



Office de l'efficacité énergétique
Initiative des Innovateurs énergétiques

Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires



Ressources naturelles
Canada

Office de l'efficacité
énergétique

Natural Resources
Canada

Office of Energy
Efficiency

Canada

Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires

Produit par
l'Office de l'efficacité énergétique
Initiative des Innovateurs énergétiques

L'Initiative des Innovateurs énergétiques vise à encourager les organisations canadiennes des secteurs commercial et institutionnel à investir dans l'efficacité énergétique dans l'ensemble de leurs opérations en vue de réduire les coûts et de diminuer les émissions de gaz à effet de serre attribuables à la consommation d'énergie. Visitez notre site Web à <http://oee.rncan.gc.ca>.

Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires

Édition révisée

Also available in English under the title
Benchmarking Guide for School Facility Managers

ISBN 0-662-85867-0

N° de catalogue M92-221/2001F

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001

Pour se procurer des exemplaires supplémentaires de cette publication, écrire à
Programmes des secteurs industriel, commercial et institutionnel

Office de l'efficacité énergétique

Ressources naturelles Canada

580, rue Booth, 18^e étage

Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Téléphone : (613) 995-6950

Télécopieur : (613) 947-4121

Il est également possible de consulter ou de commander plusieurs publications de
l'Office de l'efficacité énergétique en direct en visitant notre bibliothèque virtuelle
Publications Énergie à <http://oe.e.mcan.gc.ca/infosource>. Le site Web de l'Office de
l'efficacité énergétique est : <http://oe.e.mcan.gc.ca>.



Papier recyclé



Imprimé au Canada

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1. Consommation d'énergie dans les écoles	1
1.1 Consommation d'énergie dans les écoles canadiennes	1
Chapitre 2. Analyse comparative du rendement énergétique	2
2.1 Calcul des données de référence	3
2.1.1 Rendement de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire	3
2.1.2 Rendement de référence par école	5
2.1.3 Rendement de référence entre écoles similaires	5
2.2 Comparaison avec les exigences du <i>Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments</i> et du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)	6
Chapitre 3. Résultats de l'analyse comparative	6
3.1 Rendement énergétique des commissions ou conseils scolaires	7
3.2 Rendement énergétique par école	9
3.3 Rendement énergétique entre écoles similaires	12
3.4 Autres variables à incidence prises en considération	14
3.5 Comparaison avec les exigences du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)	15
Chapitre 4. Comparaisons progressives de données de référence modèles ...	15
Chapitre 5. Calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES)	18
Chapitre 6. Facteurs de conversion, contenu énergétique, facteurs d'émissions de GES et degrés-jours de chauffage (DJC)	19
Chapitre 7. Ressources	23

Le *Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires* vise à aider les gestionnaires du secteur scolaire à calculer le rendement énergétique de leur établissement et à le comparer à des données de références tant dans leur région que partout au Canada. Tel un signal d'alarme, il incite les gestionnaires à évaluer le rendement énergétique de leur établissement en vue de déterminer un plan d'action visant la réduction des coûts liés à la consommation énergétique. En comparant l'intensité énergétique moyenne de leur établissement à celle d'autres écoles à l'échelle nationale et régionale ainsi qu'à celle d'écoles semblables, les gestionnaires d'établissement pourront se fixer des objectifs d'amélioration de rendement. Explorer les possibilités de réduire la consommation d'énergie et les mettre en pratique permet de réaliser des économies tout en protégeant l'environnement.

Cette analyse comparative est publiée conjointement avec le *Guide des stratégies optimales à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires*. Ces guides font partie du programme pilote d'analyse comparative et de stratégies optimales mis sur pied par l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) de Ressources naturelles Canada (RNCCan).

Chapitre 1 – Consommation d'énergie dans les écoles

Pour lancer un tel programme, il est essentiel d'établir où l'énergie est consommée et d'identifier les principaux points à améliorer. Dans les écoles, l'énergie est un élément capital d'un milieu sûr et confortable pour les activités éducatives, sportives et administratives, ainsi que pour diverses installations, comme les cafétérias, les laboratoires, les piscines et les gymnases. L'énergie est principalement utilisée pour le chauffage et l'éclairage. Cependant, certaines écoles ont besoin de systèmes supplémentaires qui assurent le refroidissement ou la climatisation. En général, on utilise la chaudière au gaz ou au mazout pour le chauffage. Dans certaines régions du Québec et dans presque toutes les écoles rurales du Manitoba, on utilise un chauffage électrique direct en raison de l'approvisionnement facile en électricité renouvelable et bon marché. Le refroidissement se fait habituellement à l'électricité.

Le chauffage utilisant les combustibles fossiles semble être l'élément le plus courant de la consommation d'énergie d'un établissement et serait donc la plus grande source d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂). Toutefois, en tenant compte de la consommation d'énergie primaire (incluant la conversion

dans les centrales énergétiques), il se peut que la climatisation produise la plus grande quantité de CO₂ et engendre ainsi une dépense financière importante. C'est pourquoi l'analyse continue des deux systèmes devrait être un des principaux objectifs de tout programme global de supervision de la consommation énergétique. Dans les écoles dotées d'installations spéciales, comme des piscines, il y aurait lieu d'effectuer un suivi et un contrôle spécifiques des coûts et de la consommation d'énergie de ces installations pour en tenir compte dans l'élaboration du budget énergétique de l'établissement.

1.1 Consommation d'énergie dans les écoles canadiennes

Il y a environ 15 000 écoles au Canada, lesquelles sont supervisées par près de 495 commissions ou conseils scolaires. Les données sur la consommation d'énergie ont été analysées pour préparer cette analyse comparative. La figure 1 et le tableau 1 indiquent les données des coûts et de la consommation d'énergie rassemblées au cours de ce premier programme pilote. Environ 1 473 écoles ont participé au processus de collecte de données de l'OEE. L'Agence de l'efficacité énergétique et le ministère de l'Éducation du Québec ont fourni des données supplémentaires provenant de 2 770 écoles du Québec (voir chapitre 7, Ressources). En raison des différentes années financières, les données s'étalent de 1997 à 1999.

