
Rapport technique

Rapport #RT-01-36, Dossier # 16909

Mise à jour du potentiel technico-économique d'économie d'énergie au Québec

- Marchés commercial et institutionnel

Présenté à :

Hydro-Québec

Et

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
Marchés commercial et institutionnel**

**Addenda et note au lecteur
5 septembre 2002**

Addenda :

Les résultats présentés dans ce rapport utilisent l'année 2001 comme année de référence. Par ailleurs, depuis la préparation de ce rapport, une correction a été apportée au potentiel de la force motrice. Les résultats corrigés sont présentés dans le tableau qui suit à la fois pour l'année de référence 2001 et pour l'année de référence 2003. Rappelons que l'année de référence utilisée a un impact sur le niveau des coûts évités d'alimentation d'Hydro-Québec Distribution, lesquels représentent le critère économique retenu par HQ Distribution pour l'établissement du potentiel technico-économique d'économies d'énergie.

Potentiel technico-économique d'économies d'énergie pour l'électricité – marchés
commercial et institutionnel

Usages	2001 GWh	2003 GWh
Chauffage de locaux	1 137	1 208
Chauffage de l'eau	89	89
Force motrice	608	665
Éclairage	1078	1 283
Climatisation	15	15
Total	2 927	3 260

Ainsi, le potentiel 2001 de la force motrice présenté dans ce rapport comme étant à 570 GWh a été révisé à 608 GWh, faisant passer le potentiel global 2001 pour les marchés commercial et institutionnel de 2,89 TWh à 2,93 TWh.

Note au lecteur :

La consommation d'électricité associée dans ce rapport aux marchés commercial et institutionnel diffère de celle qui est présentée dans le rapport annuel d'Hydro-Québec en raison de différences dans les critères retenus pour la définition des marchés. En effet, les marchés commercial et institutionnel définis aux fins de la présente étude n'incluent que les clients aux tarifs G1, G9 et M et excluent les clients des réseaux autonomes.

Sommaire exécutif	iii
1.0 Contexte et principes généraux	1
1.1 CONTEXTE	1
1.2 RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE LA MESURE	2
1.2.1 <i>Rentabilité du point de vue du distributeur</i>	2
1.2.2 <i>Rentabilité du point de vue du client</i>	3
1.3 PRINCIPAUX PARAMÈTRES CONSIDÉRÉS DANS L'ÉVALUATION DU POTENTIEL.....	3
1.3.1 <i>Marché considéré</i>	3
1.3.2 <i>Taux de pénétration</i>	4
1.3.3 <i>Gains unitaires associés aux mesures</i>	5
1.3.4 <i>Coût des mesures</i>	5
1.3.5 <i>Horizon</i>	5
1.4 FACTEURS D'INFLUENCE	6
1.5 AUTRES CONSIDÉRATIONS	8
1.5.1 <i>Appel de puissance</i>	9
1.5.2 <i>Substitution d'une source d'énergie vers une autre source d'énergie</i>	9
1.5.3 <i>Client non-TAE</i>	9
1.6 APERÇU GLOBAL DU POTENTIEL.....	10
2.0 Méthodologie	12
2.1 MODÉLISATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS	13
2.2 PROCÉDURE DE MODÉLISATION DES BÂTIMENTS ET DES MESURES.....	14
2.3 COMPILATION DU POTENTIEL SUR L'ENSEMBLE DU PARC	15
2.4 CONCEPTS UTILISÉS.....	15
2.4.1 <i>Potentiel technique</i>	16
2.4.2 <i>Potentiel technico-économique</i>	17
3.0 Segmentation des marchés commercial et institutionnel	18
3.1 ABONNEMENTS ET BÂTIMENTS	22
3.2 ÉLABORATION DES BÂTIMENTS TYPES	22
3.3 MESURES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE.....	24
4.0 Technologies émergentes	30
5.0 Le potentiel technico-économique dans les marchés commercial et institutionnel	32
5.1 COÛT MARGINAL DE FOURNITURE	32
5.2 TARIFS DES SOURCES D'ÉNERGIE	33
5.3 RÉSULTATS GLOBAUX.....	34
5.4 LE CHAUFFAGE DES LOCAUX	37
5.5 LA FORCE MOTRICE ET LA RÉFRIGÉRATION	46
5.5 LA FORCE MOTRICE ET LA RÉFRIGÉRATION	46
5.6 L'ÉCLAIRAGE	50
5.7 L'EAU CHAUDE	55
5.8 LA CLIMATISATION	57

6.0 Conclusions	59
7.0 Bibliographie.....	62
Annexe A - Méthodologie de l'analyse économique.....	66
Annexe B - Glossaire des effets de distorsion et de certains concepts généraux.....	71

Sommaire exécutif

Le but de l'étude est d'évaluer le potentiel technico-économique d'économie d'énergie au Québec pour les marchés commercial et institutionnel. Le potentiel évalué inclut uniquement les économies d'énergie électrique. Toutefois, la rentabilité des mesures pour les clients est basée sur les économies pour toutes les sources d'énergie.

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. Les mesures qui n'en sont qu'à un stade de recherche et développement ou de démonstration sans offrir une possibilité de commercialisation significative sur un horizon de dix ans ne sont pas incluses dans l'évaluation.

La mise à jour du potentiel technico-économique d'économie d'énergie en 2001 démontre une diminution significative par rapport à l'évaluation effectuée en 1992. Le potentiel total pour l'électricité sur un horizon de 5 ans est maintenant évalué à 2,89 TWh comparativement à 7,4 TWh obtenu en 1992. Plusieurs raisons expliquent cette diminution. D'une part, une réévaluation complète des gains énergétiques des mesures a été effectuée. D'autre part, le portefeuille de mesures évaluées a été complètement mis à jour. Enfin, les marchés associés aux mesures d'économie d'énergie ont également fait l'objet d'une révision en profondeur afin de mieux cerner le marché réellement disponible pour chaque mesure.

Le potentiel se retrouve principalement au niveau de l'usage « chauffage », où les mesures touchant une meilleure gestion des systèmes de CVC (chauffage, ventilation, climatisation) dominant. Les mesures concernant l'amélioration de l'enveloppe thermique des bâtiments existants ne constituent pas un poste significatif du potentiel comparativement au marché résidentiel. De plus, ces mesures ne sont rentables que lors de rénovations majeures faites aux bâtiments.

L'éclairage présente également un potentiel important. À la différence de 1992, ce potentiel réside moins sur l'amélioration des équipements, par exemple l'utilisation de meilleures lampes, que sur une révision de la conception des systèmes d'éclairage. En effet, étant donné l'efficacité déjà élevée des lampes offertes sur le marché, les gains au niveau de cet usage viennent surtout de l'optimisation de la puissance d'éclairage et de son contrôle.

Finalement, le dernier poste significatif du potentiel touche la force motrice pour la ventilation, le pompage et la réfrigération. Cet usage montre un potentiel relativement élevé et celui-ci n'avait pas fait l'objet d'un traitement détaillé en 1992. Le potentiel sur la force motrice repose sur trois blocs importants.

- Premièrement, l'optimisation de la conception des systèmes de pompage afin de minimiser la taille des pompes et des moteurs ainsi que l'utilisation de systèmes à débit variable présentent un potentiel intéressant.
- Deuxièmement, une approche d'optimisation de conception de même type sur la ventilation offre également un bon potentiel, mais l'exploitation de celui-ci est plus difficile.
- Troisièmement, un potentiel relativement important a été identifié au niveau de la réduction de la consommation des compresseurs de réfrigération pour les supermarchés, les arénas et les petits commerces de détail alimentaire.

Mentionnons qu'une bonne partie du potentiel n'est rentable qu'au moment de la construction ou du remplacement d'équipements majeurs. En pareils cas, il faut donc que les mesures soient implantées à ce moment.

1.0 Contexte et principes généraux

1.1 Contexte

L'Agence de l'efficacité énergétique du Québec (AEE) et Hydro-Québec désirent procéder à une mise à jour du potentiel d'économie d'énergie au Québec dans les marchés commercial et institutionnel. Cette mise à jour fait suite à une évaluation effectuée par Hydro-Québec en 1992.

Le but de cette étude consiste à réviser le document produit en 1992 afin de connaître l'évolution du potentiel et de mettre à jour plusieurs aspects de l'évaluation, dont :

- les coûts
- l'évolution des mesures considérées en 1992
- les nouvelles mesures non considérées dans l'évaluation du potentiel en 1992
- les gains unitaires (i.e. l'économie d'énergie par mesure)
- la méthodologie employée

L'étude traite uniquement du potentiel d'économie d'énergie pour l'électricité et n'inclut pas le calcul du potentiel pour les autres sources d'énergie (le gaz naturel, le mazout et la biomasse).

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, en considérant leur coût dans un marché mature même lorsque celles-ci n'en sont qu'à un stade émergent de commercialisation. Les mesures qui n'en sont qu'à un stade de recherche et développement ou de démonstration sans offrir une possibilité de commercialisation significative sur un horizon de dix ans ne sont pas incluses dans l'évaluation. Les critères de sélection des mesures sont les mêmes que ceux définis dans l'étude de 1992, soit :

- 1- Les mesures doivent être disponibles sur le marché
- 2- Les mesures doivent être éprouvées au point de vue technologique
- 3- Les mesures doivent correspondre aux valeurs culturelles des consommateurs.

1.2 Rentabilité économique de la mesure

Lors de l'évaluation d'un potentiel technico-économique, il est essentiel de déterminer un critère de rentabilité économique. 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 :

- 1- la rentabilité du point de vue du distributeur
- 2- la rentabilité du point de vue du client

1.2.1 Rentabilité du point de vue du distributeur

La rentabilité d'une mesure du point de vue du distributeur consiste à évaluer le coût unitaire de l'énergie électrique économisée (*cuee*) sur la durée de vie d'une mesure, en \$/kWh. Lorsque le *cuee* est inférieur ou égal au coût évité de la source d'énergie (fourniture + transport + distribution) pour le distributeur, cette mesure entre alors dans le potentiel technico-économique.

Le détail sur la méthode de l'analyse économique est présenté à l'annexe A.

Il est possible qu'une mesure soit rentable pour le distributeur tout en ne rencontrant pas le seuil de rentabilité du client. Dans ce cas, il pourrait être avantageux pour le distributeur de promouvoir la mesure afin de bénéficier de ses effets et de compenser le consommateur pour que le rendement économique de la mesure soit également acceptable pour celui-ci. Cette façon de procéder présuppose que les économies liées à la mesure seront réalisées et maintenues sur sa durée de vie estimée. Par conséquent, les mesures ne sont pas abandonnées par le client durant la durée de vie utile de celles-ci et le rendement de ces mesures demeure constant année après année.

Pour Hydro-Québec Distribution, les mesures retenues dans le potentiel technico-économique sont celles dont le coût actuel (*cuee*) est inférieur ou égal au coût marginal de l'électricité, lequel varie selon l'usage concerné.

1.2.2 Rentabilité du point de vue du client

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 selon la tarification réelle des diverses sources d'énergie.

Le seuil de rentabilité pour le client peut alors se définir en se basant sur le prix que le client aurait payé pour l'énergie économisée. Une mesure offrant un *cuee* (*coût unitaire de l'énergie électrique économisée*) inférieur ou égal au prix de l'énergie serait alors rentable pour le client.

Cependant, dans les marchés commercial et institutionnel, d'autres critères de rentabilité dont la période de retour sur l'investissement simple (PRI), la valeur actuelle nette (VAN) et le taux de rendement interne (TRI) sont également des facteurs prépondérants dans l'analyse de rentabilité. La PRI est probablement le paramètre économique le plus fréquemment employé lors de l'évaluation de projets en efficacité énergétique car elle constitue un indicateur facile à évaluer et qui pondère fortement le coût initial en capital (i.e. ne tient pas compte de la durée de vie de la mesure).

La rentabilité du point de vue du client a été évaluée sous la forme de la PRI et de la VAN.

1.3 Principaux paramètres considérés dans l'évaluation du potentiel

1.3.1 Marché considéré

Le marché considéré dans l'évaluation du potentiel inclut tous les abonnements commerciaux et institutionnels d'Hydro-Québec sauf ceux des réseaux autonomes et ceux des réseaux municipaux (ces derniers ne sont pas abonnés d'Hydro-Québec). Les abonnements considérés sont ceux aux tarifs G, G9 et M. Les abonnés dont la vocation est de type industriel sont exclus de l'analyse. Ils sont couverts dans une autre étude.

Les données sur le marché considéré proviennent principalement de sondages effectués par Hydro-Québec [14,15, 21] alors que certaines études sectorielles ont permis de compléter la définition du parc principalement au niveau institutionnel [16, 17, 18, 19 , 20, 39, 55].

Le Tableau 1 présente la répartition du marché commercial selon la consommation pour l'année 2000 [14 à 21].

Une caractéristique intéressante du parc commercial et institutionnel est que les grands bâtiments, généralement au tarif M, constituent moins de 5% du nombre d'abonnements, mais ils représentent près de la moitié de la superficie du parc. Le parc est donc divisé entre un grand nombre de petits bâtiments et un petit nombre de grands bâtiments.

Tableau 1 : Répartition de la consommation par tarif et marché (année 2000) [21]

	TARIFS			TOTAL
	M1	G9	G1	
Commercial				
Consommation (TWh)	11,26	0,43	10,01	21,70
Institutionnel				-
Consommation (TWh)	3,65	0,13	1,18	4,96
TOTAL CI				-
Consommation (TWh)	14,91	0,56	11,19	26,66

1.3.2 Taux de pénétration

Le taux de pénétration (ou taux de diffusion) actuel des diverses mesures sur le marché représente un paramètre ayant une grande influence sur le potentiel. Cependant, ce paramètre est parfois non documenté ou documenté de façon incomplète.

Par exemple, l'évaluation de l'état actuel de l'enveloppe thermique des bâtiments et les habitudes d'opération des systèmes de CVC sont deux facteurs ayant une influence significative sur le potentiel mais qui sont difficiles à évaluer précisément.

Dans tous les cas, les données les plus récentes étaient utilisées et en absence de données, une évaluation était effectuée sur la base des contacts avec des intervenants des différents secteurs et l'expérience des membres de l'équipe de projet.

L'évaluation du potentiel se base donc sur une pénétration complète du marché disponible (en marge du taux de diffusion actuel) là où il est techniquement possible de le faire. De plus, l'évaluation considère un renouvellement complet des mesures à la fin de leur durée de vie.

1.3.3 Gains unitaires associés aux mesures

Les valeurs d'économie d'énergie utilisées pour l'analyse du potentiel proviennent presque exclusivement de simulations détaillées à l'aide de bâtiments représentatifs. Les effets cumulatifs des mesures peuvent modifier significativement le potentiel et ce paramètre est complexe à évaluer lorsque le nombre de mesures sur un même usage est important. L'approche utilisée dans le projet consiste à implanter les mesures sur un même usage dans un ordre décroissant de rentabilité pour le client. Ainsi, les mesures ne comportant aucun investissement, telle la fermeture de l'éclairage de petits bâtiments la nuit, sont implantées en premier lieu.

Plusieurs études [5 à 10] indiquent que les gains provenant de simulations sont généralement plus élevés que ceux provenant de mesurage suite à l'implantation de mesures.

1.3.4 Coût des mesures

Le coût associé à chaque mesure représente un intrant important dans le calcul du potentiel technico-économique. Ce coût comporte également un certain niveau d'incertitude. Cette incertitude est particulièrement marquée dans les marchés commercial et institutionnel comparativement au marché résidentiel, étant donné l'hétérogénéité du parc, des méthodes de construction, des systèmes de CVC et des systèmes d'éclairage.

Les coûts utilisés reposent généralement sur des répertoires standards d'évaluation de coûts [11, 12, 13].

Pour tous les autres paramètres, les valeurs employées reposent sur l'information contenue dans les études disponibles principalement chez Hydro-Québec et à l'Agence d'efficacité énergétique (AEE).

1.3.5 Horizon

Le potentiel est évalué sur des horizons de 5 et 10 ans. La différence entre les horizons de 5 et 10 ans tient au nombre de cas de remplacements d'équipements et d'accessoires à la fin de leur durée de vie utile, de rénovations faites à l'enveloppe thermique et de nouvelles constructions.

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 ($1/\text{Durée de vie}$). Par exemple, les fenêtres ont une durée de vie estimée à

20 ans, ce qui se traduit par le remplacement du 1/20 des fenêtres du parc de bâtiments à chaque année. Lors d'un tel remplacement, le coût marginal des mesures sur le remplacement des fenêtres est considéré puisque celles-ci doivent être changées de toute façon. La notion de coût marginal et total est présentée à l'annexe A.

La différence entre les horizons de 5 et 10 proviendra du nombre d'applications pouvant être effectuées lors de remplacements ou de rénovations, selon leur coût marginal, et des nouvelles applications (i.e. taux de croissance du parc existant) rattachées à l'équipement ou l'accessoire, incluant principalement la nouvelle construction.

Il faut souligner que le potentiel identifié est récurrent d'une année à l'autre et ne représente pas le cumulatif des économies d'énergie sur la période considérée. Par exemple, un potentiel technico-économique de 1,0 TWh sur un horizon de 5 ans signifie que d'ici 5 ans, si toutes les mesures sont implantées, il sera possible de réduire la consommation sur une base annuelle de 1,0 TWh comparativement à la situation où aucune mesure ne serait prise.

