication privée, Tony Woods, Président, Canam Building Envelope Specialists inc., décembre 1998.
- 32-** “ Appels de puissance associés aux baisses cycliques de la température de consigne – Phase 1 – Diversification Étape 1 – Étude exploratoire ”, LTEE 94-044, juin 1994.
- 33-** “ ASHRAE Handbook Fundamentals 1998 ”, ASHRAE, 1998.
- 34-** “ How to Buy a Water-Saving Showerhead ”, Federal Energy Management Program, Department of Energy, October 1998.
- 35-** “ Enquête 1997 sur l’utilisation de l’Énergie par les Ménages- Rapport statistique détaillé ”, Ressources naturelles Canada, Office de l’efficacité énergétique, décembre 2000.

- 36-** “ Guide du consommateur - l’achat et l’utilisation d’appareils ménagers éconergétiques ”, OEE, Ressources naturelles Canada, 1998.
- 37-** “ La performance énergétique des équipements et des appareils électriques et la détermination des standards de vente au Québec ”, Rapport final, Service Conception de Programmes, Hydro-Québec, décembre 1993.
- 38-** “ Evaluation of DSM Programs in the Residential Markets ” Volume 1, 62 Report No. 7922-R8, juillet 1994.
- 39-** “ Comportements énergétiques des ménages québécois ”, Rapport final, Saine Marketing, août 1995.
- 40-** “ Hydro-Québec, Test de Quatre Scénarios de Mise en Marché Pour Écono-Confort II, Saine Marketing, 14 décembre 1995.
- 41-** “ Économie d’énergie liée aux piscines ”, LTEE, octobre 1992.
- 42-** “ Efficacité énergétique 101 trucs et conseils des économies à votre porte ” Agence de l’efficacité énergétique, octobre 2000.
- 43-** RETScreen® International Solar Water Heating Model (Version 2000).
- 44-** “ Efficacité énergétique en réno : six stratégies passées en revue ”, Hugh L. Ward, Québec Habitation, Vol. 15, no 6, novembre 1998.
- 45-** “ How to Buy Energy-Efficient Residential Windows ”, Federal Energy Management Program, Department of Energy, October 1998.
- 46-** “ How to Buy an Energy-Efficient Room Air Conditioner ”, Federal Energy Management Program, Department of Energy, October 1998.
- 47-** “ Rapport sur le potentiel d’amélioration de l’enveloppe thermique des habitations du Québec ”, ADS Groupe-Conseils, Pierre Collette et Alain Duval architectes, 6 août 1993.
- 48-** “ Bâtiments résidentiels de moyenne taille“, Enquête sur le terrain, Société d’habitation du Québec, SCHL CMHC, Hydro-Québec, Gouvernement du Québec (Ministère des Ressources naturelles), 30-04-96, rev. 08-05-96 Étude sur les appareils électroménagers.
- 49-** “ Les équipements ménagers des canadiens, Rapport d’analyse“, Ressources naturelles Canada, mars 1997.

50- “ Enquête sur les achats d’équipements ménagers neufs au Canada 1994 et 1995, Rapport Statistique “, Ressources naturelles Canada, mars 1997.

Annexe A

Glossaire

Annexe A - Glossaire

Effets de distorsion	Définition
Effets techniques	
Effet croisé	Impact énergétique généré par l'implantation d'une mesure d'efficacité énergétique sur la consommation d'équipements reliés à d'autres usages (autres usages que celui de la mesure), le plus souvent sur le chauffage et la climatisation.
Effet cumulatif	Impact sur les gains énergétiques qui résultent de l'implantation simultanée d'un ensemble de mesures visant généralement la même utilisation de l'énergie. L'effet cumulatif est présent lorsque l'impact total de l'application simultanée de toutes ces mesures est différent de la somme des économies individuelles des mesures.
Effet de ricochet	Réduction du gain unitaire d'une mesure due au changement de comportement des clients. Ce changement est associé à la perception des clients d'une réduction relative du coût de leur énergie ou de leur niveau de confort. Ces clients augmentent alors leur consommation afin, entre autres, de rectifier leur niveau de confort.
Effets commerciaux	
Effet d'opportunisme	Gain énergétique qui aurait été généré même en l'absence des bénéfices offerts par un programme commercial. Ce gain est associé aux participants qui auraient de toute façon adopté la mesure recommandée par le programme. Le programme peut avoir pour effet de retarder ou devancer l'action du client.
Effet de bénévolat	Gain énergétique associé aux clients qui adoptent une mesure d'efficacité énergétique par un programme sans réclamer les bénéfices offerts aux participants. Ce gain demeure attribuable à la présence du programme.
Effet d'entraînement	Gain énergétique attribuable à l'adoption de mesures d'efficacité énergétique autres que celles promues dans le cadre d'un programme ou après que le programme soit terminé.
Effets temporels	
Effet d'effritement	Réduction graduelle des gains énergétiques suite à l'abandon d'une mesure avant la fin prévue de sa vie utile. Cette diminution dépend du comportement du client ou de la désuétude prématurée d'une mesure.
Effet de renouvellement	Gain énergétique qui résulte du renouvellement ou du remplacement d'une mesure après la fin de sa vie utile prévue. Une mesure de remplacement ou de renouvellement doit, au moins, générer les mêmes économies d'énergie que la mesure remplacée. Lorsque la nouvelle mesure a une performance énergétique inférieure à la mesure remplacée, on considère qu'il y a non-renouvellement de la mesure.