Figure 1. Répartition de la consommation d'énergie selon le programme pilote

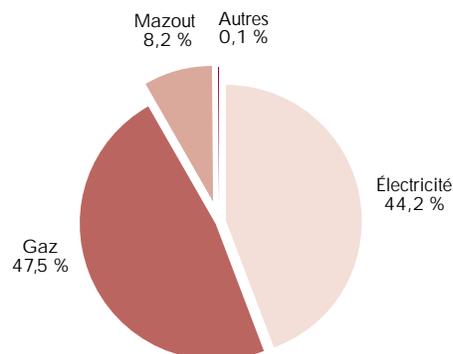


Tableau 1. Coûts et consommation d'énergie par région, selon les données du programme pilote

Région	Nombre d'écoles participantes	Superficie des écoles participantes (en millions de m ²)	Répartition de la consommation d'énergie (pourcentage)				Consomm. énerg. totale (en millions de kWh/an)	Coûts énerg. totaux (millions \$/an)
			Électricité	Gaz	Mazout	Autres		
Yukon, Nunavut Territoires du Nord-Ouest	7	0,031	29,2	–	70,8	–	0,87	
Colombie-Britannique	406	1,71	33,6	49,0	16,4	1,0	368	13,5
Alberta	371	1,76	31,1	68,9	–	–	560	14,8
Saskatchewan	90	0,36	22,9	77,1	–	–	127	3,2
Manitoba	113	0,51	32,4	57,8	8,8	1,0	123	5,3
Ontario	444	2,40	36,0	56,5	7,4	0,1	343	22,0
Québec	2 770	12,15	50,9	39,9	9,2	–	2 451	123,4
Provinces de l'Atlantique	42	0,18	30,8	69,2	–	–	32	1,8
Total	4 243	19,10					4 004	184,9
						Électricité	1 770	
						Gaz	1 900	
						Mazout	330	
						Autres	4	

Remarques :

- kWh/an = kilowattheure équivalent d'énergie fournie par an.
- La catégorie «Autres» des énergies consommées comprend le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et les combustibles solides.
- Ne pas utiliser le tableau 1 pour comparaison, car les commissions ou conseils scolaires pourraient ne pas avoir fourni des renseignements complets. Certaines commissions ou conseils scolaires ont présenté des données sur le coût énergétique ou sur la consommation d'énergie, mais pas nécessairement sur les deux. En conséquence, les renseignements sur le coût du kWh/an de chaque région pourraient varier considérablement.
- Les données portent sur la période 1997-1999.

Chapitre 2 : Analyse comparative du rendement énergétique

Les renseignements sur le rendement énergétique servent de point de départ à la supervision de la consommation d'énergie. Collecter des données de référence sur une base régulière permet d'évaluer le rendement et de trouver des possibilités d'économies. Les tendances de consommation de combustible peuvent être identifiées en effectuant une analyse comparative des données entre écoles semblables à l'échelle régionale ou nationale ou en comparant les données d'une année à l'autre.

Les données de référence sont représentatives. Une école peut donc comparer son rendement à des statistiques nationales sur la consommation annuelle d'énergie ou sur les coûts par mètre carré de superficie ou par élève. Ainsi, l'école arrive à discerner les avantages possibles d'adopter des « stratégies optimales ».

Le rendement varie d'une donnée de référence à l'autre, en fonction des variables à incidence (ou facteurs d'influence). En raison du nombre restreint des données obtenues au cours de ce programme pilote, certaines variables à incidence n'ont pas été prises en considération. Parmi les facteurs déterminants dont cette analyse a tenu compte, on retrouve :

- **L'emplacement** – Les données de référence sont exprimées par région. L'emplacement exerce une influence sur le rendement énergétique, en raison de la diversité des sources d'énergie et des tarifs des coûts énergétiques utilisés dans les différentes régions.



- **Le climat** – Les degrés-jours de climatisation et de chauffage varient en fonction du lieu. Ces degrés-jours expriment le nombre total de degrés par jour au cours d'une période déterminée pendant laquelle la climatisation ou le chauffage est nécessaire pour le confort à l'intérieur des locaux d'un lieu donné. Elles permettent de comparer différentes régions climatiques en termes de consommation d'énergie par degré-jour de chauffage ou de refroidissement. Les degrés-jours de chauffage (DJC) permettent de mesurer l'énergie de chauffage nécessaire pendant la saison de chauffage; elle est mesurée en fonction de l'écart entre la température de base de 18 °C et la température moyenne du jour.

Pour représenter les DJC, la consommation d'énergie a été normalisée au moyen de la démarche présentée par l'Agence de l'efficacité énergétique et le ministère de l'Éducation du Québec. La moyenne des DJC au cours des 30 dernières années et pour l'année donnée a été fournie par Environnement Canada en vue de normaliser les données (consulter les références au chapitre 7). La formule utilisée pour normaliser les DJC est la suivante :

$$E_n = E_r \cdot 3 \cdot [0,3 + 0,7 \cdot (\text{DJC}_{30}/\text{DJC}_r)]$$

Où

E_n = consommation annuelle normalisée pour une année

E_r = consommation annuelle réelle pour une année

DJC_{30} = moyenne annuelle des degrés-jours de chauffage sur 30 années (température de base : 18 °C)

DJC_r = moyenne annuelle des degrés-jours de chauffage réels (température de base : 18 °C)

- **Taux d'occupation** – Les données d'intensité sont basées sur un nombre constant d'élèves, qu'il s'agisse d'élèves à temps partiel ou à temps plein. Le nombre d'élèves est important dans les écoles qui offrent des cours du soir ou des programmes scolaires à d'autres moments de la journée, car les élèves à temps partiel sont un indicateur d'heures d'exploitation plus longues. Le taux d'occupation est un moyen de représenter l'impact de ces heures d'utilisation.
- **L'âge du bâtiment** – Les bâtiments sont regroupés en trois catégories selon l'âge de la construction : plus de 25 ans, de 10 à 25 ans et moins de 10 ans.