1.4 Facteurs d'influence

Facteurs considérés :

Dans le cadre d'une évaluation de potentiel d'efficacité énergétique, plusieurs facteurs qui en influencent la valeur doivent être considérés. Dans tous les cas où l'information était disponible, les facteurs suivants étaient considérés :

- **Normes et règlements :**

L'influence des normes et règlements doit être prise en considération lorsque ceux-ci ont pour effet d'amener l'implantation de mesures d'efficacité énergétique sur le marché. Par exemple, les règlements sur les appareils d'éclairage imposent maintenant des normes minimales de rendement pour plusieurs appareils [3]. Les gains provenant du remplacement du parc de vieux appareils ne sont donc pas considérés dans le potentiel puisque ceux-ci seront inévitablement réalisés à la fin du cycle de vie des appareils existants.

- **Programmes passés et courants :**

L'impact des 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 la diffusion actuelle des mesures dans le marché (taux de

pénétration actuel) est considérée dans le calcul du marché résiduel disponible pour chaque mesure.

- **Effets tendanciels :**

En l'absence de programmes, de normes et règlements, une certaine portion de la population adopte naturellement 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 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 et cumulatifs. La plupart de ces concepts ont été pris en compte. L'annexe B présente une définition de l'ensemble des effets de distorsion.

- **Effets d'écrémage :**

Dans de nombreux cas, plusieurs mesures peuvent s'appliquer au même usage. L'application d'une de ces mesures réduit alors le potentiel restant pour les autres mesures.

- **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 l'évaluation du potentiel diffère selon le point de vue que l'on adopte ou de la source d'énergie dont on évalue le potentiel. Par exemple, dans l'évaluation du potentiel d'économies d'énergie électrique, l'accroissement de la consommation de gaz naturel ou de mazout suite à l'implantation de mesures d'éclairage ne modifie pas le potentiel de ces mesures. Toutefois, si le bâtiment est chauffé à l'électricité, l'accroissement de la consommation de chauffage électrique suite à l'implantation d'une mesure d'éclairage, va réduire le gain net de cette mesure.

- **Effets cumulatifs :** L'effet cumulatif 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.

- **Renouvellement :** L'analyse du potentiel considère que les mesures adoptées seront renouvelées à la fin de leur durée de vie utile, et ce, au même coût.

Facteurs non considérés :

- **Effet d'effritement** : L'abandon d'une mesure d'efficacité énergétique avant la fin prévue de sa vie utile n'a pas été considéré ainsi que le relâchement des habitudes des économies d'énergie des utilisateurs après l'adoption de mesures d'efficacité.
- **Autres effets** : Les réductions de potentiel qui sont parfois observables sur certains équipements efficaces pendant leur durée de vie [4] et qui réduisent leur impact énergétique ne sont pas considérées. À titre d'exemple, l'encrassement des surfaces d'un échangeur réduit son rendement et sa durée de vie.

Ces effets non considérés dans l'évaluation du potentiel peuvent cependant avoir un impact sur la réalisation du potentiel à long terme et touchent particulièrement les mesures associées à des comportements, telles les mesures d'optimisation d'opération par un système de gestion de l'énergie SGE.

1.5 Autres considérations

Sélection des mesures

Il existe un grand nombre d'actions et de mesures envisageables pour réduire la consommation d'énergie des bâtiments commerciaux. Bien souvent, les mesures implantées sont particulières à chacun des bâtiments. Toutefois, ces mesures ont normalement plusieurs caractéristiques communes. Par exemple, la réduction de la densité de puissance d'éclairage atteint normalement le même objectif dans tous les bâtiments, soit de réduire la puissance installée d'éclairage, mais sera implantée de manière variable selon la vocation du bâtiment et le type d'éclairage déjà installé (ex. éclairage à la tâche, installation de luminaire efficace...).

Les mesures considérées dans l'analyse sont celles les plus représentatives et les plus répandues tout en rencontrant les critères mentionnés à la section 1.1. Certaines mesures doivent être interprétées comme des mesures de type générique qui peuvent être implantées de différentes façons, et par l'intermédiaire de différentes technologies, selon chaque cas spécifique.

Dans ces cas, l'étude vise à déterminer l'impact énergétique probable des mesures à un coût typique. Par exemple, la réduction de la consommation pour la force motrice de ventilation peut s'implanter de plusieurs façons, soit, par exemple, par une amélioration de l'efficacité des moteurs, soit par la

réduction de la pression statique des systèmes, soit par un meilleur dimensionnement du moteur et du ventilateur, soit par l'utilisation de ventilateurs efficaces, soit par l'entretien des courroies, etc. Chaque bâtiment doit faire l'objet d'une évaluation spécifique pour déterminer le type de mesures pouvant y être appliqué.

Il serait impossible dans le cadre de ce projet de procéder à l'évaluation de toutes les combinaisons de ces mesures. Un impact moyen sur l'efficacité globale du système, basé sur des consultations avec des intervenants et des revues de la littérature, a alors été utilisé.

Les résultats offrent alors une évaluation des gains possibles pouvant être exploités pour un usage donné. Les moyens techniques pour exploiter ce potentiel seront toutefois variables en pratique.

1.5.1 Appel de puissance

L'évaluation du potentiel n'aborde pas directement l'impact des mesures en terme d'appel de puissance. Ce facteur peut toutefois être significatif quant à l'utilité réelle de certaines mesures et il a souvent un impact important sur la rentabilité de la mesure du point de vue du client. Cela s'applique principalement aux mesures concernant la réduction des températures de consigne en période inoccupée.

L'impact sur l'appel de puissance a cependant été traité au niveau de l'évaluation de la rentabilité économique des mesures pour le client (PRI, VAN).

1.5.2 Substitution d'une source d'énergie vers une autre source d'énergie

Aucune mesure de transfert entre le gaz naturel, le mazout, la biomasse et l'électricité n'a été considérée. De plus, l'étude ne traite pas les cas d'auto-production par le consommateur avec possibilité de revente au distributeur lorsque la production dépasse les besoins (cogénération).

1.5.3 Client non-TAE

Puisque l'évaluation du potentiel se base essentiellement sur la rentabilité du point de vue du distributeur d'électricité, tous les bâtiments utilisant du chauffage non-électrique ont été traités comme étant au gaz naturel. Les calculs de rentabilité du point de vue du client se basent sur le tarif du gaz naturel. La rentabilité des mesures du point de vue du client pour un bâtiment

utilisant le mazout devrait alors faire l'objet d'une correction en fonction du coût de cette source.

1.6 Aperçu global du potentiel

Le tableau 2 présente une synthèse du potentiel pour l'électricité du point de vue du Distributeur, sur des horizons de 5 ans et 10 ans ainsi qu'une comparaison avec les résultats de l'étude de 1992. Les résultats démontrent une baisse marquée du potentiel entre 1992 et 2001.

Cette modification du potentiel provient d'une combinaison de plusieurs facteurs faisant l'objet d'une présentation plus détaillée à la section 5. Toutefois, les facteurs prépondérants dans la réduction observée se situent au niveau de la revue du portefeuille de mesures traitées, de la réévaluation des économies unitaires attribuables aux mesures, de la mise à jour des marchés (i.e. nombre d'abonnements par marché) et des mesures ayant déjà été implantées.

La différence entre les potentiels horizon 5 ans et horizon 10 ans, au tableau 2, est attribuable au nombre de remplacements d'équipements à la fin de leur durée de vie utile, au nombre de rénovations considérées sur l'enveloppe thermique des habitations ainsi qu'à la croissance du parc due essentiellement à la nouvelle construction.

Tableau 2 : Potentiel technico-économique d'efficacité énergétique pour l'électricité – marchés commercial et institutionnel – horizon de 5 et 10 ans

Usage	Consommation TWh, 2000 ¹	Potentiel TWh, 1992	Potentiel 5 ans - TWh, 2001 ²	Différence, TWh	Potentiel 10 ans - TWh, 2001 ²
Chauffage de locaux	7,3	1,30	1,14	-0,16	1,62
Chauffage de l'eau	1,3	0,20	0,09	-0,11	0,13
Éclairage	8,7	2,20	1,08	-1,12	1,40
Force motrice, réfrigération et climatisation ²	6,2	1,90	0,58	-1,32	0,87
Autres	3,2	0,80	0,00	-0,80	0,00
Nouvelle construction	- ³	1,00	- ³	-1,00	- ³
Total	26,7	7,40	2,89	-4,51	4,02

1 : Répartition estimée [21].

2 : Certaines mesures ayant un impact combiné sur le chauffage, la climatisation et la ventilation sont incluses uniquement dans l'usage chauffage.

3 : Nouvelle construction incluse à l'intérieur de chacun des usages pour un total de 0,38 TWh sur 5 ans.

Tableau 3 : Potentiel technico-économique d'efficacité énergétique pour l'électricité
– par vocation – marchés commercial et institutionnel – horizon de 5 ans

Vocation	Consommation ¹	Potentiel
	GWh	GWh
Grands bureaux	1805	149
Moyens bureaux	1367	80
Petits bureaux	2017	213
Supermarchés	1390	181
Restaurant/bar	739	54
Restauration rapide	1410	97
Hôtel	643	63
Petit hôtel/motel	526	52
Centres commerciaux	816	78
Vente au détail – gros	227	27
Vente au détail – petit	5133	513
Vente de produits alimentaires	1684	257
Activités de loisirs intérieurs avec piscine	87	31
Activités de loisirs intérieurs sans piscine	1031	139
Activités de loisirs extérieurs	260	60
Arénas	425	66
Station services avec salle de mécanique	73	6
Vente de véhicules	918	33
Entrepôts secs	1592	87
Entrepôts réfrigérés	63	11
Sous-total commercial	22206	2198
École primaire	788	72
École secondaire	692	66
Polyvalente	345	72
Petit CEGEP/Université	730	65
Grand CEGEP/Université	110	10
Grands hôpitaux	1050	167
Petits hôpitaux/soins longue durée	439	43
Grand lieu de culte	205	101
Petit lieu de culte	89	4
Sous-total institutionnel	4448	599
Total CI	26655	2797²

1 : Consommation estimée sur la base de la consommation du parc [21] et de la répartition obtenue lors des simulations.

2 : S'ajoute à ce total 92 GWh pour l'éclairage public, les indicateurs de sortie et les robinets à faible débit évalués à l'extérieur des segments types.

2.0 Méthodologie

La méthodologie adoptée lors de cette mise à jour du potentiel diffère de celle employée en 1992. L'approche retenue est de type micro-analytique qui consiste à définir, pour chaque marché ou segment de marché, un certain nombre de bâtiments types et à appliquer les mesures d'efficacité énergétique sur ceux-ci. Par la suite, les économies réalisées sont étendues à l'ensemble du parc que représente ce bâtiment type.

L'avantage de cette approche est de permettre de quantifier facilement la rentabilité des mesures en terme de potentiels technique et technico-économique. Le calcul du coût unitaire de l'énergie économisée est facilité par la définition précise d'applications types.

L'approche micro-analytique exige une bonne connaissance du marché tant du point de vue statistique que technique.

Dans les marchés commercial et institutionnel, l'approche micro-analytique requiert un nombre élevé de bâtiments types. Il est possible de réduire le nombre de bâtiments types mais cela peut aller au détriment de la fiabilité de l'analyse. Toutefois, un nombre trop élevé de bâtiments exige de longs délais d'évaluation ainsi qu'une collecte de données encore plus importante pour définir chaque bâtiment type de manière appropriée.

Avant de multiplier directement les économies d'énergie de la mesure par le nombre de bâtiments semblables sur le marché, nous devons tenir compte de certains facteurs qui réduisent le potentiel :

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

Ces effets sont intégrés à l'analyse du potentiel en réduisant le marché disponible pour la mesure considérée.

Suite à la définition des segments de marché et des bâtiments types qui leur sont associés, il est nécessaire de procéder à l'évaluation des économies d'énergie attribuables aux mesures applicables à un segment de marché donné.

L'évaluation des économies d'énergie (gains unitaires) associées aux diverses mesures a été effectuée à l'aide de simulations par ordinateur pour chaque bâtiment type.

2.1 Modélisation énergétique des bâtiments

L'utilisation d'une modélisation du bâtiment par ordinateur s'avère le moyen privilégié pour effectuer l'évaluation des gains unitaires des mesures à moins de posséder des données sur l'effet de chacune des mesures considérées pour chaque bâtiment type défini. Comme cette information n'était pas disponible, l'approche par modélisation a été retenue.

L'outil de modélisation adopté dans le cadre du projet est DOE2.1e. Ce programme de simulation est le plus répandu en Amérique du Nord pour la modélisation énergétique de bâtiments commerciaux et il est en utilisation depuis 1980. Le logiciel DOE2.1e est également l'outil de simulation utilisé par le logiciel EE4 dans le cadre du programme fédéral d'efficacité énergétique dans le marché commercial (PEBC-Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux). Le logiciel DOE2.1e permet une modélisation détaillée, heure par heure, d'un bâtiment, qui tient compte de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- Détails de l'architecture : forme, orientation, ombrage, nombre d'étages, fenestration, type de construction.
- Utilisation des espaces dans le bâtiment (entrepotage, bureaux, aire de circulation, vestibules, etc.), zones thermiques spécifiques (climatisées et non climatisées).
- Occupation et horaire d'exploitation du bâtiment sur une base quotidienne, hebdomadaire et mensuelle, et ce, pour plusieurs usages (éclairage, ventilation, eau chaude, climatisation, chauffage).
- Configuration détaillée des systèmes de CVC et de leurs contrôles.
- Traitement zone par zone de l'éclairage, du nombre d'occupants, du taux d'infiltration, de la présence d'équipements (ex. ordinateurs, cuisson).

L'utilisation de DOE2.1e ne demande qu'une description physique et opérationnelle du bâtiment concerné et n'impose pas de spécifier des paramètres empiriques tels des facteurs d'utilisation¹ ou des facteurs de coïncidence² souvent requis dans des modèles simples.

¹Facteur d'utilisation : fraction d'utilisation d'un équipement, sur une base mensuelle ou annuelle, calculée comme étant le rapport "consommation de l'équipement sur une période donnée" divisée par la "consommation maximale possible sur la même période".

²Facteur de coïncidence : Fraction de la puissance installée d'un équipement électrique qui se retrouve sur la pointe électrique appelée du bâtiment, sur une base mensuelle ou annuelle.

2.2 Procédure de modélisation des bâtiments et des mesures

L'utilisation d'un outil de modélisation détaillé tel DOE2.1e demande de définir les bâtiments types avec un niveau de détail relativement élevé. Il s'agit de l'étape initiale du projet. La section 3.2 présente les différents bâtiments types retenus pour l'analyse du potentiel. Après avoir établi les paramètres d'un bâtiment type, celui-ci sert à définir un fichier d'entrée de DOE2.1e, comme s'il s'agissait d'un bâtiment réel.

Le bâtiment est initialement défini comme étant aussi énergivore que possible par catégorie de vocation. Cette façon de procéder permet d'obtenir une évaluation de la consommation du bâtiment type, débutant avec le pire des cas et s'améliorant au fur et à mesure que des mesures sont implantées.

À partir de ce bâtiment inefficace, des mesures d'efficacité énergétique sont appliquées successivement et cumulativement jusqu'à ce que toutes les mesures considérées pour la vocation donnée soient implantées. Cette procédure vise à balayer le plus grand nombre de configurations possibles de bâtiments pour un segment donné. En effet, l'application d'une mesure dans le bâtiment de base équivaut à définir un nouveau bâtiment.

L'ordre d'implantation des mesures peut avoir une influence sur le gain de celles-ci; il est important d'effectuer l'implantation successive des mesures dans un ordre logique. La procédure adoptée a alors été d'implanter les mesures dans un ordre décroissant de rentabilité pour le client, pour un usage donné.

Une autre option aurait été d'évaluer plusieurs combinaisons de mesures, mais le nombre possible de combinaisons de mesures et de bâtiments types rend cette avenue impraticable.

Suite à la définition du fichier d'entrée de base pour DOE2, pour un bâtiment donné, une simulation annuelle est effectuée afin d'en vérifier la consommation unitaire (i.e. en kWh- eq/m^2 , toutes sources confondues) et de la comparer à l'information disponible dans la littérature [16, 17, 19, 22, 23, 26, 57] pour des bâtiments de consommation moyenne du même segment de marché.

La consommation du cas de base doit toujours être supérieure à la moyenne des bâtiments du segment étant donné que ce bâtiment de base est dépourvu de toute mesure d'efficacité énergétique. Après cette vérification, les mesures sont introduites les unes après les autres et de nouveaux fichiers d'entrée DOE2.1e sont créés pour chaque mesure.

Les résultats des simulations ont été également analysés afin de vérifier la consommation unitaire du bâtiment type final, suite à l'implantation de toutes

les mesures, pour s'assurer que celle-ci soit effectivement inférieure à la moyenne du segment visé. Cette procédure permet de vérifier la représentativité globale des bâtiments types utilisés dans l'analyse.

Suite aux simulations, les gains énergétiques attribuables à chaque mesure, pour chaque bâtiment type, sont disponibles ainsi que l'impact des mesures sur la facture du client. Cet impact considère tant la réduction de consommation électrique que les changements à l'appel de puissance ou à la consommation de combustible.