Concepts généraux

- 1- **Mesures d'économie d'énergie** : Ensemble des actions qui permettent de réduire la consommation d'énergie. La notion de mesures d'économie d'énergie adoptée dans cette étude favorise toutes celles n'ayant pas un impact négatif sur le niveau de confort des consommateurs. Ces mesures incluent les comportements et habitudes efficaces, la conception efficace, l'acquisition ou le remplacement d'appareils ou d'accessoires et les mesures touchant l'enveloppe des bâtiments.
- 2- **Durée de vie** : Période de temps où un appareil, accessoire ou tout autre actif mobilier ou immobilier est en état de fonctionner ou de fournir le service pour lequel il est conçu. Cette notion s'applique principalement aux biens physiques. La durée de vie d'un comportement est difficilement évaluable puisqu'il est difficile de prévoir la persistance de l'action dans le temps.
- 3- **Économies tendancielle**s : Ces économies sont reliées à l'effet d'opportunisme. Elles représentent les économies d'énergie dues à l'évolution naturelle du marché sans l'intervention de programmes, mais qui peuvent être des impacts indirects des programmes passés ou découler de l'évolution des normes et règlements.

Annexe B

Méthode de l'analyse économique

Annexe B
Méthode de l'analyse économique

Méthode de l'analyse économique

L'analyse économique repose en premier lieu sur l'évaluation des économies annuelles d'une mesure et de son coût de revient annuel actualisé (annuité¹). Le coût de revient de l'énergie économisée, appelé coût unitaire de l'énergie économisée, est alors obtenu en calculant le rapport entre le coût annuel d'une mesure d'efficacité énergétique et l'économie d'énergie annuelle qui lui est attribuable. Cet indice sert à évaluer la rentabilité d'une mesure du point de vue du distributeur d'énergie selon la formulation suivante :

$$cuee = \frac{\text{Annuité}}{EE_{source}} \left[\frac{\$}{kWh} \right]$$

où;

$$\begin{aligned} cuee &= \text{coût unitaire de l'énergie économisée} \\ EE_{source} &= \text{Énergie économisée annuellement pour} \\ &\quad \text{la source visée selon le distributeur, kWh} \end{aligned}$$

Cet indice peut également servir à établir la rentabilité d'une mesure du point de vue du client lorsque la formulation suivante est employée :

$$cuee = \frac{\text{Annuité}}{EE_{total}} \left[\frac{\$}{kWh} \right]$$

où;

$$\begin{aligned} EE_{total} &= \text{Énergie économisée annuellement pour} \\ &\quad \text{toutes les sources affectées par la mesure,} \\ &\quad \text{kWh} \end{aligned}$$

Deux types de coûts peuvent être utilisés lors du calcul de l'annuité attribuable à une mesure. Un premier coût correspond au coût total requis pour implanter la mesure alors qu'un second coût ne représente que la différence entre le coût pour installer la mesure et le coût pour installer un équipement ou un accessoire conventionnel. On identifie ce dernier type de coût comme étant le coût marginal d'une mesure.

Par exemple, un propriétaire faisant construire ou rénover sa résidence a le choix entre l'achat de fenêtres en verre double conventionnel ou en verre double à basse émissivité, plus efficaces mais légèrement plus dispendieuses. S'il opte pour la mesure d'efficacité énergétique, seule la

¹ Annuité : coût actualisé d'une mesure répartie en versements annuels égaux sur la durée de vie d'une mesure.

différence entre le coût des deux types de fenêtres est utilisée dans le calcul de l'annuité. Cependant, si un propriétaire d'une maison existante faisait changer ses fenêtres, avant la fin de la durée de vie utile des fenêtres existantes, uniquement pour économiser de l'énergie, le coût total du remplacement des fenêtres serait attribué à la mesure.