Outre les variables à incidence, cette analyse comprend des données de référence relatives réparties selon trois groupes. Ainsi, les gestionnaires d'établissements peuvent comparer leur rendement énergétique à celui d'autres commissions ou conseils scolaires, d'autres écoles dans leur propre commission ou conseil scolaire, ou d'écoles semblables dans d'autres commissions ou conseils scolaires. Cette comparaison peut les aider à décider de poursuivre ou non les activités d'utilisation

rationnelle de l'énergie sur l'ensemble de la commission ou du conseil scolaire ou au sein d'une école en particulier. Les différents groupes ont été établis comme suit :

- **Commissions ou conseils scolaires** – Les intensités de consommation d'énergie des commissions ou conseils scolaires peuvent être comparées aux moyennes nationale et régionale. Quant aux coûts, ils sont fournis à titre d'exemples. Les variables à incidence dont on a tenu compte sont la consommation et les coûts d'énergie, les DJC, la superficie, le nombre d'élèves et l'emplacement.
- **École** – Il est également possible de comparer les intensités de consommation d'énergie de chaque école aux moyennes nationale et régionale. De même, les variables à incidences dont on a tenu compte pour chaque école sont la consommation et les coûts d'énergie, les DJC, la superficie, le nombre d'élèves et l'emplacement. À l'origine, les écoles étaient réparties en trois catégories : primaires, secondaires et autres. Les résultats ne montrant pas de différences notables, ces trois catégories d'école ont été regroupées sous une seule catégorie pour cette analyse.
- **Écoles semblables** – Le troisième groupe de l'analyse comparative présente les écoles en rapport à d'autres qui sont du même type. Une école est comparée à d'autres écoles présentant des DJC et des âges de bâtiments similaires ou, le cas échéant, à des écoles qui, comme elle, utilisent ou n'utilisent pas de système de climatisation.

Les résultats de cette première étude pilote nationale sur la comparaison du rendement sont illustrés au chapitre 3.

2.1 Calcul des données de référence

Pour calculer le rendement de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire, il est nécessaire de rassembler des données sur le taux d'occupation, la consommation d'énergie annuelle, les variations climatiques et les caractéristiques physiques du site. Les sections suivantes décrivent des procédures visant à évaluer les intensités de consommation d'énergie et les coûts de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire.

2.1.1 Rendement de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire

Pour calculer le rendement d'une commission ou d'un conseil scolaire et le comparer ensuite aux données de l'Analyse, suivre ces étapes :

1. Déterminer la ou les superficies totales desservies en mètres carrés (m²) (c'est-à-dire chauffées ou climatisées).
2. Déterminer le nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire.

3. Rassembler les données des relevés de compteurs ou des factures de services publics pour calculer les coûts et la consommation d'énergie annuels en combustible fossile et en électricité pour toutes les écoles d'une commission ou d'un conseil scolaire.
4. Convertir les données de consommation en unités énergétiques courantes ou kilowattheures équivalents (kWheq) et calculer la consommation totale (voir chapitre 6 pour plus de précision sur les facteurs de conversion et des conseils supplémentaires pour la conversion).
5. Obtenir la moyenne annuelle des DJC des 30 dernières années et les données sur les DJC annuels de l'année en cause pour la région en question.
6. Normaliser la consommation d'énergie des DJC au moyen de l'équation fournie à la page 3.
7. Calculer le rendement de référence global des intensités d'énergie effectives et normalisées en kWheq/m², \$/m² et \$/élèves. Comparer ensuite les résultats obtenus aux données de référence kWheq/élève des figures 4 et 5 et des tableaux 2 et 3 (au chapitre 3).

Ce processus permet de déterminer le rendement de référence global d'une commission ou d'un conseil scolaire. Un modèle pour faciliter le calcul des données de référence est fourni à la figure 2.

Les comparaisons concernant les **coûts** et les **élèves** ne sont fournies qu'à titre indicatif. Comme le démontrent les résultats de l'analyse comparative du chapitre 3, ces comparaisons varient considérablement en raison de nombreux facteurs, dont le coût unitaire de l'énergie variable d'une région à l'autre.

Figure 2. Modèle de calcul des données de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire

Étape	Valeur			
1. Superficie totale de la commission ou du conseil scolaire (m ²)				
2. Nombre total d'élèves dans la commission ou le conseil scolaire				
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités	Valeur	kWheq	\$
– Électricité	kWh			
– Gaz naturel	m ³			
– Mazout	L			
– Autre (spécifier)				
– Total				
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région				
– Emplacement/région				
– Moyenne des DJC sur 30 ans				
– Moyenne des DJC de l'année en cause				
(voir les coordonnées des personnes-ressources d'Environnement Canada au chapitre 7)				
5. Normaliser la consommation d'énergie des DJC				
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$				
6. Rendement de référence				
– kWheq/m ² réel				
– kWheq réel/élève				
– \$ réel/m ²				
– \$ réel/élève				
– kWheq normalisé/m ²				
– kWheq normalisé/élève				
7. Au moyen des figures 4 et 5 et des tableaux 2 et 3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				

2.1.2 Rendement de référence par école

On peut comparer chaque école en suivant une méthode quasi identique à celle utilisée pour les commissions ou conseils scolaires (présentée précédemment.). Suivre toutes les étapes visant les commissions ou conseils scolaires en se servant de la figure 3 comme modèle pour rassembler les renseignements nécessaires et effectuer les calculs appropriés.

N'utiliser les comparaisons relatives aux coûts et aux élèves qu'à titre indicatif (les comparaisons concernant les élèves peuvent varier en raison de plusieurs facteurs, dont certains ont été cités précédemment).

2.1.3 Rendement de référence entre écoles similaires

Le troisième groupe de cette analyse comparative concerne la comparaison entre écoles similaires. Les variables à incidence qui ont été prises en considération sont le climat (DJC), l'âge de l'école, l'emplacement de l'école et la climatisation.

Le modèle de la figure 3 peut également servir à résumer les données en vue de comparer les résultats obtenus aux résultats de l'analyse comparative du chapitre 3.

Figure 3. Modèle de calcul des points de référence des écoles, qu'on les évalue séparément ou qu'elles soient comparées entre elles

Étape	Valeur			
1. Superficie totale de la commission ou du conseil scolaire (m ²)				
2. Nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire				
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités	Valeur	kWheq	\$
– Électricité	kWh			
– Gaz naturel	m ³			
– Mazout	L			
– Autre (spécifier)				
– Total				
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région				
– Emplacement/région				
– Moyenne des DJC sur 30 ans				
– Moyenne des DJC de l'année en cause				
(voir les coordonnées des personnes-ressources d'Environnement Canada au chapitre 7)				
5. Normaliser la consommation d'énergie des DJC				
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$				
6. Rendement de référence				
– kWheq/m ² réel				
– kWheq réel/élève				
– \$ réel/m ²				
– \$ réel/élève				
– kWheq normalisé/m ²				
– kWheq normalisé/élève				
7. Au moyen des figures 6 et 7 et des tableaux 4 et 5, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				
Comparaison avec des écoles similaires (Section 2.1.3)				
8. Âge de l'école (<10 ans, 10-25 ans, >25 ans)				
9. Climatisation (oui ou non)				
10. Au moyen des chiffres de la section 3.3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				



2.2 Comparaison avec les exigences du Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments et du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)

Un autre type d'analyse comparative significative que les écoles peuvent utiliser consiste à comparer le rendement aux exigences du *Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments* (CMNÉB) et du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC). Bien que ne faisant pas partie de ce programme de référence, ce type de comparaison mérite d'être considéré.