2.3 Compilation du potentiel sur l'ensemble du parc

Le potentiel technico-économique doit être généré à partir d'un grand nombre d'informations provenant des simulations horaires de DOE2.1e. Chacun des fichiers servant à modéliser une mesure pour chaque bâtiment type doit se voir rattaché à un segment de marché représentatif. Par exemple, le cas de base d'un bâtiment très inefficace n'est représentatif que d'une faible portion du parc, et chaque mesure appliquée par la suite est déjà adoptée par une certaine portion de ce même parc.

Afin d'obtenir le potentiel, il est nécessaire de combiner les données techniques des simulations à des données de marché relatives aux différentes mesures étudiées.

Lorsque l'ensemble de l'information est définie, il est alors possible d'obtenir le potentiel en triant toutes les mesures répondant au critère de rentabilité. Il est à noter que le niveau du critère de rentabilité change selon l'usage touché par la mesure et le tarif d'électricité des abonnés.

Plusieurs mesures ont toutefois un impact sur plusieurs usages. Par exemple, l'arrêt de la ventilation mécanique en période d'inoccupation permet d'économiser de l'énergie sur la consommation de chauffage ainsi que celle de la force motrice. Dans de tels cas, le coût relatif à l'usage pour lequel les économies étaient les plus élevées a été retenu.

2.4 Concepts utilisés

Il est important de bien établir les concepts sur lesquels sont basés l'établissement du potentiel d'économie d'énergie. À cette fin, une brève description des concepts de base est présentée. L'annexe B présente également un court glossaire des principaux termes techniques reliés à l'évaluation du potentiel.

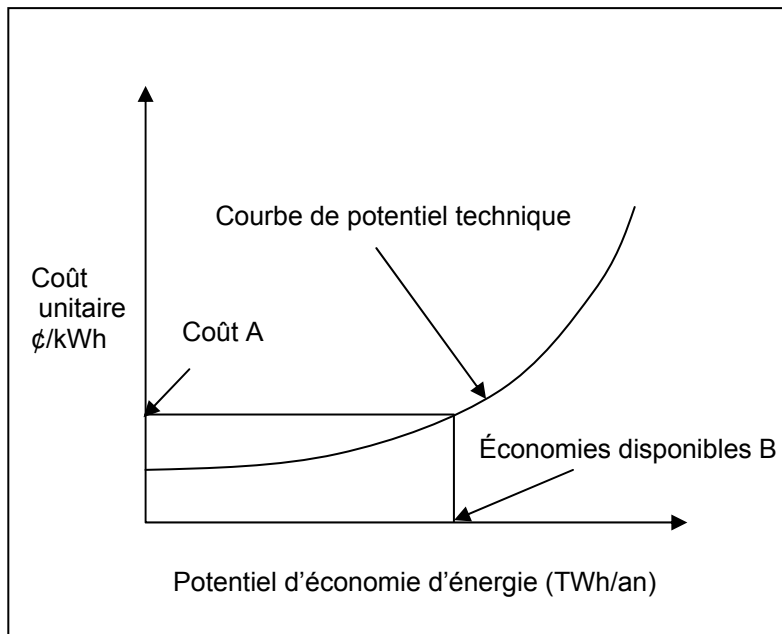
2.4.1 Potentiel technique

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 disponibles serait implanté instantanément à l'ensemble des installations du marché. Il constitue donc le maximum absolu que peut atteindre un programme d'efficacité énergétique dans le marché.

Une représentation graphique du potentiel technique permet de présenter les économies d'énergie maximales disponibles pour un coût unitaire donné de mesures d'économie d'énergie. La figure 1 illustre une courbe théorique de *potentiel technique*.

Figure 1 : Courbe de potentiel technique



Ainsi, sur la figure 1, un total de **B** TWh d'économies d'énergie serait disponible pour un coût unitaire de mesures inférieur ou égal **A** ϕ /kWh.

2.4.2 Potentiel technico-économique

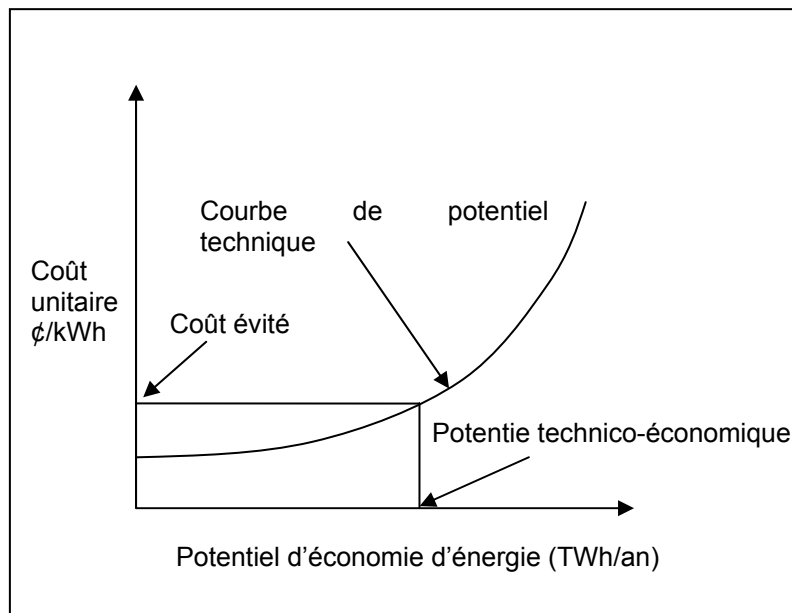
Le *potentiel technico-économique* représente les économies d'énergie associées à l'implantation des mesures disponibles partout où cela est techniquement possible et économiquement rentable de la faire, sans tenir compte de l'acceptation des mesures par les consommateurs.

Partant du potentiel technique, le *potentiel technico-économique* représente la sommation des économies d'énergie qui seraient disponibles à un coût unitaire inférieur ou égal au coût évité 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, c'est pourquoi le potentiel technico-économique doit être évalué par usage. De plus, dans une vocation donnée et pour un usage donné, les coûts unitaires des mesures peuvent varier d'un client à un autre. Une segmentation doit alors être utilisée afin d'obtenir des valeurs de potentiel technico-économique valides.

Le potentiel technico-économique est obtenu à partir d'une courbe de potentiel technique, tel qu'illustré à la figure 2.

Figure 2 : Détermination du potentiel technico-économique.



Cette illustration représente le cas le plus simple de détermination de potentiel technico-économique.

3.0 Segmentation des marchés commercial et institutionnel

Les marchés commercial et institutionnel présentent une grande variété de clients dont les vocations sont très différentes.

Dans ces marchés, la consommation d'énergie est souvent reliée de plus près à la vocation qu'au type de construction des bâtiments, contrairement au marché résidentiel. Ainsi, un supermarché aura toujours une intensité énergétique (kWh/m²) largement supérieure à celle d'un petit bureau, due à la présence de nombreux équipements de réfrigération.

Afin d'arriver à définir des bâtiments types représentatifs, il est essentiel de segmenter le parc selon ses vocations principales. À cette fin, plusieurs sources d'information ont été consultées. Les documents [14, 15, 21] ont servi de base dans la répartition de la consommation par vocations composant les marchés commercial et institutionnel. La superficie totale du parc a été établie en se basant sur les données de la référence [21] tel que présenté au tableau 4.

Certaines vocations particulières ont par la suite fait l'objet d'ajustements basés sur des données sectorielles. C'est notamment le cas de l'éducation, de l'hôtellerie et de la santé [16, 17, 18, 19, 20].

Tableau 4 : Consommation et superficie estimées du parc commercial et institutionnel

Vocation principale	Superficie	Consommation de la vocation
Commercial	Millions m ²	GWh/an
Hôtellerie	5,2	1172
Restauration	5,9	2154
Petit Bureau	8,8	2021
Grand Bureau	15,2	3281
Centre commercial	28,1	7879
Vente au détail de produits alimentaires	2,4	1394
Entreposage et commerce de gros	10,7	1660
Service automobile	4,4	993
Loisir	8,3	1651
<i>Sous-total commercial</i>	89,0	22204
Institutionnel		
Écoles maternelles, primaires et spécialisées	8,2	790
Écoles secondaires, CEGEP/collège et université	13,4	1874
Hôpital	5,3	1053
Autre service de santé	3,7	440
Lieu de culte	4,5	294
<i>Sous-total institutionnel</i>	35,1	4451
TOTAL	124,1	26655

Les lignes directrices adoptées pour la définition de la segmentation sont les suivantes :

- elle doit reproduire la superficie du parc étudié;
- elle doit contenir un nombre suffisant de vocations afin de permettre de reproduire de façon suffisamment précise la consommation du parc;
- la segmentation doit permettre de saisir les différents usages des bâtiments et leur intensité énergétique respective;
- la segmentation doit respecter le plus possible celle utilisée par Hydro-Québec dans ses bases de données et celle utilisée pour ses études antérieures.

Ces critères permettent de s'assurer que les paramètres de base utilisés dans le projet n'excèdent pas les valeurs réelles (taille et consommation).

La segmentation utilisée dans le projet est présentée au tableau 5.

Tableau 5 : Segmentation utilisée pour l'analyse du potentiel

Vocation	Superficie moyenne	Superficie du segment
	m ²	Million m ²
Hôtellerie et restauration		
Hôtel	12550	3,0
Petit hôtel/motel	2162	2,2
Restaurant/bar	540	5,0
Restauration rapide	300	0,9
Bureaux et services		
Petits bureaux/services	354	8,8
Moyens bureaux	3500	5,2
Grands bureaux	20000	10,1
Commerces de détail		
Centre commercial	20000	2,8
Supermarché	5017	2,4
Vente de produits alimentaires	200	2,1
Vente au détail – gros	10000	1,1
Vente au détail – petit	331	22,1
Loisirs		
Activités de loisirs intérieurs avec piscine	2500	0,9
Activités de loisirs intérieurs sans piscine	1126	5,6
Activités de loisirs extérieurs	200	0,5
Aré纳斯	3000	1,3
Services à l'automobiliste		
Station services avec salle de mécanique	500	4,0
Vente de véhicules	2429	0,4
Entreposage		
Standard	550	10,4
Réfrigéré	5000	0,4
Institutionnel		
Petit lieu de culte	307	0,5
Grand lieu de culte	2000	4,0
Petits hôpitaux/soins longue durée	11737	3,7
Grands hôpitaux	46808	5,3
École primaire	3000	8,2
École secondaire	5735	7,5
Polyvalente	15520	2,5
Petit CEGEP/Université	2810	2,6
Grand CEGEP/Université	20080	0,8

3.1 Abonnements et Bâtiments

La segmentation présentée au tableau 5 est représentative du parc d'abonnements et non pas du parc de bâtiments. La différence entre le nombre d'abonnements et de bâtiments provient de la présence de plusieurs abonnements (i.e. compteurs) dans un même bâtiment.

La segmentation du tableau 5 réfère à des abonnements pouvant être associés à un bâtiment physique unique ou encore se retrouvant à l'intérieur d'un bâtiment logeant plus d'un abonnement.

Toutefois, dans le cadre de l'analyse du potentiel, chaque abonnement sera associé à un bâtiment dont la taille correspond à celle de l'abonnement, tel qu'indiqué au tableau 5. La désignation « bâtiment » utilisée dans ce projet ne doit donc pas être interprétée comme une équivalence à un bâtiment individuel mais plutôt aux locaux hébergeant un abonnement.

Nous estimons que dans la réalité, les abonnements au tarif M correspondent en moyenne à 1 seul bâtiment et que les abonnements au tarif G correspondent à 0,6 bâtiments [14, 15].

3.2 *Élaboration des bâtiments types*

Chacun des segments du tableau 5 se voit attribuer un bâtiment type qui comprend toutes les caractéristiques rencontrées généralement dans un bâtiment, dont :

- Superficie moyenne
- Répartition de la superficie selon les différentes utilisations de l'espace (ex. aire de vente, aire de bureau, salle de bain, vestibule,...)
- Taux d'occupation selon l'espace
- Types de système de chauffage et source d'énergie
- Présence et types de ventilation mécanique
- Présence et types de climatisation mécanique
- Présence et types d'humidification
- Présence et types d'équipements de cuisson et de réfrigération
- Charges aux prises (ex. ordinateurs, imprimantes,...)
- Types et niveaux d'éclairage selon les espaces
- Horaire d'exploitation du commerce ou de l'institution
- Horaire d'utilisation des systèmes mécaniques
- Horaire d'utilisation de l'eau chaude sanitaire (ECS)
- Horaire d'utilisation de l'éclairage
- Caractéristiques de l'enveloppe (surface de murs, de fenêtres, niveau d'isolation, ...)

Plusieurs études ont été consultées afin de définir les différentes caractéristiques des bâtiments [14, 15, 24 à 36, 40]. De plus, des contacts auprès de ressources spécialisées ont également été effectués afin de compléter certains aspects des bâtiments types, dont l'éclairage et les types de système mécanique [37,38, 39].

Ces bâtiments de base n'incluent aucune mesure d'efficacité énergétique et sont dotés d'une enveloppe thermique minimale, tel que décrit à la section 2.2. Il est à noter que certains segments ont été subdivisés en deux afin de traiter plus d'un système mécanique ou de différencier certains paramètres importants, tels que l'achalandage dans un restaurant. Le tableau 6 présente les segments qui ont été subdivisés en plusieurs bâtiments.

Tableau 6 : Segments représentés par plus d'un bâtiment type

Vocation	Raison de la subdivision
École primaire	Un bâtiment avec ventilation mécanique et un sans ventilation mécanique
Polyvalente/grand CEGEP	Deux systèmes mécaniques : double gaine et deux tuyaux
Restaurant service rapide	Départagé en restaurants à haut et à bas volume (nombre de mets servis)
Restaurant familial et bar	Un bâtiment de type restaurant et un de type bar
Grands bureaux	Deux types de systèmes mécaniques : double gaine et deux tuyaux
Moyens bureaux	Deux types de systèmes mécaniques : unité de toit à volume constant et système à volume variable
Petits bureaux	Deux types de systèmes mécaniques : unité de toit et fournaise à air chaud

La vaste majorité des bâtiments types ont également été modélisés selon deux configurations de source principale de chauffage, soit TAE (tout à l'électricité) et non-TAE. Les bâtiments TAE n'ont aucune autre source pour le chauffage et l'eau chaude que l'électricité, mais ils peuvent utiliser du gaz naturel ou du gaz propane pour la cuisson.

Les bâtiments non-TAE ont nécessairement une source non-électrique pour le chauffage, mais peuvent également avoir du chauffage électrique.

3.3 Mesures d'économie d'énergie

Suite à la définition des bâtiments types de la segmentation, il s'agit alors de définir les mesures d'économie d'énergie qui doivent être évaluées dans l'analyse du potentiel. Les mesures doivent correspondre aux critères de base énumérés à la section 1. Sur la base de ces critères, d'une revue de la littérature et d'une recherche sur Internet, une liste de mesures a été établie. Les mesures retenues pour l'analyse du potentiel sont les suivantes :

- 1- Amélioration de l'isolation des murs
- 2- Amélioration de l'isolation des toits
- 3- Amélioration à la fenestration
- 4- Réduction de l'infiltration dans le bâtiment
- 5- Installation de vestibules

- 6- Réduction de l'infiltration aux portes piétonnières
- 7- Réduction de la température des vestibules*
- 8- Réduction de la température des escaliers de service*
- 9- Optimisation du temps d'éclairage*
- 10-Optimisation du temps de fonctionnement de la ventilation*
- 11-Contrôle de l'apport d'air neuf en période d'inoccupation*
- 12-Contrôle de l'apport d'air neuf par sonde de CO₂*
- 13-Amélioration à l'efficacité des systèmes de pompage
- 14-Amélioration à l'efficacité des systèmes de ventilation
- 15-Entraînement à vitesse variable pour les pompes
- 16-Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs
- 17-Conversion des systèmes à volume constant en volume variable
- 18-Remplacement des luminaires incandescents par les fluorescents compacts
- 19-Remplacement des luminaires incandescents par des halogènes
- 20-Remplacement des luminaires incandescents par des halogènes IR
- 21-Remplacement des fluorescents 34 W par des T8 de 32 W avec ballast électronique
- 22-Réduction de la densité de puissance d'éclairage (modification à la conception du système d'éclairage)
- 23-Sonde d'éclairage naturel
- 24-Optimisation du contrôle des ventilateurs d'extraction*
- 25-Optimisation du contrôle des hottes de cuisson*
- 26-Appareils de cuisson à haute efficacité
- 27-Optimisation du contrôle de l'humidité*
- 28-Récupération de chaleur sur l'air évacué (VRC)
- 29-Pompes à chaleur géothermique
- 30-Murs solaires
- 31-Équipements de bureaux efficaces
- 32-Abaissement de la température du bâtiment en période inoccupée*
- 33-Isolation du système d'eau chaude domestique
- 34-Pompe à chaleur pour l'eau chaude domestique
- 35-Tour d'eau à haute efficacité
- 36-Refroidisseur d'eau à haute efficacité
- 37-Unité de toit à haute efficacité
- 38-Thermostats précis*
- 39-Vanne de courant sur les serpentins électriques*
- 40-Récupération de chaleur des condenseurs des systèmes de réfrigération
- 41-Plafond à faible émissivité
- 42-Optimisation de la température d'alimentation de l'air*
- 43-Réduction du débit des robinets
- 44-Clapets de retenue étanches au sélecteur de douche
- 45-Lampe sodium dans les stationnements

* Mesures fréquemment implantées par l'intermédiaire d'un système de gestion de l'énergie (SGE)

- 46-Utilisation d'une couverture pour couvrir la surface d'eau des piscines intérieures
- 47-Robinets de douche temporisés
- 48-Indicateurs de sortie de type LED
- 49-Cellules haute efficacité pour l'éclairage public
- 50-Compresseurs de réfrigération à haut rendement
- 51-Réduction de la pression de refoulement des compresseurs de réfrigération
- 52-Ajustement de la température de la chaudière selon la température extérieure
- 53-Fenêtres avec film réfléchissant
- 54-Comptoirs réfrigérés à haute efficacité
- 55-Contrôle de l'éclairage des comptoirs réfrigérés
- 56-Hotte de cuisine avec récupération de chaleur
- 57-Réduction de l'infiltration aux portes de garage
- 58-Optimisation des gains solaires passifs

Chacune de ces mesures ne s'applique pas nécessairement à chaque bâtiment type. Le tableau 7 présente les mesures selon le bâtiment type.