Dans tous les cas, le coût des mesures a été estimé en considération d'un marché mature. Ainsi, pour certaines technologies à faible taux de commercialisation, le coût utilisé lors de l'évaluation est inférieur à celui du marché actuel. Cet ajustement au coût de la mesure est effectué afin d'escompter les baisses probables de celui-ci dans un marché plus large, dû à des économies d'échelle [103, 169, 170].

Détail du calcul du coût unitaire de l'énergie économisée :

Facteur d'actualisation :

$$P = \frac{1 - (1+i)^{-N}}{i}$$

P = Facteur d'actualisation

i = taux d'actualisation

N = durée de vie de la mesure

Valeur actualisée du coût de la mesure :

$$Va = \frac{C \times i}{1 - (1+i)^{-N}}$$

C = coût total de la mesure

On obtient alors le coût unitaire (\$/kWh):

$$cuee = \frac{Va}{Ea} = \frac{\frac{C \times i}{1 - (1+i)^{-N}}}{Ea}$$

Ea = économie d'énergie annuelle (kWh) – client ou distributeur

Un second paramètre permet d'évaluer la rentabilité d'une mesure du point de vue du client. La période simple de récupération de l'investissement (PRI) offre une évaluation préliminaire de la rentabilité d'une mesure pour le client. Ce paramètre ne tient pas compte de l'actualisation de l'investissement requis pour implanter une mesure.

Calcul du PRI :

$$PRI = \frac{C}{(Ea * Ce)}$$

C_e = prix moyen de l'énergie pour le client

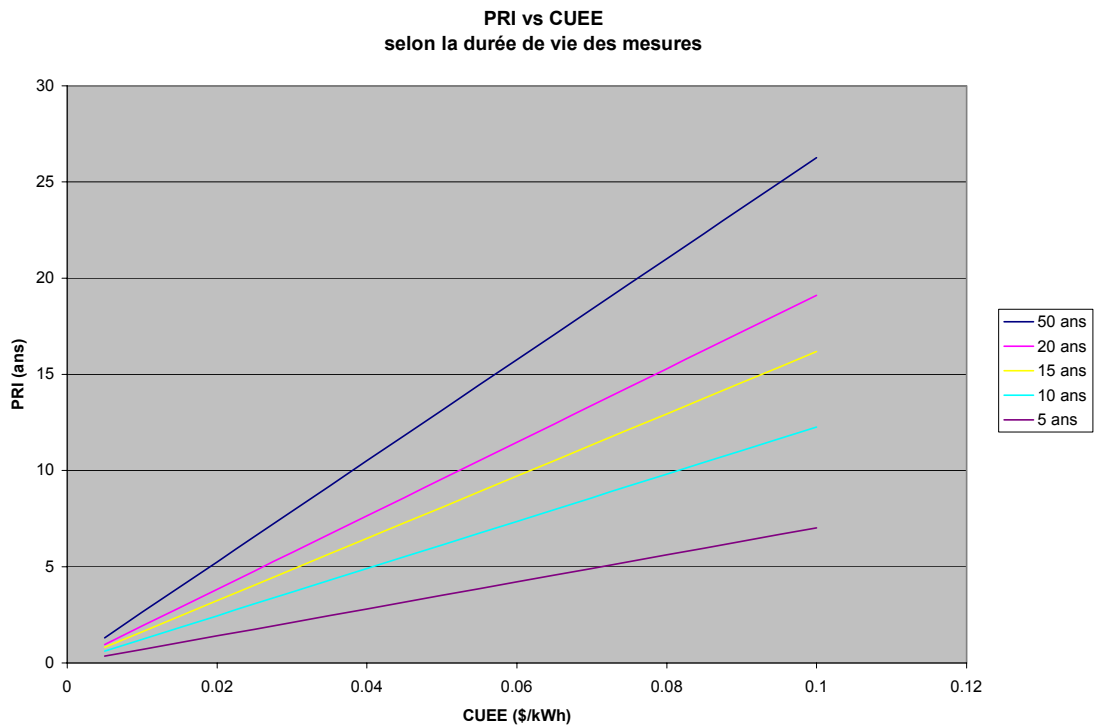
E_a = économie d'énergie annuelle (kWh) – client

Il est également possible d'établir un lien entre le *cuee* et la *PRI*. La *PRI* peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$PRI = \frac{cuee * P}{C_e}$$

Ainsi le *cuee* et la *PRI* auront une relation linéaire l'un à l'autre dans la mesure où la durée de vie des mesures est la même. La figure 2 illustre la relation entre le *cuee* et la *PRI* pour différentes durées de vie des mesures.

Figure 2 : Relation entre le *cuee* et le *PRI*



Les équations précédentes sont présentées pour le cas spécifique où une seule source d'énergie est affectée par les mesures. Lorsque les mesures ont un impact sur d'autres sources, la *PRI* doit être évalué en tenant compte de l'effet sur celles-ci.