L'OEE se sert du CMNÉB comme base de comparaison pour son PEBC. Le code établit des normes minimales régissant les matériaux et les caractéristiques de construction ayant une incidence sur l'efficacité énergétique des bâtiments. L'une des principales exigences du PEBC est une consommation d'énergie d'au moins 25 p. 100 inférieure à celle d'un bâtiment similaire construit selon les normes du code. Le CMNÉB aide les concepteurs à mettre au point des bâtiments utilisant l'énergie de façon rationnelle qui permettent de réduire au minimum les factures relatives à la climatisation et au chauffage. Il tient compte du climat, des catégories et des coûts de combustible, ainsi que des coûts régionaux de construction dans le calcul des normes minimales. Ce code traite également de la résistance thermique, du rendement de l'éclairage, du chauffage, de la climatisation et de la ventilation (CVC), de l'utilisation des eaux de traitement et de la consommation globale d'électricité.

En général, les bâtiments et équipements consommateurs d'énergie sont conçus selon les normes de rendement fixées par l'*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE). Les gestionnaires d'établissement sont invités à consulter les codes de l'ASHRAE pour en savoir davantage sur le rendement énergétique et l'élaboration de plans d'action visant l'amélioration de la situation actuelle. Pour plus de précisions sur la manière de comparer les établissements aux exigences du PEBC, consulter le chapitre 7, Ressources.

Chapitre 3. Résultats de l'analyse comparative

Ce programme pilote d'analyse comparative a permis d'analyser des données de 1997–1999 provenant de 112 commissions ou conseils scolaires et de 4 243 écoles en vue d'obtenir des modèles nationaux et régionaux. Compte tenu du faible échantillon de données, l'analyse comparative a été réalisée selon la méthode décrite plus loin.

Les modèles sont illustrés sous différents graphiques $x-y$ (en nuage de points) et tableaux synthèses. L'analyse des graphiques a été effectuée selon une technique statistique connue sous le nom d'analyse de régression. Les valeurs du coefficient de détermination multiple (R^2), ou proportion des variances y résultant de la variance x , sont également fournies. Elles indiquent s'il y a une interdépendance entre les diverses variables à incidences, telles la superficie, les DJC et les élèves. L'interdépendance est d'autant plus importante que la valeur (R^2) se rapproche du chiffre 1.

Les données de base de cette analyse comparative sont établies de façon générale, tel qu'on le fait habituellement dans ce type d'étude. L'analyse suivante est fondée sur un échantillon restreint de données provenant des commissions ou conseils scolaires ayant répondu au questionnaire de l'OEE ou sur les données obtenues de l'Agence de l'efficacité énergétique du Québec et du ministère de l'Éducation du Québec. Dans certains cas, les données étaient incomplètes et/ou seules de vieilles données étaient disponibles. On a constaté un écart important entre les régions selon l'étendue de leur réseau scolaire. **Il y aurait donc lieu de considérer ces résultats comme une indication préliminaire du rendement de référence du secteur scolaire du Canada.**

Les économies potentielles pourraient stimuler des analyses plus approfondies sur le terrain. La mise en place de nouvelles mesures permettra une amélioration progressive des normes. L'écart entre le niveau de rendement des « bonnes stratégies » et celui des « stratégies optimales » devrait se réduire aux cours des études subséquentes.

Les écoles peuvent se servir de ces données de référence pour déterminer leur rendement énergétique. Ainsi, on suppose que les écoles ayant un rendement énergétique égal ou inférieur à la moyenne – soit inférieur à la droite de régression ou à l'équation moyenne (c'est-à-dire kWh/q/m²) – utilisent de bonnes stratégies. Celles dont le rendement est inférieur d'au moins 25 p. 100 au rendement moyen pourraient se classer dans la catégorie des établissements ayant adopté des « stratégies optimales ».

À l'aide des courbes de tendance, les écoles peuvent calculer le rendement « moyen » en fonction de la superficie ou du nombre d'élèves et le comparer ensuite à leur consommation d'énergie réelle.

La différence entre les « bonnes stratégies » et les « stratégies optimales » donne une idée générale des possibilités d'économies du site analysé.

3.1 Rendement énergétique des commissions ou conseils scolaires

Les données provenant des commissions ou conseils scolaires ayant fourni suffisamment de renseignements ont été analysées en vue de déterminer les relations entre les différentes variables à incidence, notamment :

- le climat (DJC);
- la région;
- la consommation d'énergie et ses coûts;
- la superficie;
- le nombre d'élèves.

Ces variables ont été évaluées à l'échelle nationale et régionale, permettant ainsi d'établir des points de référence pour les commissions ou conseils scolaires (au moyen des graphiques $x-y$) :

- kWh_{eq} en fonction de la superficie (m²) pour la consommation annuelle d'énergie réelle et normalisée;
- kWh_{eq} en fonction des élèves pour la consommation d'énergie annuelle réelle et normalisée;
- coûts annuels réels (\$) reliés à l'énergie en fonction de la superficie (m²);
- coûts annuels réels (\$) reliés à l'énergie en fonction du nombre d'élèves.

Remarque : Tous les renseignements sont fondés sur des données annuelles

Les figures et tableaux suivants montrent les résultats de l'analyse comparative.

Figure 4. Consommation annuelle d'énergie normalisée en fonction de la superficie des commissions ou des conseils scolaires

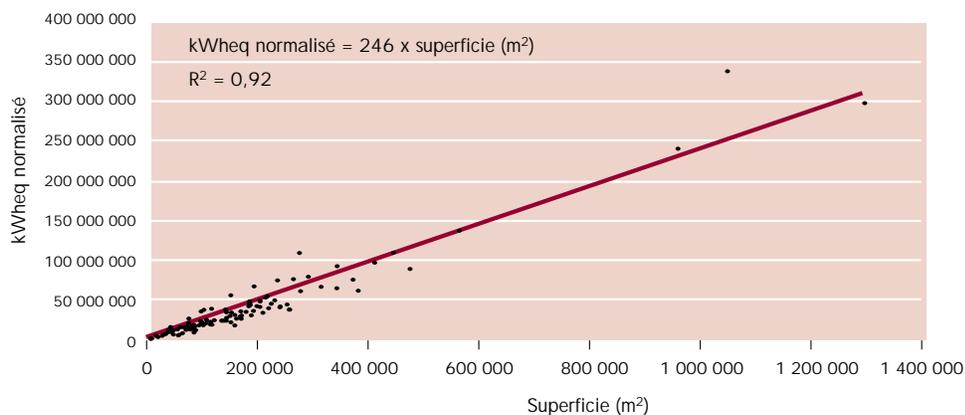


Figure 5. Coût annuel réel de l'énergie en fonction de la superficie des commissions ou conseils scolaires