La liste des mesures utilisée pour l'analyse du potentiel n'est pas exhaustive. Plusieurs autres mesures, souvent équivalentes, existent pour réduire la consommation d'énergie. Toutefois, cette liste comporte l'essentiel des mesures pouvant être appliquées à grande échelle et ce, à l'intérieur de l'horizon de l'analyse (5 ans et 10 ans). De plus, la méthodologie d'analyse implique que les mesures considérées sont implantées sur la totalité du parc. Dès lors, l'ajout de mesures additionnelles, mais équivalentes ou quasi-équivalentes ne modifie pas le potentiel (effet d'écrémage) en autant que le coût de la mesure équivalente ne soit pas inférieur à la mesure traitée dans l'analyse.

En considérant tous les bâtiments types selon les différentes sources d'énergie, le nombre total de mesures évaluées dans l'analyse du potentiel s'élève à près de 2000.

Tableau 7 : Mesures applicables selon le bâtiment type.

	École primaire	Petite école secondaire	Polyvalente/Grand CEGEP	Petit CEGEP/Université	Grande université	Grands hôpitaux	Petit établissement de santé	Grand lieu de culte	Petit lieu de culte	Grands bureaux	Moyens bureaux	Petits bureaux	Supernarchés	Restaurant service rapide	Restaurant familial et bars	Hôtel/motel - petit	Hôtel - grand	Centres commerciaux	Magasin de détail – grand	Magasin de détail – petit	Magasin de produits alimentaires	Loisir - avec piscine	Loisir - intérieur	Loisir - extérieur	Arénas	Concessionnaire	Garage	Entrepôts secs	Entrepôts réfrigérés
Chauffage																													
Amélioration de l'isolation des murs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Amélioration de l'isolation des toits	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Amélioration à la fenestration	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Abaissement de la température du bâtiment en période inoccupée*			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Réduction de l'infiltration au bâtiment	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Installation de vestibules	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Réduction de l'infiltration aux portes piétonnières	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Réduction de la température des vestibules*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Réduction de la température des escaliers de service*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Récupération de chaleur sur l'air évacué (VRC)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pompes à chaleur géothermique	X	X	X	X																									
Murs solaires	X	X	X	X																									
Contrôle de l'apport d'air neuf par sonde de CO ₂ *	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Optimisation du temps de fonctionnement de la ventilation*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Contrôle de l'apport d'air neuf en période d'inoccupation*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Optimisation du contrôle des ventilateurs d'extraction*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Thermostats précis*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vanne de courant sur les serpentins électriques*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ajustement de la température de la chaudière selon la température extérieure	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fenêtres avec film réfléchissant														X	X														

	École primaire	Petite école secondaire	Polyvalente/Grand CEGEP	Petit CEGEP/Université	Grande université	Grands hôpitaux	Petit établissement de santé	Grand lieu de culte	Petit lieu de culte	Grands bureaux	Moyens bureaux	Petits bureaux	Supermarchés	Restaurant service rapide	Restaurant familial et bars	Hôtel/motel - petit	Hôtel - grand	Centres commerciaux	Magasin de détail – grand	Magasin de détail – petit	Magasin de produits alimentaires	Loisir - avec piscine	Loisir - intérieur	Loisir - extérieur	Concessionnaire	Garage	Entrepôts secs	Entrepôts réfrigérés
Hotte de cuisine avec récupération de chaleur														X	X													
Récupération de chaleur des condenseurs des systèmes de réfrigération													X	X	X						X				X			X
Optimisation du contrôle des hottes de cuisson*			X	X	X									X	X													
Force Motrice																												
Amélioration à l'efficacité des systèmes de pompage	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Amélioration à l'efficacité des systèmes de ventilation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Entraînement à vitesse variable pour les pompes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs			X	X	X					X																		
Robinets de douche temporisés	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Conversion des systèmes à volume constant en volume variable			X	X	X					X																		
Éclairage																												
Remplacement des luminaires incandescents par les fluorescents compacts	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Remplacement des luminaires incandescents par des halogènes														X	X													
Remplacement des luminaires incandescents par des halogènes IR														X	X													
Remplacement des fluorescents 34 W par des T8 de 32 W avec ballast électronique	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Réduction de la densité de puissance d'éclairage (modification à la conception du système d'éclairage)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sonde d'éclairage naturel														X														
Lampe sodium dans les stationnements	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Indicateurs de sortie de type LED	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cellules haute efficacité pour l'éclairage public	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Optimisation du temps d'éclairage*						X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	École primaire	Petite école secondaire	Polyvalente/Grand CEGEP	Petit CEGEP/Université	Grande université	Grands hôpitaux	Petit établissement de santé	Grand lieu de culte	Petit lieu de culte	Grands bureaux	Moyens bureaux	Petits bureaux	Supermarchés	Restaurant service rapide	Restaurant familial et bars	Hôtel/motel - petit	Hôtel - grand	Centres commerciaux	Magasin de détail – grand	Magasin de détail – petit	Magasin de produits alimentaires	Loisir - avec piscine	Loisir - intérieur	Loisir - extérieur	Concessionnaire	Garage	Entrepôts secs	Entrepôts réfrigérés
Autres																												
Appareils de cuisson à haute efficacité														X														
Compresseurs de réfrigération à haut rendement													X								X				X			X
Réduction de la pression de refoulement des compresseurs de réfrigération													X								X			X				X
Optimisation du contrôle de l'humidité*			X	X																	X				X			
Équipements de bureaux efficaces	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Comptoirs réfrigérés à haute efficacité													X								X							
Utilisation d'une couverture pour couvrir la surface d'eau des piscines intérieures																						X						
Contrôle de l'éclairage des comptoirs réfrigérés													X								X							
Plafond à faible émissivité																									X			
Eau chaude																												
Isolation du système d'eau chaude domestique	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Réduction du débit des robinets	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Clapets de retenu étanches au sélecteur de douche	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pompe à chaleur pour l'eau chaude domestique				X																								
Climatisation																												
Tour d'eau à haute efficacité			X	X	X	X				X																		
Refroidisseur d'eau à haute efficacité			X	X	X	X				X																		
Unité de toit à haute efficacité					X									X														
Optimisation de la température d'alimentation de l'air*			X	X	X					X	X																	

* Mesures fréquemment implantées par l'intermédiaire d'un système de gestion de l'énergie (SGE)

4.0 Technologies émergentes

Lors de la revue de la littérature et d'une recherche sur Internet, certaines mesures émergentes ont été identifiées. Quelques-unes de celles-ci ont été retenues pour être évaluées puisqu'elles rencontraient les critères énumérés à la section 1. Les mesures suivantes peuvent être considérées comme émergentes ou en début de commercialisation :

- Pompes à chaleur géothermique
- Murs solaires
- Contrôle de l'air neuf par sonde de CO₂
- Cellules photo-électriques haute efficacité pour l'éclairage public
- Pompe à chaleur pour l'eau chaude domestique

Plusieurs autres mesures ont été identifiées, mais ne rencontraient pas les critères de l'analyse, particulièrement en ce qui a trait à la disponibilité des mesures sur le marché et à leur fiabilité technologique. Le tableau 8 présente une liste de mesures identifiées, mais non retenues dans l'analyse du potentiel.

Tableau 8 : Mesures émergentes exclues de l'analyse du potentiel

Nom	Description	Commentaire	Référence
Murs neutralisants	Mur vitré à double paroi pour optimiser les gains solaires	Mesure au stade de la démonstration. Le potentiel pour une application à grande échelle sur le parc existant apparaît très limité.	[41]
Fenêtres aérogels	Fenêtres super isolantes	Problème de disponibilité commerciale.	[42]
Fenêtres chromogéniques	Fenêtres à coefficient d'apport solaire variable	Problème de disponibilité commerciale.	[42]
Panneaux isolants évacués	Isolant dont le centre est sous vide offrant des murs à très haute efficacité	Serait apparemment disponible pour les chambres froides. Ce marché est restreint, tel que démontré dans l'analyse du potentiel à la section 5.	[43]
Autoproduction	Production d'électricité photovoltaïque ou par piles à combustible	Les piles n'offrent pas actuellement de produits commercialisables à brève échéance et le photovoltaïque revient à environ 10 \$/kWh.	[44]
Panneaux isolants à gaz inerte	Panneaux isolants préfabriqués dont la section centrale est remplie d'un gaz inerte, tel l'argon, ce qui en augmente la valeur isolante.	Problème de disponibilité commerciale.	[45]
Fluorescent T5	Fluorescent à haute efficacité pouvant remplacer les lampes de type HID (25 pi. et moins de hauteur) ou les T8.	Gain présentement faible par rapport au T8 (32 W vs. 28 W) pour un surcoût significatif (requiert un kit de conversion dans l'existant).	[46, 47]
Lampes aux halogénures métalliques haute efficacité	Lampe aux halogénures ayant un rendement de 35 % supérieur aux produits actuels, avec 150 Lumens/W	Problème de disponibilité commerciale.	[48]
Lampe à induction de type 2-photons	Lampe à induction opérant à très haute fréquence (1000 MHz) avec un rendement possible de 180 Lumens /W	Problème de disponibilité commerciale.	[49]
Lampe au sulfure	Lampe à haut rendement de type ponctuel	Problème de disponibilité commerciale.	[50]
Solaire passif	Exploitation maximale des gains solaires passifs, incluant la modification de la trame urbaine, de la géométrie du bâtiment, des masses thermiques (ex. panneaux à changement de phase)	L'évaluation du potentiel à grande échelle sur la base d'un petit nombre de cas types ou de démonstration est sujette à une grande incertitude. L'exploitation du solaire passif requiert normalement une approche spécifique pour chaque bâtiment tenant compte de sa vocation, son orientation, son environnement, etc. Difficilement applicable de manière optimale dans le parc existant.	[51]

5.0 Le potentiel technico-économique dans les marchés commercial et institutionnel

5.1 Coût marginal de fourniture

Tel qu'indiqué à la section 1, l'évaluation du potentiel technico-économique d'économie d'énergie exige d'établir un critère de rentabilité pour les mesures. Le critère adopté dans l'analyse repose sur le coût marginal de fourniture pour le distributeur.

Le tableau 9 présente les coûts marginaux de fourniture qui ont servi à établir le potentiel. Le coût marginal de fourniture varie selon l'usage qui est fait de l'énergie et le type d'abonnement (i.e. soit G ou M).

Tableau 9 : Coût évité par usage par tarif - électricité

Coût marginal par usage pour chaque tarif et usage		
Tarif	Usages	Coût marginal \$/kWh
Tarif M	Chauffage	0,0582
	Climatisation	0,0190
	Force motrice	0,0458
	Autres	0,0348
Tarif G	Chauffage	0,0604
	Climatisation	0,0194
	Autres	0,0387

Il est à noter que plusieurs mesures ont un impact combiné sur plusieurs usages. Par exemple, l'arrêt de la ventilation en période inoccupée réduit la consommation de chauffage, celle de la force motrice ainsi que celle de la climatisation. Dans de tels cas, l'usage bénéficiant le plus de la mesure, en valeur absolue (i.e. kWh), a été considéré pour l'identification du coût évité applicable.

L'utilisation de coûts évités différents selon l'usage permet de tenir compte de certains facteurs liés à la fourniture d'énergie. Par exemple, les mesures touchant la climatisation ont un coût évité de fourniture inférieur puisque cette consommation survient à un moment où la capacité de production du distributeur n'est pas sollicitée à son maximum, contrairement aux mesures sur le chauffage.

Le taux d'actualisation réel utilisé pour l'évaluation de la rentabilité des mesures est de 5,88 %.

5.2 Tarifs des sources d'énergie

Les tarifs utilisés pour l'évaluation de la rentabilité du point de vue client sont présentés au Tableau 10 [1, 2] et sont étroitement liés aux coûts actuels de ces sources d'énergie. Un taux d'inflation des tarifs de l'énergie de 1 % a été employé dans les calculs de la VAN pour le client.

Tableau 10 : Tarification des sources d'énergie

Tarification des sources d'énergie			
Sources			
Électricité	Moins de 100 kW de puissance appelée – tarif G [1]		
	<i>Catégorie</i>	<i>Gamme</i>	<i>Coût</i>
	Puissance	Toute	13,59 \$/kW
	Énergie	< 11700 kWh/mois	0,0741 \$/kWh
	Énergie	Reste	0,0374 \$/kWh
	Plus de 100 kW de puissance appelée – tarif M [1]		
	<i>Catégorie</i>	<i>Gamme</i>	<i>Coût</i>
	Puissance	Toute	11,97 \$/kW
	Énergie	< 210000 kWh/mois	0,0372\$/kWh
	Énergie	Reste	0,0242 \$/kW
Gaz naturel	Tarif général [2]		
	<i>Catégorie</i>	<i>Gamme</i>	<i>Coût (¢m³)</i>
	Volume soutiré	0 à 3 m ³	51,3
	Volume soutiré	3 à 10 m ³	47,7
	Volume soutiré	10 à 30 m ³	44,9
	Volume soutiré	30 à 100 m ³	42,2
	Volume soutiré	100 à 300 m ³	38,5
	Volume soutiré	300 à 1000 m ³	35,7
	Volume soutiré	1000 à 3000 m ³	33,1
	Volume soutiré	3000 à 10000 m ³	30,9
	Volume soutiré	10000 à 30000 m ³	29,9
	Volume soutiré	30000 à 100000 m ³	29,0
	Volume soutiré	Plus de 100000 m ³	28,5

5.3 Résultats globaux

Les tableaux 11 et 12 reprennent les résultats présentés brièvement à la section 1. De plus, le tableau 12 offre une présentation du potentiel par usage et par vocation alors que le tableau 11 présente les nouveaux marchés séparément. Ces tableaux offrent un sommaire de la mise à jour du potentiel technico-économique pour l'électricité du point de vue du Distributeur obtenu pour les marchés commercial et institutionnel. Les figures 3 à 5 présentent, quant à elles, les courbes de potentiel technico-économique obtenues suite à l'analyse des diverses mesures, regroupées selon l'usage auquel elles s'appliquent.

Tableau 11 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie pour l'électricité – marchés commercial et institutionnel – horizons de 5 et 10 ans

Usage	Consommation TWh, 2000 ¹	Potentiel TWh, 1992	Potentiel 5 ans - TWh, 2001 ²	Différence, TWh	Potentiel 10 ans - TWh, 2001 ²
Chauffage des locaux	7,3	1,30	0,95	-0,35	1,23
Chauffage de l'eau	1,3	0,20	0,08	-0,12	0,11
Éclairage	8,7	2,20	0,95	-1,25	1,13
Force motrice, réfrigération et climatisation ²	6,2	1,90	0,52	-1,38	0,74
Autres	3,2	0,80	0,00	-0,80	0,00
Total	26,7	6,40	2,50	3,90	3,21
Nouveaux marchés					
Chauffage de locaux	-	-	0,19	-	0,39
Chauffage de l'eau	-	-	0,009	-	0,02
Éclairage	-	-	0,13	-	0,27
Force motrice, réfrigération et climatisation ²	-	-	0,06	-	0,13
Autres	-	-	0,00	-	0,00
Total	-	1,00	0,39	-0,61	0,81

1 : Répartition estimée [21].

2 : Certaines mesures ayant un impact combiné sur le chauffage, la climatisation et la ventilation sont incluses uniquement dans l'usage chauffage.

Le potentiel des nouveaux marchés est basé sur la croissance du parc selon les taux de croissance indiqués au tableau 13.