Calcul de la valeur actuelle nette :

Un indicateur plus approprié pour évaluer l'impact d'une mesure, pour le client, sur sa durée de vie utile est la valeur actuelle nette (VAN). La VAN permet de déterminer si une mesure va se traduire par un gain net sur sa durée de vie en considérant l'inflation et le taux d'actualisation. La VAN se calcul de la façon suivante :

$$VAN = -C + Ea * Ce * \frac{(1 + Inf)}{(i - Inf)} * \left[1 - \left(\frac{(1 + Inf)}{(1 + i)} \right)^N \right] - Entretien * \frac{(1 + Inf)}{(i - Inf)} * \left[1 - \left(\frac{(1 + Inf)}{(1 + i)} \right)^N \right]$$

Inf = taux d'inflation sur l'énergie

Entretien = coût d'entretien annuel

Il est possible à partir de la VAN de calculer le taux de rentabilité interne (TRI), qui correspond au taux équivalent qu'a rapporté les sommes investies pour la mesure d'efficacité. Le TRI est égal au taux d'actualisation pour lequel la VAN égale zéro.

Annexe C

Taux d'adoption des mesures d'économie d'énergie (2000)

Annexe C

<i>Taux d'adoption des mesures d'économie d'énergie</i>	<i>Total (toujours/souvent ou oui adoption)</i>
Enveloppe thermique et système de chauffage	
Baisser la température durant les absences (Q c31 c)	62,2 %
Baisser la température durant la nuit (Q c31 b)	53,6 %
Baisser de façon générale la température de la maison/ logement (Q c31 a)	50,4 %
Baisser de façon générale la température du sous-sol (Q c31 e)	19,0 %
Baisser de façon générale la température du garage (Q c31 f)	6,6 %
Calfeutrage ou installation de coupe-froid sur les portes et fenêtres (Q C25 j)	46,4 %
Installation d'un coupe-bise sur la porte garage (Q c25 k)	31,6 %
Installation de couvre-fenêtre en plastique pour (Q c14 a)	19,8 %
Installation d'une couverture isolante sur la porte de garage (Q c7 l)	6,7 %
Changement des fenêtres (Q c25 e)	41,2 %
Installation de thermostats (Q c25 f)	40,9 %
Remplacement des portes (Q c25 n)	39,8 %
Amélioration de l'isolation du sous-sol (Q c25 a)	31,2 %
Amélioration de l'isolation du grenier (Q c25 d)	26,7 %
Amélioration de l'isolation des murs (Q c25 c)	17,8 %
Changement du système de chauffage (Q c25 o)	16,2 %
Remplacement des porte-patios (Q c25 m)	14,0 %
Amélioration de l'isolation des planchers (Q c25 b)	13,9 %
Évaluation énergétique complète (Q c25 i)	10,0 %
Chauffage de l'eau	
Installation d'une pomme de douche à débit réduit (Q d2 b)	58,3 %
Installation d'une couverture isolante sur le chauffe-eau (Q d2 a)	11,8 %
Électroménagers et autres équipements	
Utiliser le lave-vaisselle à pleine capacité (Q b1 d)	80,6 %
Laver le linge à l'eau froide (Q b1 a)	69,6 %
Utiliser la machine à laver à pleine capacité (Q b1 b)	65,8 %
Étendre/ sécher le linge à l'extérieur au lieu d'utiliser la sècheuse (Q b1 c)	61,6 %
S'assurer de l'étanchéité des portes du réfrigérateur ou du congélateur (Q b1 g)	56,8 %
Interrompre manuellement ou automatiquement le cycle de séchage du lave-vaisselle (Q b1 e)	36,5 %
Limiter les heures de fonctionnement du chauffe-moteur par un contrôle manuel (Q b1 j)	30,0 %
Utiliser une minuterie pour le filtre de la piscine (Q b1 k)	28,4 %
Nettoyer les serpentins du réfrigérateur (Q b1 f)	22,2 %
Limiter les heures de fonctionnement du chauffe-moteur avec une minuterie (Q b1 i)	20,1 %
Éclairage	
Éteindre les lumières dans les pièces non occupées (Q c31 d)	92,0 %
Installer des gradateurs sur certaines lumières (Q c32 d) ¹	34,6 %
Utiliser une minuterie pour l'éclairage extérieur (Q c32 c) ¹	15,9 %
Utiliser une minuterie pour l'éclairage intérieur (Q c32 b) ¹	11,6 %

¹ Ces mesures ont été évaluées sur une échelle oui/non.

Source : référence 12.