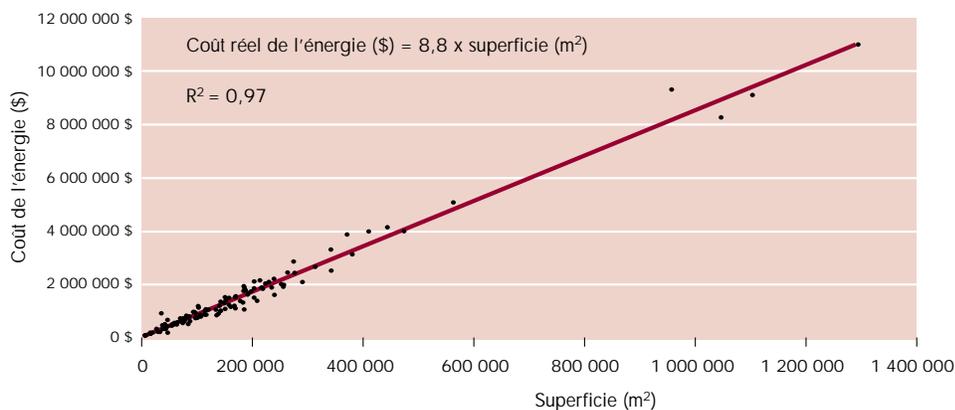


Tableau 2. Sommaire des données de référence sur la consommation d'énergie annuelle des commissions ou conseils scolaires des différentes régions

Région	Superficie			Élèves		
	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle kWhq/m ²	Moyenne normalisée kWhq/m ²	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle kWhq/élève	Moyenne normalisée kWhq/élève
Canada	109	242	246	103	3 116	3 170
Colombie-Britannique	11	240	260	11	2 511	2 815
Alberta	11	328	327	10	4 340	4 344
Saskatchewan	6	383	397	4	3 650	3 674
Manitoba	7	293	303	6	3 990	3 877
Ontario	7	255	253	6	3 523	3 506
Québec	65	214	217	65	2 684	2 727
Provinces de l'Atlantique	2	171	167	1	1 840	1 727
Yukon, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest	0	-	-	0	-	-

Tableau 3. Sommaire des données de référence sur le coût de l'énergie annuel des commissions ou conseils scolaires des différentes régions

Région	Superficie		Élèves	
	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle \$/m ²	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle \$/élève
Canada	112	8,8	105	116,6
Colombie-Britannique	11	7,6	11	82,3
Alberta	11	8,2	10	108,0
Saskatchewan	6	10,4	4	143,8
Manitoba	8	9,5	7	121,8
Ontario	8	9,2	6	107,6
Québec	65	8,8	65	134,6
Provinces de l'Atlantique	2	9,9	1	58,4
Yukon, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest	1	27,7	1	482,4

Remarque :

- Les données de référence sur le coût ne sont fournies qu'à titre d'exemple; une attention particulière est de mise. Le coût unitaire peut varier considérablement d'une région à l'autre et d'une commission ou d'un conseil scolaire à l'autre, ce qui risque d'influencer énormément les coûts de référence.



Résultats et observations

Les données provenant des commissions ou conseils scolaires ont servi à établir la consommation moyenne et les coûts moyens en vue de les utiliser comme référence. Ces données ont été normalisées pour tenir compte des DJC. La consommation et les dépenses de chaque commission ou conseil scolaire ont été établies en fonction de la superficie et du nombre d'élèves pour déterminer s'il y a interdépendance. Les figures 4 et 5 et les tableaux 2 et 3 représentent les résultats de l'intensité énergétique reliés à la consommation et aux coûts. L'analyse de régression montre clairement une relation entre la consommation et la superficie ou les élèves.

Intensité normalisée et intensité réelle – L'écart entre l'indice kWhq/m² national réel et l'indice kWhq/m² national normalisé était d'environ 2 p. 100, mais il était plus élevé dans certaines régions. Ainsi, l'intensité normalisée de la Colombie-Britannique était de 8,3 p. 100 plus élevée que l'intensité réelle. De toute évidence, le climat a un impact sur le rendement énergétique.

kWheq/m² – La superficie est étroitement liée à la consommation comme le démontre la valeur nationale R² de 0,92. La plus faible valeur attribuée à R² vient du Manitoba (0,85). Les régions des Prairies semblent consommer plus d'énergie au mètre carré que les autres régions, en particulier le Québec et la Colombie-Britannique, et dépassent même la moyenne nationale. Toutefois, le Québec, largement représenté dans l'étude et montrant la consommation la plus faible par mètre carré, a provoqué une diminution de la moyenne nationale. Il est intéressant de noter que les variations d'intensité s'accroissent à mesure que la superficie des commissions ou conseils scolaires augmente. On peut donc en déduire que les commissions ou conseils scolaires de superficie plus modeste semblent consommer des quantités similaires d'énergie par mètre carré.

S/m² – La superficie de la commission ou du conseil scolaire semble également avoir une influence sur les coûts avec une valeur R² nationale de 0,97 indiquant une très forte interdépendance. Toutes les régions ont dépensé des montants similaires par mètre carré, ce qui est assez surprenant, puisque ces coûts devraient varier selon l'emplacement. D'après les rendements normalisés des coûts, la Saskatchewan a payé légèrement plus cher (environ 18 p. 100) par mètre carré que la moyenne nationale. La Colombie-Britannique affiche la dépense la plus faible et les Territoires présentent de loin le taux le plus élevé par mètre carré, peut-être en raison de leur faible participation à l'étude. Il est surprenant de noter la tendance à la croissance des coûts par mètre carré à mesure que la superficie des commissions ou conseils scolaires augmente.

kWheq/élève – Bien que moins évidente, la relation directe entre consommation et nombre d'élèves a été démontrée. À l'exception de la Saskatchewan, toutes les valeurs R² dépassent 0,75. Les commissions ou conseils scolaires de plus de 15 000 élèves semblent présenter de plus grandes variations d'intensité énergétique. À mesure que le nombre d'élèves augmente dans une commission ou un conseil scolaire, la relation entre consommation et élèves s'affaiblissait. Les moyennes régionales varient considérablement, probablement en raison d'une façon de répertorier les étudiants différente d'une région à l'autre. Les régions de l'Atlantique présentent une moyenne remarquablement basse, probablement en raison de leur faible participation à l'étude.