Tableau 12 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie pour l'électricité – par vocation – marchés commercial et institutionnel – horizon de 5 ans

Vocation	Consommation ¹ GWh	Force motrice et		Eau		Total GWh	
		Chauffage GWh	réfrigération GWh	Éclairage GWh	chaude GWh		Climatisation GWh
Grands bureaux	1803	28	109	12	1	0	149
Moyens bureaux	1366	79	0	0	1	0	80
Petits bureaux	2015	99	5	97	11	0	213
Supermarchés	1389	65	78	38	0	0	181
Resto fast food	739	19	3	17	0	15	54
Resto familial & Bars	1408	56	3	34	3	0	97
Hotel – petit	642	8	1	35	19	0	63
Hotel – grand	526	21	11	3	17	0	52
Centres commerciaux	815	28	32	18	0	0	78
Détail – grand	227	6	3	19	0	0	27
Détail – petit	5128	271	7	235	0	0	513
Détails - alimentaire	1683	117	137	3	0	0	257
Loisir – avec piscine	87	13	0	19	0	0	31
Loisir - intérieur	1030	80	4	55	0	0	139
Loisir - extérieur	260	52	4	4	0	0	60
Arénas	425	33	23	5	4	0	66
Concessionnaire	73	1	1	3	1	0	6
Garage	917	18	3	12	0	0	33
Entrepôts secs	1591	55	4	28	0	0	87
Entrepôts réfrigérés	63	1	5	5	0	0	11
Sous-total commercial	22186	1052	432	642	57	15	2198
École primaire	787	10	34	26	1	0	72
École secondaire	692	13	23	28	1	0	66
Polyvalente/CEGEP	345	10	15	47	0	0	72
CEGEP/Université	729	31	12	20	2	0	65
Grande université	110	1	5	4	0	0	10
Hôpitaux	1049	0	33	135	0	0	167
CHSLD	439	15	12	13	4	0	43
Grand culte	205	0	5	96	0	0	101
Petit culte	89	3	0	0	0	0	4
Sous-total institutionnel	4444	85	138	368	8	0	599
Total	26630	1137	570	1078³	89⁴	15	2889²

1 : Consommation obtenue lors des simulations.

2 : Inclut 92 GWh pour l'éclairage public, les indicateurs de sortie et les robinets à faible débit évalués à l'extérieur des segments types.

3 : Inclut 68 GWh pour l'éclairage public et les indicateurs de sortie évalués à l'extérieur des segments types.

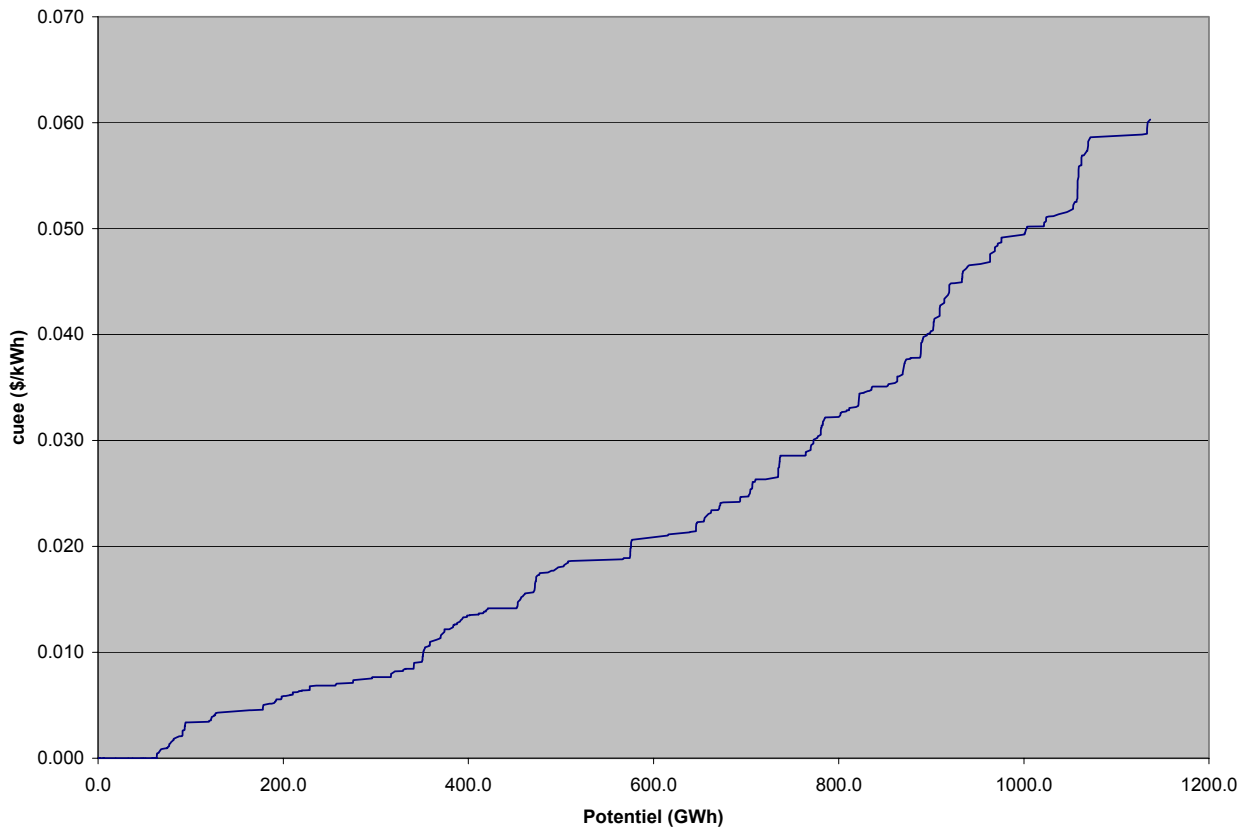
4 : Inclut 23,6 GWh pour les robinets à faible débit évalués à l'extérieur des segments types.

Tableau 13 : Taux de croissance du parc par vocation – horizon de 10 ans

Vocation	Croissance du parc
Hotellerie	2,5%
Restauration	2,5%
Petit Bureau	0,2%
Grand Bureau	0,2%
Centre commercial	1,8%
Vente au détail de produits alimentaires	1,8%
Autre commerce de détail	1,8%
Autre commercial	1,8%
Entreposage et commerce de gros	1,9%
Service automobile	1,0%
Loisir	1,3%
Écoles maternelles, primaires et spécialisées	0,5%
Écoles secondaire, CEGEP/collège et université	0,5%
Hôpital	0,4%
Autre service de santé	0,4%
Lieu de culte	0,0%
Autre institutionnel	1,7%

5.4 Le chauffage des locaux

Figure 3 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie – usage chauffage



Bien que la consommation du marché commercial ne soit pas dominée par le chauffage, contrairement au marché résidentiel, cet usage demeure le plus important au niveau du potentiel. En général, les bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec ont une consommation de chauffage supérieure aux autres usages, toutes sources d'énergie confondues, exception faite de l'éclairage dans certaines vocations.

Les mesures composant le potentiel pour le chauffage sont présentées en ordre décroissant au tableau 14. Il est intéressant de noter que trois des cinq premières mesures du potentiel pour le chauffage ont trait à la réduction de la demande de chauffage attribuable à l'air neuf admis dans les bâtiments. Cette constatation ne constitue toutefois par une surprise importante puisque l'air neuf représente l'élément le plus facile à contrôler au niveau de la charge de chauffage des bâtiments commerciaux. Toutes mesures permettant de réduire cette charge, soit par l'optimisation du volume admis ou la récupération de chaleur, aura un impact important sur le bilan énergétique d'un bâtiment.

Globalement, le potentiel réside au niveau de l'optimisation du contrôle des équipements de CVC et dans une utilisation accrue d'appareils de récupération de chaleur soit sur l'air évacué ou sur les équipements de réfrigération.

Les principales mesures du potentiel sont décrites dans les sections suivantes avec certaines indications relatives à leur méthode d'implantation et aux contraintes reliées à celles-ci.

Tableau 14 : Mesures composant le potentiel pour le chauffage

Chauffage	Mesure	Potentiel GWh
	Abaissment de la température du bâtiment en période inoccupée *	198
	Contrôle de l'air neuf par sonde de CO2 *	159
	VRC	131
	Arrêt de la ventilation en période inoccupée*	112
	Récupération de la chaleur des condenseurs de réfrigération	110
	Isolation du toit	57
	Abaissment permanent de la température d'espace de service (escaliers, vestibules, entrepôts)*	47
	Optimisation des gains solaires passifs	40
	Arrêt des évacuateurs en période inoccupée*	38
	Optimisation du contrôle des hottes*	32
	Réduction de l'infiltration aux portes de garage	32
	Thermostats précis *	25
	Réduction de l'infiltration aux portes piétonnières	19
	Fenêtres faible émissivité/argon	19
	Isolation des murs	19
	Installation de vestibules	17
	Géothermie	14
	Déshumidificateur de piscine avec récupération de chaleur	13
	Ajustement de la température de la chaudière selon la température extérieure*	13
	Fermeture des volets d'air neuf en période inoccupée*	13
	Optimisation du contrôle de l'humidité*	9
	Transformation en système DAV	6
	Mur solaire	4
	Hotte de cuisine avec récupération de chaleur	4
	Réduction de l'infiltration dans le bâtiment	3
	Optimisation de la température d'alimentation *	2
	Vanne de courant sur les serpentins électriques	2
	Réduction du temps d'ouverture des fenêtres	0
Total		1137

* Mesures fréquemment implantées par l'intermédiaire d'un système de gestion de l'énergie (SGE)

Abaissment de la température du bâtiment en période inoccupée

Cette mesure peut aussi se classer dans la catégorie de l'optimisation du contrôle des systèmes mécaniques. L'abaissement de la température en période inoccupée économise invariablement de l'énergie. Toutefois, ces économies d'énergie ne se traduisent pas nécessairement en économies monétaires pour les clients (chauffage électrique) étant donné l'appel de puissance additionnel. La mesure d'abaissement a pour effet de réduire la consommation, mais d'accroître l'appel de puissance lors du

rétablissement de la température et ce, souvent de manière importante. Dans son évaluation, l'abaissement de température a été réajusté en fonction de la température extérieure afin de réduire cette hausse de l'appel de puissance. Malgré cela, dans plusieurs cas, la mesure s'est soldée par une hausse des coûts au niveau de la facture du client.

Il serait parfois possible d'implanter cette mesure concurremment avec l'installation d'un contrôleur de charge. Cet équipement permet de suivre l'appel de puissance d'un bâtiment et de limiter cet appel à une valeur prédéterminée. Cela présuppose toutefois que le contrôleur de charge peut délester d'autres charges électriques du bâtiment ou encore étaler la demande de chauffage, ce qui n'est pas nécessairement applicable partout.

Enfin, la mesure d'abaissement doit faire l'objet d'une remise au point de consigne rigoureuse afin d'éviter d'avoir des conditions d'inconfort dans le bâtiment. Par exemple, des abaissments trop importants amènent de longues périodes de rétablissement de la température, principalement au niveau de la structure du bâtiment (murs, planchers), ce qui se traduit par des situations d'inconfort pour les occupants.

Implantation de la mesure :

Cette mesure s'implante normalement par l'intermédiaire d'un système de gestion de l'énergie (SGE). Elle s'implante assez rarement de manière manuelle dans le marché commercial.

Contrôle de la quantité d'air neuf par sonde de CO₂

L'optimisation de la quantité d'air neuf admis par sonde de CO₂ représente une mesure ayant un potentiel important (réf. Tableau 14). Cette mesure consiste à contrôler la position des volets d'air neuf à l'aide d'un appareil mesurant le taux de CO₂ dans les espaces desservis par un système de ventilation mécanique. La mesure demande donc d'installer des sondes pour chaque système ainsi qu'un système motorisé de contrôle des volets d'air neuf.

La mesure aura un plus grand bénéfice dans les bâtiments dont l'occupation varie fortement et ce, de manière relativement imprévisible, tels que les commerces de détail, les cinémas, les théâtres, etc.

Certaines contraintes sont applicables à cette mesure. Les sondes de CO₂ demandent un réglage périodique. De plus, l'installation de ces sondes dans un bâtiment avec plusieurs espaces distincts desservis par un même système de ventilation mécanique est plus problématique. Dans ces conditions, il est plus difficile de garantir une qualité d'air égale dans

chacun des espaces. Un centre commercial ayant plusieurs boutiques sur une même unité de toit est un exemple typique d'une telle configuration.

Les bénéfices réels de cette mesure sont sujets à deux conditions importantes :

- 1- La mise en marche (commissioning) doit être effectuée correctement et le réglage des détecteurs doit être maintenu.
- 2- Un bâtiment ne devait pas déjà fermer ses volets d'air neuf en période de chauffage avant l'installation des sondes.

Le point 2 se révèle particulièrement important. Dans certains bâtiments, les volets d'air neuf sont fermés en partie ou en totalité, durant la saison de chauffage, ou encore le volume d'air neuf admis est en deçà des exigences normales. Dans le cadre du projet, les volumes d'air neuf admis sont établis selon la norme ASHRAE 62 – 99 [52] qui constitue souvent un standard de facto pour la détermination des volumes d'air neuf requis. Si un bâtiment ne respecte pas ce standard ou ferme ses volets en période de chauffage, le bénéfice de la mesure de contrôle par sonde de CO₂ est significativement réduit ou annulé.

Implantation de la mesure :

Cette mesure s'implante normalement par l'intermédiaire d'un système de gestion de l'énergie (SGE).

Ventilateur récupérateur de chaleur (VRC)

Un VRC permet de récupérer une partie de la chaleur de l'air extrait du bâtiment pour préchauffer l'air neuf. Il existe également des ventilateurs récupérateurs d'énergie (VRE) qui permettent de récupérer la chaleur de l'air évacué ainsi qu'une fraction de son humidité afin de les transférer à l'air neuf.

Implantation de la mesure :

La mesure consiste à installer dans le système de ventilation mécanique un VRC lorsque le bâtiment n'est pas humidifié et un VRE lorsqu'il y a un système d'humidification. Les coûts de cette mesure sont relativement importants comparativement à la mesure de contrôle de la quantité d'air neuf par sonde de CO₂. Les périodes de remboursement pour le client sont souvent supérieures à 5 ans au coût marginal de la mesure. De plus, la mesure requiert certaines conditions pour obtenir une application optimale :

- 1- Les prises d'air neuf et d'air évacué doivent normalement être près l'une de l'autre.
- 2- Le système de ventilation mécanique doit avoir une évacuation mécanique centralisée importante
- 3- La conception du système de ventilation doit minimiser l'utilisation d'évacuateurs locaux, tels les évacuateurs de salle de bain ou les hottes.
- 4- La salle mécanique ou l'unité de toit doit avoir l'espace et la structure nécessaire pour accueillir l'équipement.
- 5- L'équipement doit faire l'objet d'un entretien régulier, spécialement dans le cas des VRE.

Récupération de la chaleur des systèmes de réfrigération

Cette mesure consiste à récupérer la chaleur des condenseurs des systèmes de réfrigération. Elle est donc applicable à un segment restreint du marché (soit à la vente au détail de produits alimentaires, aux arénas et aux entrepôts réfrigérés).

La mesure comporte deux volets :

Le premier volet consiste à récupérer uniquement une petite fraction de la chaleur : cette mesure est alors fréquemment appelée désurchauffeur. La mesure s'implante relativement facilement dans les systèmes existants. La chaleur récupérée sert soit pour le chauffage de l'eau chaude domestique, soit pour le chauffage de l'air.

Le deuxième volet consiste à récupérer la majorité de la chaleur des condenseurs, souvent plus de 80%. Cette mesure est beaucoup plus difficile d'implantation dans les systèmes existants et est normalement implantée lors d'une rénovation majeure du système de réfrigération ou pour une nouvelle construction.

La mesure de la récupération totale de la chaleur des condenseurs requiert une conception qui n'est pas couramment utilisée dans l'industrie. La désurchauffe est beaucoup plus répandue sur le marché [55]. Enfin, cette mesure a été retenue tant pour les arénas, les grands supermarchés que les petits commerces alimentaires.

L'application de cette mesure dans les supermarchés et les arénas est éprouvée, mais une démonstration de la faisabilité de cette mesure pour les plus petits commerces demeure à faire.

Arrêt de la ventilation en période inoccupée

L'optimisation de l'horaire de fonctionnement des systèmes mécaniques représente un élément important du potentiel. Dans bien des cas, cet horaire ne fait pas l'objet de suivi de la part des occupants d'un bâtiment ou de son propriétaire. Plusieurs raisons expliquent cet état de fait [53], à savoir :

- 1- Les occupants sont souvent locataires des espaces et n'ont pas la supervision des systèmes mécaniques.
- 2- Les propriétaires locateurs ont peu d'incitatifs à optimiser le fonctionnement de leurs équipements puisque ces coûts sont souvent absorbés par les locataires.
- 3- Les propriétaires de petits bâtiments n'ont souvent pas le personnel technique pour faire le suivi du fonctionnement des systèmes.

Il s'ensuit que les systèmes mécaniques sont souvent en fonction sur une base continue. Une mesure très rentable est donc de s'assurer que la ventilation mécanique soit interrompue pendant les heures d'inoccupation.

Implantation de la mesure :

Cette mesure s'implante normalement par l'intermédiaire d'un système de gestion de l'énergie (SGE), mais elle peut facilement être implantée par une minuterie.

La réalisation de ce potentiel est également soumise à certaines contraintes :

- 1- Le bâtiment ne devait pas déjà fermer ses volets d'air neuf en période de chauffage avant l'application de la mesure.
- 2- Un suivi périodique du système de contrôle doit être effectué afin de s'assurer du maintien des économies.

Le point 1 est similaire à celui soulevé avec la sonde de CO₂. En effet, le bénéfice de l'arrêt des systèmes tient en bonne partie de l'élimination d'un volume d'air neuf qui n'est pas requis. Si les volets étaient déjà fermés en période de chauffage (avant l'implantation de la mesure), le bénéfice de la mesure est grandement réduit.

Quant au point 2, une étude sur la gestion des systèmes mécaniques [54] indique que la permanence des gains des mesures d'optimisation du fonctionnement passe par un suivi périodique des systèmes de contrôle.

Isolation du toit

Le potentiel sur l'amélioration à l'enveloppe du bâtiment est relativement restreint. La mesure offrant le plus grand potentiel et la meilleure rentabilité pour le client est l'amélioration de l'isolation du toit. La réglementation actuelle impose un niveau d'isolation de RSI-2.4 à RSI-2.9. La mesure visant à accroître le niveau d'isolation jusqu'à RSI-5.3 offre un PRI variant généralement de 5 à 10 ans.

Toutefois, cette mesure d'isolation est rentable uniquement sur la base de son coût marginal, soit lors de la construction ou d'une rénovation majeure de la toiture. La rentabilité de cette mesure pour le client peut varier grandement selon les situations particulières à chaque bâtiment. La portion du parc admissible à cette mesure est moins bien connue que pour le marché résidentiel (c'est à dire l'état actuel du parc).

Optimisation des gains solaires passifs

Cette mesure sert à évaluer le potentiel relié à l'augmentation des gains solaires passifs des bâtiments à l'aide de fenêtres avec films réfléchissants. La mesure consiste à installer des fenêtres avec un coefficient d'ombrage plus élevé afin d'accroître les gains solaires.

Toutefois, afin d'éviter des conditions de surchauffe en été, la conception de la fenestration doit être revue afin de fournir un ombrage adéquat durant l'été. L'implantation de cette mesure dans des bâtiments existants peut être problématique puisque les systèmes de climatisation ne sont pas nécessairement conçus pour une charge solaire additionnelle et les éléments d'ombrage ne sont pas toujours présents.

Le potentiel évalué permet de démontrer les gains possibles du solaire passif dans les nouvelles constructions. Les mesures solaires passives requiert une approche intégrée à la conception du bâtiment afin d'optimiser l'utilisation des gains solaires en période de chauffage tout en réduisant leur impact sur la climatisation.

Installation de vestibules

L'installation de vestibules, lorsqu'elle est faite correctement (par exemple avec un parcours suffisamment long pour que les portes ne soient pas ouvertes en même temps), permet de réduire l'infiltration qui se produit lors des ouvertures de portes. La réglementation actuelle, datant de 1985, [33] n'oblige pas l'installation de vestibules dans les bâtiments de moins

de 150 m² et certains construits avant cette date ne possèdent pas de vestibules. La rentabilité (PRI) de cette mesure pour les clients est assez longue pour s'élever à une moyenne d'environ 10 ans.

La disponibilité de l'espace nécessaire pour l'installation d'un vestibule peut également réduire le marché applicable à cette mesure.

Géothermie

Les systèmes géothermiques offrent un potentiel technique significatif, mais leur coût parfois élevé fait en sorte que la mesure se retrouve souvent hors du potentiel technico-économique. La PRI pour le client est de près de 5 ans dans le meilleur cas évalué dans l'analyse. Pour la majorité des vocations, la rentabilité de cette mesure varie de 7 à 12 ans.

Étant donné le coût initial de cette mesure, celle-ci est appliquée après l'application de la majorité des autres mesures d'économie d'énergie. Ainsi, la charge de chauffage du bâtiment est grandement réduite ce qui réduit également les gains des systèmes géothermiques.

Optimisation du contrôle des hottes

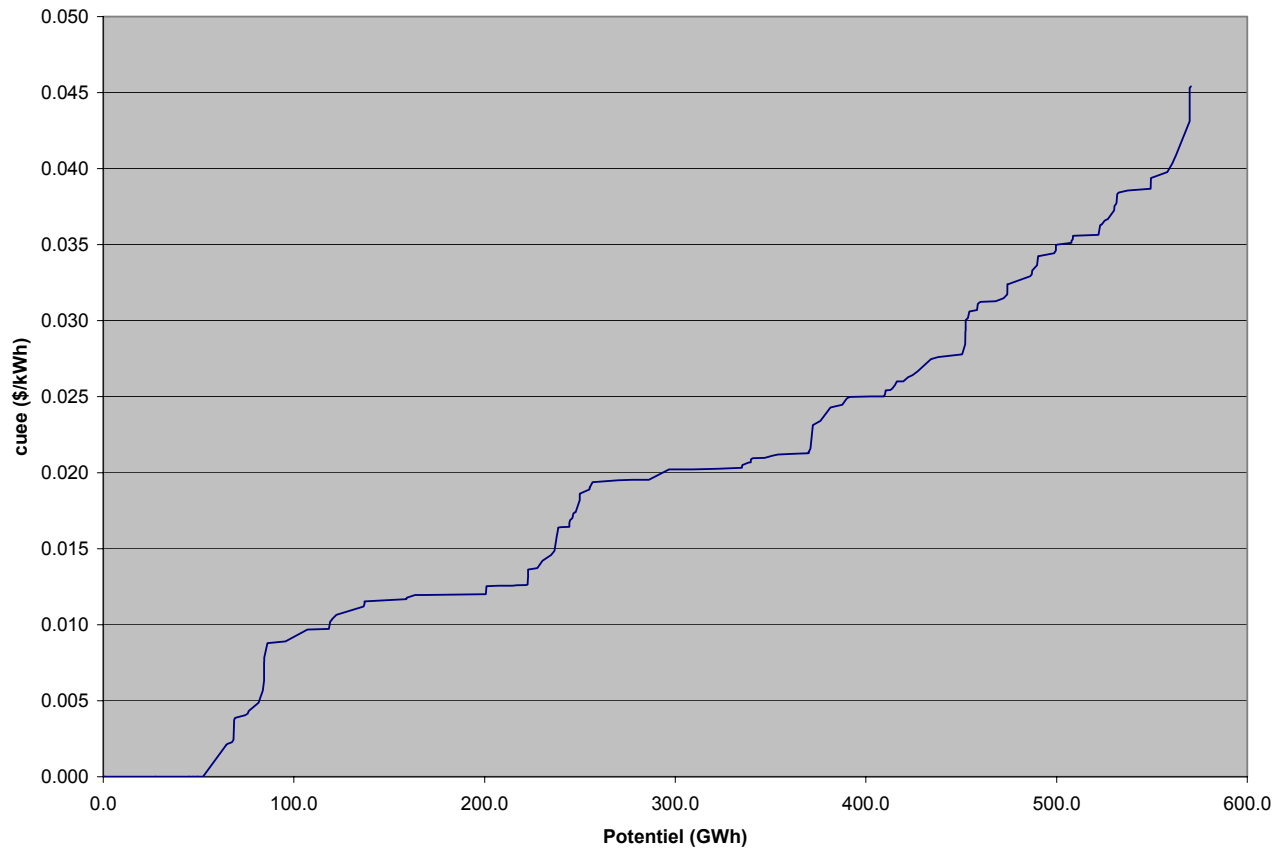
Cette mesure consiste à réduire le temps de fonctionnement des hottes de cuisine ou de laboratoires pendant les périodes où elles ne sont pas utilisées.

Cette mesure peut s'appliquer de plusieurs façons.

Dans les restaurants, les hottes de cuisine peuvent être munies de moteur à deux vitesses et de détecteurs de fumée pour en ajuster le débit. En période peu achalandée, les évacuateurs sont alors en mode basse vitesse. Cette mesure est fréquemment implantée par l'intermédiaire d'un SGE.

5.5 La force motrice et la réfrigération

Figure 4 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie – usage force motrice et réfrigération



La force motrice représente un usage dont l'importance est souvent sous-estimée par les gestionnaires et propriétaires de bâtiments commerciaux [38]. Pourtant, cet usage représente souvent plus de 10 % de la consommation totale d'énergie d'un bâtiment. De plus, comme cette consommation n'est pas toujours évaluée à sa juste valeur, les mesures d'économie d'énergie et d'optimisation de conception s'y rattachant sont souvent négligées. Les résultats de l'analyse, présentés au tableau 15, démontrent que des interventions au niveau de la force motrice pour la ventilation et le pompage offrent un potentiel d'économie d'énergie intéressant.

Comme pour plusieurs mesures, celles touchant la force motrice sont beaucoup plus simples d'implantation lors de la conception des systèmes. Bien que le potentiel demeure techniquement disponible, l'implantation des mesures dans les systèmes existants risque souvent de rencontrer des contraintes pratiques plus importantes et des coûts additionnels de modification d'équipements.

D'autre part, les mesures sur la force motrice se caractérisent globalement par leurs méthodes d'implantation très diversifiées, lesquelles dépendent du type de bâtiment. Les interventions dans ce domaine demandent donc une approche beaucoup plus personnalisée afin d'identifier de manière spécifique la manière d'implanter une mesure générique, comme par exemple l'amélioration de l'efficacité du système de ventilation.

Tableau 15 : Mesures composant le potentiel pour la force motrice

Force motrice et réfrigération	Mesures	Potentiel GWh
	Entraînement à vitesse variable pour les pompes	125
	Amélioration de l'efficacité du système de ventilation	91
	Amélioration de l'efficacité du système de pompage	76
	Comptoirs à haute efficacité	73
	Contrôle de l'éclairage des comptoirs	63
	Réduction de la pression de refoulement des compresseurs	52
	Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs	31
	Compresseurs à haut rendement	30
	Arrêt de la ventilation en période inoccupée (non-TAE)	20
	Réduction de 25% de la consommation des équipements de cuisson	4
	Arrêt des pompes de saumure la nuit	3
	Circuits de saumure à 4 passes	2
	Isolation des murs des entrepôts réfrigérés	0
Total		570

Entraînement à vitesse variable pour les pompes

Cette mesure consiste à remplacer les systèmes de pompage à vitesse constante par des systèmes à vitesse variable. La mesure implique l'ajout d'un variateur de fréquence pour le moteur de la pompe ainsi que des modifications au circuit de distribution, notamment le remplacement des vannes trois voies par des vannes deux voies modulantes.

Cette mesure offre un potentiel intéressant, mais ne se retrouve que dans les plus gros bâtiments, particulièrement dans le marché institutionnel. Les hôpitaux, les grands bureaux et les écoles sont les principales vocations où la mesure est applicable.

Amélioration de l'efficacité du système de pompage

Cette mesure consiste à implanter un système de pompage plus efficace.

Cette mesure doit normalement être évaluée au cas par cas étant donné les variations possibles entre les différents systèmes de pompage et les contraintes particulières à chaque bâtiment, telles que le différentiel de température acceptable sur le circuit d'eau chaude et glacée.

Cette mesure représente donc une famille d'actions prises sur les systèmes de pompage pour en réduire la consommation. Celle-ci regroupe principalement le remplacement des pompes actuelles par des modèles plus efficaces, c'est-à-dire exigeant une puissance plus faible pour fournir les mêmes résultats (gallonnage et perte de pression), l'amélioration du rendement des moteurs et l'augmentation des différentiels de température sur les réseaux d'eau tant chaude que glacée.

Amélioration de l'efficacité du système de ventilation

Cette mesure est similaire à celle sur le pompage et consiste à implanter un système de ventilation plus efficace. Cette mesure doit également être évaluée au cas par cas étant donné les variations possibles entre les différents systèmes et les contraintes particulières à chaque bâtiment, comme par exemple le type de système de distribution.

Cette mesure représente aussi une famille d'actions prises sur les systèmes de ventilation pour en réduire la consommation dont principalement le remplacement des ventilateurs actuels par des modèles plus efficaces, c'est-à-dire exigeant une puissance plus faible pour fournir

les mêmes résultats (débit d'air et pression statique), l'amélioration du rendement des moteurs et l'optimisation de la taille des ventilateurs.

Cette mesure peut être difficile d'application sur certains équipements, tels que les unités de toit pour lesquelles les options d'améliorations ne sont pas nécessairement disponibles.

Comptoirs réfrigérés à haute efficacité

Les comptoirs réfrigérés dans les supermarchés et les magasins de vente de produits alimentaires sont responsables en bonne partie de leur consommation d'énergie pour la réfrigération. Des comptoirs réfrigérés à haute efficacité réduisent cette consommation en offrant plusieurs améliorations dont :

- Éclairage intérieur des comptoirs réfrigérés plus efficace
- Moteurs des évaporateurs à haut rendement
- Contrôle du chauffage anti-condensation plus précis
- Contrôle des cycles de dégivrage plus précis
- Pertes d'enveloppe réduites vers la pièce
- Échange d'air plus faible avec la pièce

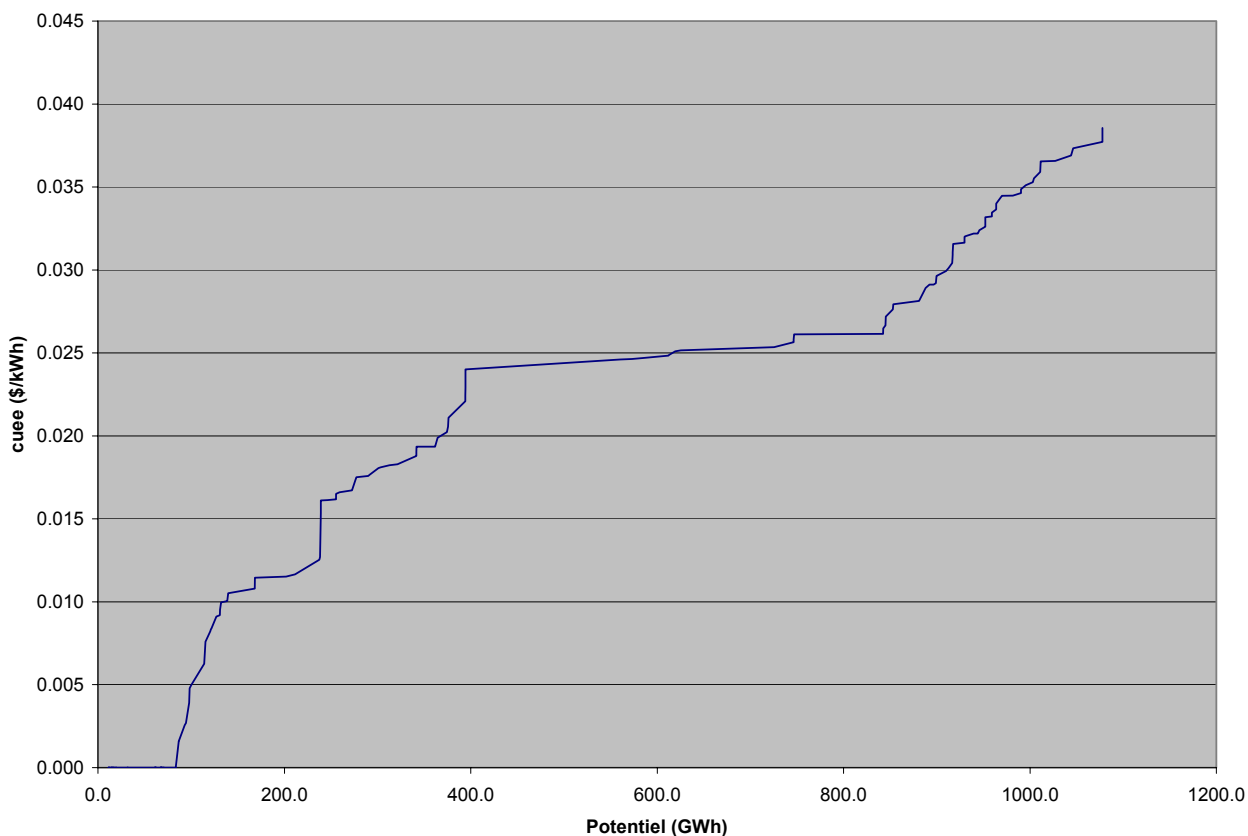
L'utilisation de comptoirs réfrigérés à haute efficacité aura un double effet, soit de réduire la consommation pour la réfrigération ainsi que celle pour le chauffage du magasin, en réduisant les échanges thermiques avec la pièce.

La principale contrainte liée à cette mesure se situe au niveau de l'identification de l'efficacité réelle des différents comptoirs réfrigérés. Une norme CSA d'efficacité énergétique des comptoirs réfrigérés existe mais elle n'est pas d'application obligatoire et elle est peu appliquée. Il est donc difficile de connaître objectivement l'efficacité des comptoirs offerts sur le marché.

Pour que la mesure soit exploitable, cette norme devrait être appliquée afin de pouvoir connaître plus précisément la performance des comptoirs réfrigérés disponibles.

5.6 L'éclairage

Figure 5 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie - usage éclairage



L'éclairage représente l'usage le plus important en terme de consommation d'électricité pour les marchés commercial et institutionnel. Il n'est donc pas surprenant que le potentiel de cet usage soit important. Le potentiel de l'éclairage vient au deuxième rang derrière celui du chauffage. Les mesures qui composent ce potentiel sont présentées au tableau 16.

Le nombre de mesures différentes dans le potentiel est faible par rapport au chauffage. Cela est attribuable au traitement générique de certaines mesures, de façon similaire à celles utilisées pour la force motrice. Par exemple, le remplacement de fluorescents 34 W (4 pieds) par des F32T8 couvre également le remplacement des fluorescents de 8 pieds. Toutefois, aux fins de la modélisation, les bâtiments se sont vus dotés uniquement de fluorescents de 4 pieds (i.e. ceux de 8 pieds étaient convertis en nombre équivalent de fluorescents de 4 pieds).