S/élève – L'étroite relation entre le coût de l'énergie et le nombre d'élèves est assez surprenante, mais elle ne tient pas compte des différences régionales concernant les prix unitaires payés par les différentes commissions ou conseils scolaires. Les valeurs R² étaient supérieures à 0,6. Comme les résultats de la « consommation par élève », le coût par élève augmente avec la croissance du nombre d'élèves au sein de la commission ou du conseil scolaire. Les coûts moyens par élève varient selon les régions, la moyenne de la Colombie-Britannique présentant environ 29 p. 100 de moins que la moyenne nationale et la moyenne de la Saskatchewan 23 p. 100 de plus. Les Territoires et les régions de l'Atlantique présentent des moyennes sensiblement inférieures, mais moins de commissions ou de conseils scolaires ont participé à l'étude dans ces deux cas.

3.2 Rendement énergétique par école

Des données intéressantes ont été rassemblées en vue de déterminer le rendement de référence de chaque école. Environ 3 500 écoles ont fourni des données, permettant ainsi d'établir les relations entre les différentes variables à incidence et de fixer des points de référence pertinents. La méthode utilisée pour étalonner le rendement énergétique d'une école était similaire à celle utilisée pour les commissions ou conseils scolaires. Les résultats de l'analyse comparative sont présentés dans les figures et tableaux suivants.

Les données de référence ou les moyennes visant les élèves fournies par cette analyse ne le sont qu'à titre indicatif et requièrent une attention particulière.



Figure 6. Consommation annuelle d'énergie normalisée en fonction de la superficie des écoles

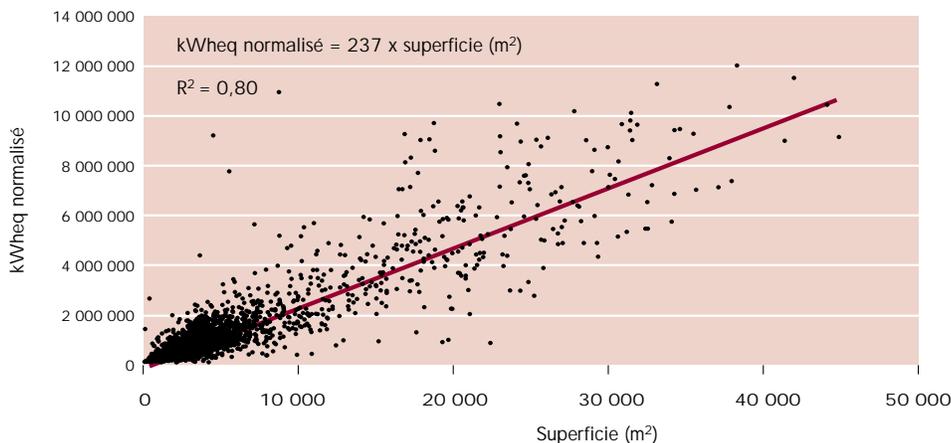


Figure 7. Coût annuel réel de l'énergie en fonction de la superficie des écoles

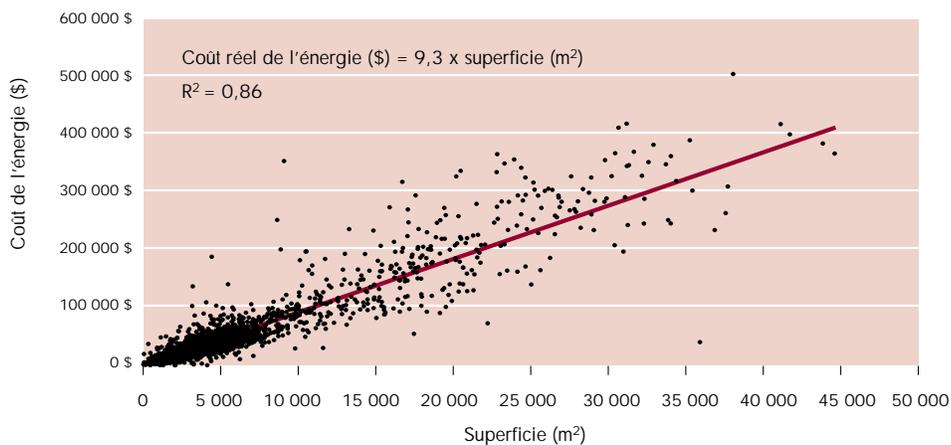


Tableau 4. Sommaire des intensités de la consommation d'énergie annuelle des écoles des différentes régions

Région	Superficie			Élèves		
	Nombre d'écoles analysées	Moyenne réelle kWh/m²	Moyenne normalisée kWh/m²	Nombre d'écoles analysées	Moyenne réelle kWh/élève	Moyenne normalisée kWh/élève
Canada	3 307	232	237	3 221	3 042	3 095
Colombie-Britannique	330	202	217	334	2 140	2 300
Alberta	323	313	317	322	3 988	4 043
Saskatchewan	79	384	399	22	2 732	2 779
Manitoba	69	314	345	68	3 882	3 877
Ontario	205	259	258	180	3 260	3 237
Québec	2 259	222	226	2 253	3 052	3 098
Provinces de l'Atlantique	42	173	162	42	1 828	1 716
Yukon, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest	0	-	-	0	-	-



Tableau 5. Sommaire du coût de l'énergie annuel des écoles des différentes régions

Région	Superficie		Élèves	
	Nombre d'écoles analysées	Moyenne réelle \$/m ²	Nombre d'écoles analysées	Moyenne réelle \$/élève
Canada	3 486	9,3	3 401	122
Colombie-Britannique	334	7,1	333	84
Alberta	323	8,6	322	111
Saskatchewan	79	9,7	22	89
Manitoba	69	10,7	68	129
Ontario	373	9,1	348	108
Québec	2 259	9,4	2 259	132
Provinces de l'Atlantique	42	9,6	42	101
Yukon, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest	7	30,5	7	450

Résultats et observations

Comme dans le cas des commissions ou conseils scolaires, la consommation et les dépenses de chaque école ont été établies en fonction de la superficie et du nombre d'élèves pour déterminer s'il y a interdépendance. Les figures 6 et 7 et les tableaux 4 et 5 donnent une description des résultats de l'analyse comparative.