On peut classer les mesures d'éclairage en trois grandes catégories :

- les mesures touchant l'amélioration du rendement des lampes
- les mesures touchant l'amélioration à la conception du système d'éclairage
- les mesures touchant la réduction des heures d'éclairage

Les mesures touchant l'amélioration des lampes sont souvent plus faciles à implanter que celles touchant à la conception du système et ont fait l'objet de programmes d'Hydro-Québec par le passé. On compte dans ce type de mesures :

- le remplacement des fluorescents T12 par des T8 ou des T5¹
- le remplacement des lampes à haute intensité au mercure par des lampes au sodium haute pression ou aux halogénures métalliques
- le remplacement des lampes incandescentes par des fluorescents compacts
- le remplacement des lampes incandescentes par des halogènes ou des halogènes infra-rouges (IR)

Les programmes passés et la réglementation fédérale sur les produits d'éclairage ont eu un impact significatif sur l'adoption de lampes plus efficaces. Ainsi, le tube fluorescent T12 économiseur d'énergie (34 W) est devenu la norme dans le marché commercial alors qu'avant la réglementation et les programmes, le fluorescent de 40 W était standard. De plus, le fluorescent T8 avec ballast électronique est devenu très commun dans la nouvelle construction ou lors de rénovations majeures. De façon similaire, les lampes à haute intensité au mercure ont été graduellement remplacées par des lampes plus efficaces, soit au sodium haute pression ou aux halogénures métalliques.

Le potentiel sur l'amélioration de l'efficacité des lampes a donc été exploité depuis 1992. Toutefois, il y a encore place à l'amélioration de l'efficacité. Le remplacement des lampes incandescentes par des lampes plus efficaces, principalement les fluorescents compacts, offre encore un grand potentiel.

¹ T12, T8 et T5 : désignation standard des tubes fluorescents. Le chiffre indique le diamètre du tube en huitième de pouce. Un T12 a donc 1.5 pouce de diamètre. Les tubes de plus petits diamètres ont un rendement lumineux plus élevé.

Tableau 16 : Mesures composant le potentiel pour l'éclairage

Éclairage	Mesure	Potentiel GWh
	Réduction de la densité de puissance d'éclairage	430
	Remplacement des ampoules incandescentes par des fluorescents compacts	359
	Remplacement des fluorescents 34 W par des fluorescents F32T8	137
	Réduction du temps d'éclairage	83
	Indicateurs de sortie	42
	Lampe sodium dans stationnement	16
	Cellules haute efficacité pour éclairage publique	11
Total		1078

Réduction de la densité de puissance

La première catégorie de mesures visant l'éclairage a trait à l'optimisation de la conception du système d'éclairage. Contrairement aux mesures touchant l'amélioration de l'efficacité des lampes, cette catégorie de mesure est beaucoup plus générique et se compose en pratique d'un grand nombre d'interventions spécifiques à chaque bâtiment.

Toutefois, le potentiel de cette mesure générique est élevé et relativement peu exploité [61]. À la base, cette mesure, ou plus précisément cette famille de mesures, consiste à réduire au minimum la puissance installée d'éclairage dans un bâtiment par une conception plus adéquate des systèmes d'éclairage et non seulement par l'utilisation de lampes efficaces. La mesure ne consiste pas nécessairement en une réduction du niveau d'éclairement mais bien en une réduction de la puissance installée. Les niveaux d'éclairement peuvent parfois être réduits lorsque ceux-ci sont mals adaptés à l'utilisation des espaces desservis.

L'utilisation de lampes efficaces ne peut garantir à elle seule la performance d'un système d'éclairage. La qualité du luminaire dans lequel est installée la lampe, son emplacement ainsi que la physionomie de l'espace éclairé ont une importance significative sur la performance du système. Enfin, la détermination du niveau d'éclairement réellement requis est aussi très important dans la conception du système. L'utilisation de règles du pouce pour la conception amène presque inévitablement des systèmes non optimaux dont la puissance installée et la consommation risquent d'être plus élevées que nécessaires, sans pour autant offrir un rendement d'éclairage adéquat.

Une conception efficace va chercher à obtenir un niveau d'éclairement et une distribution optimaux tout en réduisant la puissance installée et, par conséquent, en diminuant la consommation d'énergie pour cet usage.

Cette mesure demande une approche relativement spécifique pour chaque bâtiment bien que certaines interventions plus générales puissent également être envisagées. Par exemple, le remplacement de deux fluorescents T8 ou T12 dans un luminaire standard par un seul fluorescent avec réflecteur spéculaire et une meilleure lentille permet, dans certains cas, d'avoir un niveau adéquat d'éclairage et ce, avec une puissance réduite pratiquement de moitié. Quelques études de cas relevés dans la littérature [62, 63, 64] ont démontré la faisabilité de cette intervention. L'impact net serait de réduire la puissance installée sans réduire de manière significative le niveau d'éclairage. Toutefois, lors de l'implantation de ce type de mesure, le concepteur doit s'assurer de respecter les normes relatives à la densité d'éclairage.

Dans le cadre de l'analyse de cette mesure, une mesure générique dont l'impact est une réduction de près de 50 % de la puissance d'éclairage non-incandescent a été considérée.

Le potentiel présenté au tableau 16 se base donc sur cette mesure générique. Ainsi, toute mesure spécifique à chaque bâtiment et conduisant aux mêmes impacts et à des coûts similaires est assimilable à cette mesure, et entrerait donc dans le potentiel.

Comme la mesure d'optimisation du niveau d'éclairage demande habituellement des modifications, parfois importantes, aux installations existantes, celle-ci doit être envisagée au moment de la construction ou lors d'une rénovation majeure. De plus, la mesure demande normalement l'implication d'une personne ressource spécialisée en éclairage afin d'être implantée sans réduire la qualité de l'éclairage offert aux occupants. La PRI moyenne pour le client, sur la base du coût marginal, se situe aux environs de 5 ans pour la mesure générique évaluée dans le projet.

Enfin, la manière d'exploiter ce potentiel ne passe pas par la promotion d'un produit en particulier, mais plutôt par une sensibilisation et un support technique visant à améliorer les méthodes de conception des systèmes d'éclairage. Les normes tel AHSRAE 90.1 ou le CMNÉB ainsi que des programmes comme le PEBC au niveau fédéral encouragent une telle revue des méthodes de conception en imposant des densités de puissance d'éclairage maximales.

Les fluorescents compacts

Contrairement aux fluorescents 34 W ou T8, les fluorescents compacts n'ont pas connu la même popularité au niveau de la transformation des habitudes des consommateurs et des concepteurs de systèmes

d'éclairage. Le taux naturel d'adoption des fluorescents compacts est donc largement inférieur à celui des fluorescents T8 ou T12 économiseur.

Plusieurs raisons expliquent ce taux d'adoption plus faible et le fait que cette mesure présente encore du potentiel.

La mesure de remplacement des incandescents par des fluorescents compacts n'entre dans le potentiel que pour les bâtiments non-TAE. La présence d'effets croisés sur le chauffage électrique dans les bâtiments TAE pousse la mesure au-delà du seuil économique du potentiel. De plus, la PRI de cette mesure pour le client est souvent comparable à la durée de vie moyenne des lampes, soit environ 2 à 3 ans¹.

Enfin, le coût initial de la mesure est élevé comparativement au coût d'achat des lampes incandescentes. Le coût initial d'achat demeure un paramètre important dans le comportement du consommateur dans les marchés commercial et institutionnel. Dans certains cas, des appréhensions quant au vol et vandalisme de ces lampes, plus dispendieuses, sont également présentes.

Le potentiel indiqué au tableau 16 pour le fluorescent compact est donc soumis à d'importantes contraintes au niveau de l'acceptabilité de la mesure pour le client du point de vue de sa rentabilité. Enfin, le potentiel identifié pour la mesure suppose un remplacement presque complet des lampes incandescentes par des fluorescents compacts. Toutefois, étant donné le type d'éclairage (diffus) et le rendu de couleur fournie par ce type de lampes, il y aura toujours des situations où son installation ne sera pas acceptable pour le propriétaire ou le concepteur d'éclairage (exemple : lobby de grands hôtels, éclairage spécifique de marchandises dans les magasins de détail).

Une fraction du potentiel pour les fluorescents compacts peut quand-même être exploitée, mais en s'assurant d'intervenir de façon bien ciblée. Ainsi, les lampes remplacées ne devraient être que celles utilisées sur de longues périodes, afin de réduire le coût global de l'implantation tout en obtenant une économie maximale. De plus, le type de luminaire dans lequel est appliqué le fluorescent compact doit permettre une utilisation efficace de la lumière produite (i.e. source diffuse vs. source ponctuelle pour l'incandescent).

Par exemple, une analyse du remplacement complet de tous les incandescents dans les hôtels et motels ne démontre pas un potentiel

¹ La durée de vie varie selon la vocation en fonction des heures d'opération du bâtiment. La durée de vie en année calendrier est basée sur 10000 heures de vie utile pour le fluorescent compact.

technico-économique important, dû au coût de la mesure. Toutefois, une intervention ciblée visant à remplacer uniquement les lampes les plus utilisées, telles celles sur les tables de nuit, de salle de bain et des corridors, offrirait alors une rentabilité accrue, mais ayant un potentiel quelque peu réduit. [56]

5.7 L'eau chaude

L'eau chaude représente moins de 5 % de la consommation d'électricité des marchés commercial et institutionnel. Le potentiel évalué pour cet usage, et présenté au tableau 17, est relativement faible.

Les marchés commercial et institutionnel sont caractérisés, en ce qui concerne l'utilisation de l'eau chaude, par une vaste majorité de bâtiments où cet usage est peu important, comme les commerces au détail et les immeubles à bureaux. Il n'y a que quelques segments particuliers où l'eau chaude constitue un poste de consommation d'énergie significatif dont les hôtels, les motels, les restaurants, les hôpitaux, les centres d'accueil et les arénas.

Certains petits segments du commerce au détail, comme les buanderies, ont une consommation d'eau chaude plus importante, mais la segmentation utilisée dans l'analyse ne permet pas de cibler des sous-convocations de cette taille. Le potentiel identifié offre donc une vue d'ensemble des économies disponibles à grande échelle mais ne permet pas nécessairement d'identifier certaines économies qui seraient disponibles dans des segments plus fins des marchés commercial et institutionnel. Nous pouvons toutefois constater que les résultats obtenus coïncident bien avec une étude précédente d'Hydro-Québec touchant spécifiquement les économies reliées à l'eau chaude [65].

Tableau 17 : Mesures composant le potentiel pour l'eau chaude

Eau chaude	Mesure	Potentiel GWh
	Pompe à chaleur pour l'ECD*	45
	Réduction du débit des robinets de lavabo	24
	Isolation du système d'ECD	11
	Clapets de retenue étanches au sélecteur de douche	5
	Récupération de la chaleur de désurchauffe de réfrigération	4
Total		89

* : associée à un système géothermique

Pompe à chaleur pour l'ECD

Bien que cette mesure présente le plus fort potentiel pour l'eau chaude, une contrainte importante y est rattachée. Cette mesure consiste à produire l'eau chaude domestique à l'aide d'une pompe à chaleur.

En pratique, ce type de système peut s'installer lorsqu'un système de pompe(s) à chaleur géothermique(s) ou une pompe à chaleur sur boucle d'eau est présente dans le bâtiment. En pratique, ce pré-requis réduit le nombre d'applications qui seront admissibles à la mesure. Il existe cependant des chauffe-eau de type pompe à chaleur air-air [66], mais ce produit n'est pas actuellement adapté au climat du Québec puisqu'il utilise l'air de la pièce comme source d'énergie (i.e. la pompe à chaleur refroidit la pièce pour chauffer l'eau). Un tel équipement ne serait utile que lorsque des pièces sont constamment en demande de climatisation due à des gains internes trop importants (ex. salle d'ordinateurs).

Réduction du débit des robinets de lavabo

Cette mesure provient entièrement de la revue de littérature [37] et n'a pas fait l'objet de simulation dans les bâtiments types de la segmentation.

Elle peut être considérée équivalente à des actions ayant un résultat similaire, telles que l'utilisation de détecteur de mouvement pour ouvrir et fermer les robinets.

Isolation du système d'ECD

Les systèmes de production et de distribution d'eau chaude domestique dans les marchés commercial et institutionnel peuvent se répartir en deux types principaux :

- 1- les systèmes centraux à circulation continue;
- 2- les systèmes distribués opérant sur demande.

Le premier type est normalement constitué d'un réservoir central qui est chauffé soit par un brûleur dédié ou par l'intermédiaire de la chaudière de chauffage de l'espace. Un système de pompage assure la circulation en permanence de l'eau chaude dans tout le bâtiment.

Le second type est identique à ceux rencontrés dans le marché résidentiel. Des chauffe-eau de 40 gallons ou 60 gallons sont localisés près des différents points de service. L'eau chaude est amenée au robinet uniquement par la pression du réseau d'aqueduc.

La mesure d'isolation du système d'ECD va donc varier selon le type de bâtiment. Dans les bâtiments ayant des systèmes distribués, la mesure consiste uniquement à utiliser une couverture isolante de chauffe-eau ou un chauffe-eau plus performant. Pour les systèmes centraux, la mesure implique l'isolation de la tuyauterie de circulation de l'eau chaude et du réservoir. Les économies d'énergie sont beaucoup plus importantes pour ce dernier type de système bien que les coûts soient également plus élevés.

Le taux de pénétration de la mesure et le marché tendanciel sont assez importants, tant pour les systèmes centraux que distribués.

5.8 La climatisation

La climatisation ne constitue pas un poste très significatif dans le bilan énergétique de la très grande majorité des bâtiments au Québec. Cet usage est rarement responsable de plus de 10 % de la consommation d'énergie d'un bâtiment.

Il est donc logique que le potentiel sur cet usage soit relativement faible. Les résultats présentés au tableau 18 indiquent un potentiel pratiquement nul pour cet usage. Ce résultat offre cependant une image partielle du potentiel sur la climatisation. En effet, comme il a été indiqué au début de la section 5, lorsqu'une mesure affecte plus d'un usage, l'économie totale provenant de la mesure était attribuée à l'usage où l'économie était la plus grande. Dans de tels cas, invariablement, l'usage pour lequel l'économie est la plus grande est le chauffage. Ainsi, les mesures d'arrêt de la ventilation, fermeture des volets d'air neuf et utilisation de sondes de CO₂ ont toutes un effet sur la climatisation. Toutefois, comme cette mesure est implantée à un coût unique tant pour la climatisation que pour le chauffage, l'économie d'énergie totale associée à la mesure doit être attribuée à un seul usage pour le calcul du *cuee*.

Les résultats au tableau 18 indiquent donc le potentiel pour des mesures touchant exclusivement les équipements de climatisation. Les autres mesures de contrôle ont été traitées au niveau de l'usage chauffage.

Tableau 18 : Mesures composant le potentiel pour la climatisation

Climatisation	Mesures	Potentiel GWh
	Unité de toit à haute efficacité	15
	Ajout d'un module économiseur sur unité de toit	0
Total		15

La seule mesure ayant un potentiel significatif concerne l'utilisation d'unités de toit à haute efficacité. Ces unités de toit sont dotées d'un système de climatisation avec un COP (coefficient de performance) supérieur aux unités courantes.

Les mesures sur l'utilisation de tours d'eau efficaces et de refroidisseurs à haut rendement n'ont pas passé le seuil économique pour entrer dans le potentiel.

6.0 Conclusions

Cette étude a permis d'obtenir un estimé du potentiel d'économie d'énergie pour les marchés commercial et institutionnel au Québec. Le potentiel est évalué à 2,89 TWh pour l'ensemble des vocations et des usages. Ce potentiel est basé sur des mesures commercialement disponibles et techniquement éprouvées. Dans le cadre d'une évaluation sur des horizons relativement courts, soit 5 ans et 10 ans, l'adoption de ces critères de sélection des mesures est tout à fait adéquate.

Le parc de bâtiments traités dans l'analyse représente approximativement 124 millions de mètres carrés de superficie de plancher et a consommé, en 2000, près de 27 TWh d'électricité. Le potentiel d'économie d'énergie représente donc plus de 10 % de la consommation de ce parc.

La répartition du potentiel se divise principalement entre trois grands usages, soit le chauffage avec 1,14 TWh, l'éclairage avec 1,08 TWh et la force motrice à 0,57 TWh.

La majorité des mesures rentables dans le potentiel, tous usages confondus, touchent l'optimisation de l'opération des systèmes, tel le contrôle du temps de fonctionnement des équipements. La vaste majorité de ces mesures s'implante par l'intermédiaire de systèmes de gestion de l'énergie (SGE). La rentabilité de ces mesures est souvent excellente pour le client, particulièrement dans les bâtiments récents où une structure de base de SGE existe déjà.