Intensités normalisée et réelle – L'écart entre l'indice kWh/m² national réel et l'indice kWh/m² national normalisé est d'environ 2 p. 100. Il est toutefois plus élevé dans certaines régions, comme en Colombie-Britannique où l'intensité normalisée était de 7,4 p. 100 plus élevée que l'intensité réelle.

kWh/m² – La valeur de R² étant de 0,8, on constate une relation importante entre la superficie et la consommation. Quelle que soit la dimension des écoles, les intensités énergétiques varient considérablement de l'une à l'autre. Les données de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba dépassent sensiblement la moyenne nationale. Le Québec, la Colombie-Britannique et les régions de l'Atlantique présentent les intensités moyennes les plus basses, indiquant probablement des écoles qui ont adopté des stratégies d'économie d'énergie dans ces régions. Toutefois, la faible intensité moyenne des régions de l'Atlantique peut être attribuable au peu de données simples. La Colombie-Britannique présente une valeur R² de 0,48 indiquant une relation plus faible entre énergie et superficie. La variation est plus accentuée dans les écoles de superficie supérieure à 8 500 m², comme on le constate à la figure 6. D'une part, plusieurs écoles de plus de 8 500 m² présentent des intensités très inférieures à la moyenne, suggérant des écoles considérablement plus efficaces que les autres, en raison peut-être de la

mise en application d'un programme de « stratégies idéales ». D'autre part, de nombreuses écoles indiquent des intensités moyennes dépassant nettement la moyenne nationale, peut-être attribuables à des stratégies inefficaces ou à l'offre de services inhabituels, comme des piscines.

\$/m² – La relation entre les coûts de l'énergie et la superficie est marquée (R² correspondant à 0,86). Bien que faible dans certaines régions, telles que la Colombie-Britannique (R² = 0,58) et l'Ontario (R² = 0,64), la relation est suffisamment évidente pour permettre de conclure que la superficie constitue une variable à incidence. Les coûts entre les différentes régions varient considérablement. Ainsi les Territoires, la Saskatchewan et le Manitoba présentent le coût le plus élevé par mètre carré, tandis que la Colombie-Britannique affiche le coût le plus faible. Ces écarts étaient prévisibles, puisque les tarifs de l'énergie varient d'une région à l'autre. Seuls les territoires ont une moyenne nettement différente de la moyenne nationale, présentant un coût par mètre carré beaucoup plus élevé que les autres régions. Toutefois, il n'y a aucun impact sur la moyenne nationale en raison du faible nombre d'écoles participantes. La relation entre le coût et la superficie (R² = 0,86) en ce qui a trait à l'intensité nationale est légèrement plus élevée que celle existant entre la consommation et la superficie (R² = 0,80), ce qui suggère que le coût par mètre carré, comparé à la consommation, soit plus stable dans l'ensemble du Canada.

kWh/élève – On a également démontré une faible interdépendance entre consommation et coût d'une part et nombre d'élèves. Comme les valeurs R² nationales pour la consommation et les coûts sont respectivement de 0,9 et de 0,6, on peut conclure que le nombre d'élèves constitue également une variable à incidence. Toutefois, un grand écart entre les régions a été constaté. La Saskatchewan présente la



donnée la plus faible avec une valeur R^2 de 0,36, alors que les autres régions affichent des résultats nettement plus élevés, allant jusqu'à 0,95 dans un cas. Quant à l'incidence du nombre d'élèves sur les coûts, les variations en valeurs R^2 sont plus importantes pour chaque région. La plupart des valeurs R^2 sont inférieures à 0,65, suggérant vraisemblablement que l'incidence du nombre d'élèves sur le coût soit moindre ou que des méthodes différentes ont été utilisées pour recenser les élèves.

3.3 Rendement énergétique entre écoles similaires

Afin d'aider les écoles à comparer leur rendement à celui d'autres écoles présentant des caractéristiques similaires, on a effectué une analyse complémentaire des données de l'étude nationale. Le climat, le type d'activités de l'école, ainsi que le nombre de bâtiments et leur âge sont des variables dont cette analyse tient compte en vue de déterminer laquelle a le plus d'incidence sur la consommation énergétique.

Il est à noter que la première recherche comprenait plus de variables reliées au regroupement d'écoles similaires, mais en raison du manque de données, il n'a pas été possible de tirer des conclusions précises. En conséquence, de nombreuses variables à incidence n'ont pas été prises en considération ou ont été mentionnées comme sous-variables (voir Section 3.4).

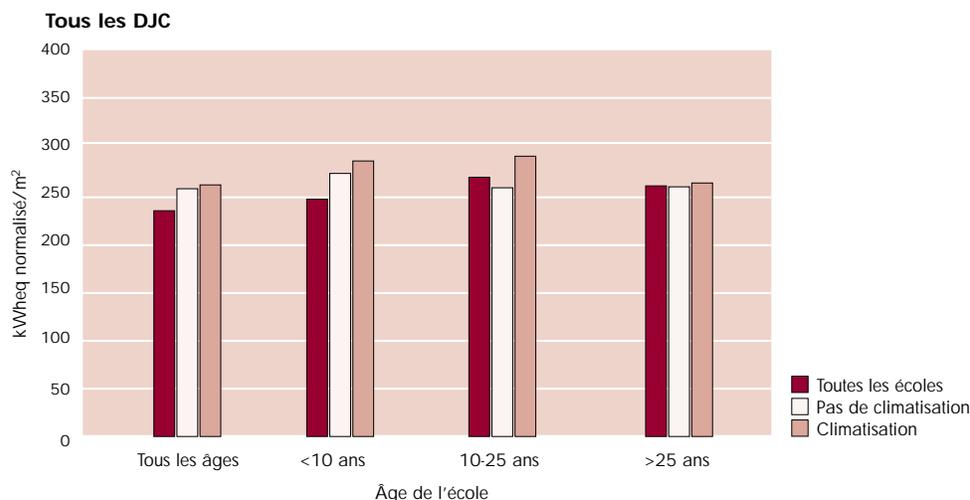
En fonction des données rassemblées, l'étude s'intéresse à trois variables afin de comparer les rendements énergétiques des écoles entre elles : DJC, âge de l'école et l'utilisation ou non de la climatisation. On n'a pas tenu compte du type d'écoles (p. ex. primaire ou secondaire), car les intensités énergétiques à l'échelle nationale ne présentaient pas d'écart important (comme l'indique la section précédente).