Le chauffage

Du point de vue du chauffage, les pistes les plus prometteuses d'économies d'énergie rentables se retrouvent au niveau du contrôle et du traitement de l'air neuf. L'optimisation du volume d'air neuf admis dans un bâtiment, par l'utilisation d'une sonde de CO₂ par exemple, offre un potentiel particulièrement intéressant lorsque le niveau d'occupation est variable. Étant donné le potentiel important relié à ce type de mesure, une validation des économies possibles pourrait être effectuée, soit par un projet pilote ou par un projet de démonstration sur des bâtiments existants. Un des aspects importants à vérifier est le maintien des économies sur une période raisonnable sans réglage ou entretien des systèmes. De plus, le potentiel de cette mesure est étroitement lié aux modes de fonctionnement des volets d'air neuf. Si ces volets sont déjà fermés en période de chauffage, la mesure n'apportera aucun gain. Ces contraintes imposent une vérification détaillée afin de cerner plus précisément le potentiel réalisable de cette mesure dont le potentiel apparent est important.

Les autres mesures d'optimisation des systèmes de chauffage touchent principalement le contrôle optimal des arrêts et départs des équipements de chauffage et d'alimentation en air frais.

Ces mesures sont facilement implantées par un SGE ou un petit contrôleur numérique. Toutefois, le maintien des économies est souvent problématique dans les plus petits bâtiments. Dans ces bâtiments, il n'y a souvent pas de personnel dédié à la gestion de l'énergie et des systèmes. Par conséquent, les mesures d'optimisation du contrôle ont tendance à s'effriter car celles-ci demandent un suivi régulier.

Du point de vue des équipements, la principale mesure d'économie d'énergie consiste à l'installation de récupérateurs de chaleur sur l'air évacué des bâtiments. La réglementation actuelle [33] oblige la récupération de chaleur uniquement lorsque la quantité de chaleur évacuée est supérieure à 300 kW. Cette limite implique qu'uniquement les plus grandes installations seront munies de récupérateurs.

L'ajout de cet équipement au moment de la conception du système de chauffage en optimise toutefois la rentabilité. De plus, si la récupération n'est pas envisagée au moment de la conception, il est parfois pratiquement impossible de l'implanter. Dès lors, l'exploitation de ce potentiel dans les bâtiments existants est beaucoup plus difficile. Le potentiel lié à cette mesure est donc exploitable principalement au moment de la construction.

L'éclairage

Le potentiel sur l'éclairage repose principalement sur une conception optimale du système d'éclairage afin d'obtenir un niveau adéquat d'illumination avec la plus faible puissance installée possible.

Cette mesure demande qu'une attention particulière soit apportée à la conception du système d'éclairage, en débutant par la définition des niveaux d'éclairage réellement requis dans chaque espace d'un bâtiment. Par la suite, le choix du type de lampe, des luminaires et de leur emplacement doit être effectué par des spécialistes.

Ce potentiel est donc exploitable au moment de la construction ou d'une rénovation majeure.

La force motrice

La force motrice représente un usage souvent négligé dans les analyses d'économie d'énergie. Il existe toutefois un potentiel significatif pour cet usage.

L'amélioration de l'efficacité des systèmes de pompage et de ventilation sont deux avenues d'intervention possibles.

Les variations de configuration pour ces systèmes exigent que les interventions soient relativement personnalisées. Les coûts des mesures sont également que celles-ci devraient être envisagées au moment de modifier les équipements ou lors de la construction du bâtiment.

Nouvelle construction et rénovations majeures

La plupart des mesures d'économie d'énergie évaluées sont beaucoup plus rentables lorsqu'elles sont implantées au moment de la construction d'un bâtiment. Il est donc important que ces mesures soient envisagées dans le processus de conception de nouveaux bâtiments et que tous les intervenants soient impliqués dans le processus d'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment.

Réglementation

La réglementation actuelle [33] sur l'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments remonte essentiellement à 1983 avec deux révisions effectuées en 1985 et 1992. Certaines considérations du règlement auraient avantage à être revues dont l'absence d'une méthode d'analyse de conformité basée sur la performance, comme on en retrouve dans des références reconnues [34, 59]. Les exigences actuelles sur l'éclairage sont très limitées et permettent à un bâtiment ayant un fort niveau d'éclairage et de gains internes d'avoir une enveloppe thermique moins performante.

De plus, les gains possibles par l'intermédiaire de normes minimales d'efficacité se trouvent surtout dans le parc de nouveaux bâtiments d'où l'importance d'agir dès la conception.

7.0 Bibliographie

- 1- « Règlement no 663 d'Hydro-Québec établissant les tarifs d'électricité et les conditions d'application », 1998
- 2- Site Internet Gaz Métropolitain, section tarifaire
- 3- « Les appareils d'éclairage et le Règlement sur l'efficacité énergétique », Règlement sur l'efficacité énergétique, Document Internet, <http://reglement.rncan.gc.ca/fs7-01.htm>, décembre 1998.
- 4- « Demand - Side Management - Technical Potential for New Brunswick Power », Xenergy Inc., Burlington, Mass., July 1990.
- 5- « Evaluation of DSM Programs in the Residential Markets » Volume 1, 62 Report No. 7922-R8, juillet 1994
- 6- « A Rating Tale », Pigg, S., Home Energy Journal, January/February, www.homeenergy.org
- 7- « Estimating End-Use Specific Energy Savings from a Community Based Energy Efficiency Program : A Bayesian Integration of End-Use and Billing Data », Mountain, D.C., Robinson, R.B., Eaton, F., Espanola Project, January 2001
- 8- « La problématique de l'estimation de la consommation d'électricité pour le chauffage – Applications dans le contexte du projet Eval-Iso », Tremblay, V., Statplus, décembre 1993.
- 9- « Rapport PAQUET », Dumont, É., Millette, J., LTEE, J-0708-01-101-063
- 10- « Commentaires sur la méthodologie Éval-Iso dans le cadre d'un développement de programmes », Rapport final, Hydro-Québec, septembre 1993, 3270161
- 11- « Mechanical Cost Data Handbook », RS Means, 21st annual edition, ISBN0-87629-471-9
- 12- « Light Commercial Cost Data Handbook », RS Means, 20th annual edition, ISBN0-87629-471-9
- 13- « Hanscomb Yardsticks for Costing – Cost data for the Canadian Construction Industry », RS Means, 2001, ISBN 0-87629-607-X
- 14- « Étude après des clients au tarif G », préparé pour Hydro-Québec par SOM recherches et sondages, avril 1998
- 15- « SIM Local », Rapport final préparé par Saine marketing pour Hydro-Québec, été 1998
- 16- Données sur le secteur de la santé, communication privée, Robert Ménard, Agence de l'efficacité énergétique du Québec, Septembre 2001-12-09
- 17- « Bilan énergétique 1996 - 1997 du réseau des commissions scolaires », Michel Parent, ing., avril 1998.
- 18- « Analyse de la situation – éducation », présentation préparée par Unité mise en marché – Hydro-Québec, 26-06-2001, pp. 6 à 13
- 19- « Bilan 1991-1992, 1992-1993, 1993-1994 et 1994-1995 », Statistiques concernant les consommateurs énergétiques du réseau collégial, Ministère de l'Éducation, Direction générale de l'enseignement collégial, Direction des ressources matérielles et financières, Service de l'allocation des ressources, octobre 1996.

- 20- Monographie du secteur hôtels/motels du marché commercial », Rapport final, Soléco Consultants inc., en collaboration avec Les conseillers ADEC inc., janvier 1992.
- 21- Données sur la superficie et la consommation du parc commercial et institutionnel, données fournies par la division de la prévision des ventes d'Hydro-Québec, 9-12-2001
- 22- Sommaire des consommations unitaires des bâtiments du PAEB de 1993-01-01 à 1996-12-31, données fournies par Hydro-Québec, Août 2001
- 23- Consommations unitaires de bâtiments types - données fournies par l'Agence de l'efficacité énergétique du Québec, Septembre 2001
- 24- « Suivi des comportements énergétiques - Marché commercial », Méthodologie, Hydro-Québec, Groupe Commercialisation et Affaires internationales (COMAI), Vice-présidence Efficacité énergétique, Service Planification commerciale, Marché commercial, novembre 1992.
- 25- « Suivi des choix énergétiques dans les édifices commerciaux - Nouvelles constructions, agrandissements et rénovations», Hydro-Québec, Groupe Commercialisation et Affaires internationales, Vice-présidence Efficacité énergétique, Service études de marchés et Planification, octobre 2000.
- 26- « Résultats 1991-1997 : Programme d'analyses énergétiques des bâtiments », préparé par Guy Malouin SNC+ pour Hydro-Québec
- 27- Profils de bâtiments types préparés par Bouthillette, Parizeau et associés inc pour Hydro-Québec, juillet 2001
- 28- « Commercial Base Building Reports, volume 1 : Existing Building Stock », Prepared for BChydro, by ERG International, Inc., June 1993.
- 29- « Évaluation des potentiels d'économies d'énergies réalisables - Marchés : commercial & institutionnel », Rapport sommaire, Groupe CMA, Chalifour, Marcotte et Associés Inc., décembre 1991.
- 30- « Analyse des technologies et de l'offre de systèmes CVC », Pageau, Morel & Associés Inc., Dessau Inc., Experts-Conseils, Chalifour, Marcotte & Associés Inc., novembre 1993.
- 31- « Suivi des choix énergétiques dans les édifices commerciaux, Nouvelles constructions, agrandissements et rénovations», Hydro-Québec, Groupe Commercialisation, Service Planification commerciale, mars 1996.
- 32- « Évaluation des effets énergétiques combinés des mesures d'économie d'énergie - Bâtiment de type : grand édifice commercial», ADS Groupe-conseil inc., décembre 1992.
- 33- « Règlement sur l'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments », E-1.1, r.1, ISBN 2-551-15356-5,1997
- 34- « Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 1997 », Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, Institut de recherche en construction, ISBN 0-660-95563-6, 1997
- 35- « Analyse effectuée par Hydro-Québec et SNC+ Consortium en efficacité énergétique – Centre d'accueil Éloria-Lepage », Hydro-Québec, 25 février 1992
- 36- « Analyse effectuée par Hydro-Québec et SNC+ Consortium en efficacité énergétique – Lebeau Vitres d'auto », Hydro-Québec, 21 février 1996

- 37- « Mise à jour du potentiel technico-économique d'amélioration de l'efficacité énergétique au Québec », Rapport final préparé par Technosim inc. Pour Hydro-Québec, janvier 1999
- 38- « Uncovering Auxiliary Energy Use », Brodrick, J.R., Westphalen, D., ASHRAE Journal, February 2001
- 39- « Étude exploratoire – Évaluation des comportements d'achat énergétique du secteur Marchés en alimentation de grande surface », Rapport final préparé par Dufresne Dumas Mizoguchi associés pour Hydro-Québec, janvier 1999.
- 40- « Évaluation des effets énergétiques combinés des mesures d'économie d'énergie - Bâtiment de type : grand édifice commercial », ADS Groupe-conseil inc., décembre 1992.
- 41- « An Integrated Approach to the Design of Double Facades in Canadian non-domestic Buildings : A Case Study », Bourgeois, D., Demers, C.D., Migneron, J-G., Guimont, P., Proceedings of IAQVEC Conference, China, 2001
- 42- « Super Advanced Windows », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 43- « Vacuum Panel Insulation », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 44- « Integrated Onsite Energy System », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 45- « Gas-Filled Panels – Advanced Insulation », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 46- « Advanced T5 Lighting System », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 47- « T5 Fluorescent Lamps », Advanced Buildings Technologies and Practices, Lighting and daylighting, <http://www.advancedbuildings.org/>
- 48- « Advanced Metal Halide », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 49- « The 2-photon Lamp », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 50- « High Efficiency Sulfur Lamp Uplighter », Siminovitch, M., Lawrence Berkley National Laboratory
- 51- « Passive Solar Energy », Technology Fact Sheet, Energy Technology Futures 2030 Technology Perspectives
- 52- « Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality - an American National Standard », ASHRAE 62 – 1999, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers inc., ISSN 1041-2336
- 53- « The economically attractive potential for energy efficiency gains in Canada Case Study #3 - Commercial », Peat Marwick Stevenson & Kellogg in association with Marbek Resource Consultants, Torrie Smith and Associates, WATSRF, May 1991.
- 54- « Évaluation du potentiel technico-économique de la télégestion dédiée à la clientèle d'affaires », Rapport technique, Technosim, mars 1998.

- 55- « Potentiel d'économies d'énergie en réfrigération dans les arénas du Québec », Lavoie, M. R., Sunyé, R., Giguère, D., Préparé par le LRDEC pour l'Association des arénas du Québec, décembre 2000
- 56- « Lighting Energy Savings Opportunities in Hotel Guestrooms », Page, E., Siminovitch, M., Lawrence Berkley National Laboratory, LBNL-44448 L-217, October 1999
- 57- « L'énergie au bout des doigts – Guide de la force de vente », Hydro-Québec, mars 1998
- 58- « Commercial Building Incentive Program for Energy-Efficient new Construction – Technical Guide », Natural Resources Canada, Office of Energy Efficiency, ISBN 0-662-29685-0, 2000
- 59- « Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings », ASHRAE 90.1-1999, ISSN 1041-2336
- 60- « Règlement sur la qualité du milieu de travail », S-2.1., r.15., Gouvernement du Québec
- 61- « Advanced Lighting Program Development (BG9702800) », Final Report, Rubinstein, F., Johnson, S., Lawrence Berkley National Laboratory, LBNL-41679 L-218, February 1998
- 62- « St-Paul's Hospital Lighting retrofit study », Saskatchewan Energy Managment Task Forces, www.emtfsask.ca
- 63- « Chase Realizes Savings with Combined Humidification and Lighting Systems », Chase Manhattan Bank Case Study, Energy Solutions inc., www.okelectric.com/energysolutions/casestudies/chase.htm
- 64- « The Forrestal Building Relighting Project Saves \$400K Annually », Federal Energy Mangment Program (FEMP), Design Assisatnce, US DOE www.eren.doe.gov/femp/techassist/276.html
- 65-« Étude préliminaire pour le chauffage de l'eau dans le marché commercial - potentiel technico-économique», Planification commerciale, Marché Commercial, juin 1992.
- 66- « Drop-in heat pump water heater saves energy », Mayer, K.CADDET Newsletter, no.2 August 2001

Annexe A - Méthodologie de l'analyse économique

Annexe A - Méthodologie 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 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.

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

Annexe A - Méthodologie de l'analyse économique

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.

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):

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

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 :

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

Ce = prix moyen de l'énergie pour le client

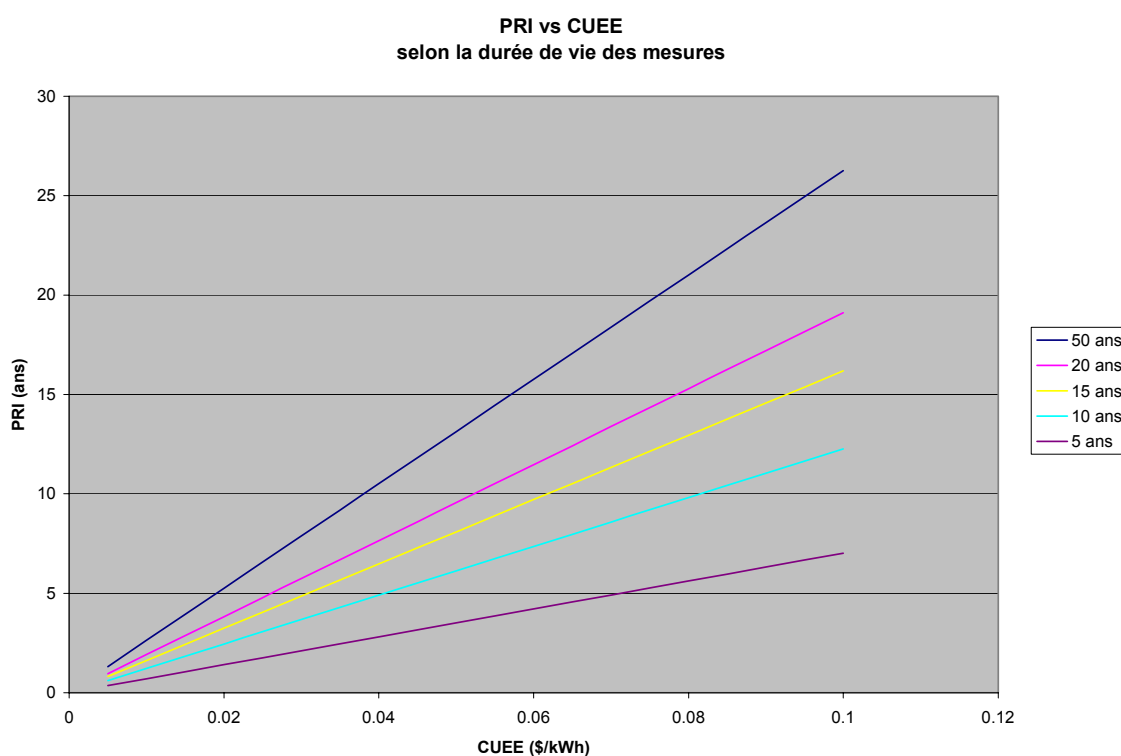
Ea = économie d'énergie annuelle (kWh) – client

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

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

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

Annexe A - Méthodologie de l'analyse économique

durée de vie en considérant l'inflation et le taux d'actualisation. La VAN se calcule 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 B - Glossaire des effets de distorsion et de certains concepts
généraux**

ANNEXE B – Glossaire et concepts généraux

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 celle 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'efficacité énergétique** : Ensemble des actions qui permettent de réduire la consommation d'énergie. La notion de mesures d'efficacité énergétique 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.