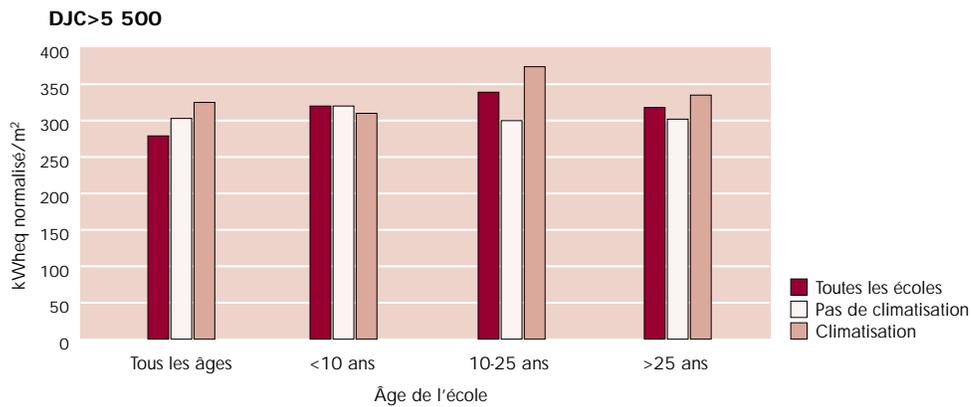
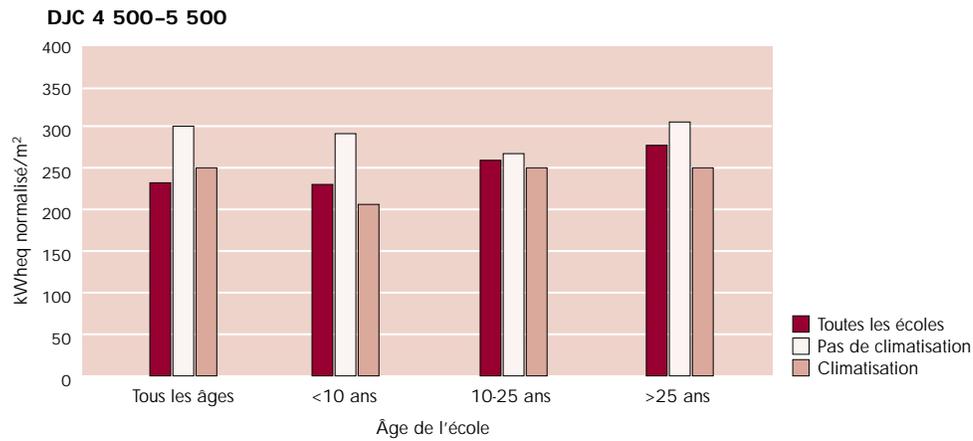
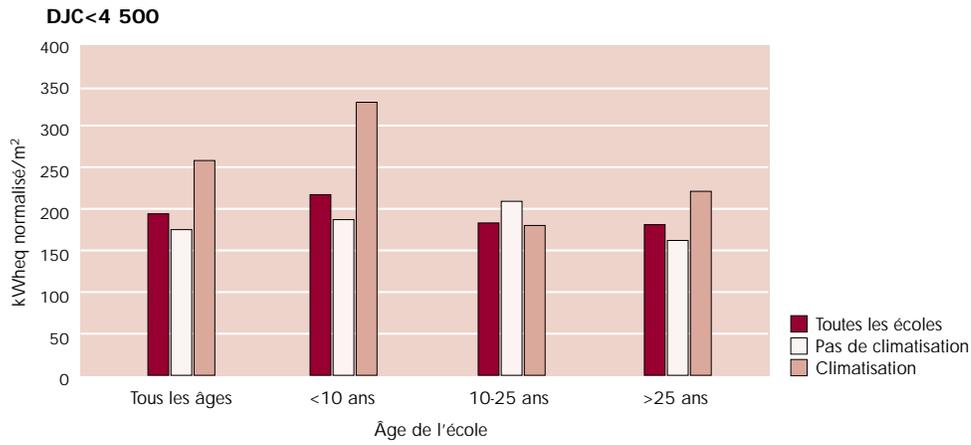
Les résultats sont regroupés dans les figures suivantes, les âges des écoles étant répartis en quatre catégories :

- tous les âges (comprenant des données, quel que soit l'âge, provenant de toutes les écoles, y compris celles du Québec);
- moins de 10 ans;
- de 10 à 25 ans;
- plus de 25 ans.

Pour calculer les moyennes des groupes d'âges précis, on n'a pas tenu compte des données provenant du Québec. En ce qui concerne chaque gamme de DJC et catégorie d'âges des écoles, les rendements moyens sont présentés de la façon suivante :

- toutes les écoles, qu'elles disposent d'un système de climatisation ou non ;
- les écoles équipées d'un système de climatisation ;
- les écoles sans système de climatisation.





Remarques :

- La mention « Toutes les écoles » englobe les écoles pour lesquelles il n'a pas été établi si elles disposaient de systèmes de climatisation. Elle comprend les données du Québec.
- Les données du Québec sont exclues de l'analyse des sous-groupes d'âges précis.

Résultats et observations

En raison du peu de renseignements sur certaines variables, l'analyse complète n'a pas été possible. En conséquence, il ne faut considérer les conclusions suivantes qu'à titre indicatif. Les chiffres précédents indiquent les résultats des rendements d'intensité énergétique des diverses écoles semblables. Les données provenant du Québec sont incluses dans la catégorie « Tous les âges », mais exclues des autres sous-groupes d'âges, ainsi que des rendements où la climatisation représente un critère.

Malgré le faible nombre de données, on a effectué des observations préliminaires, notamment les suivantes :

- À mesure que les DJC augmentent, on constate un accroissement des intensités énergétiques moyennes (kWh/m^2) passant de 195 pour les DJC < 4 500 à 270 pour les DJC > 5 500. Ainsi, on peut supposer que les régions les plus froides requièrent plus de chauffage, ce qui ferait augmenter la consommation.
- L'intensité la plus importante de $374 \text{ kWh}/\text{m}^2$ se retrouve dans le groupe d'âges de 10 à 25 ans pour les DJC > 5 500.
- De toute évidence, les écoles disposant d'un système de climatisation consomment plus d'énergie que celles qui n'en sont pas équipées, sauf dans la catégorie des DJC variant de 4 500 à 5 500. Les intensités des écoles disposant d'un système de climatisation sont supérieures de 1,5 à 43 p. 100 à celles des écoles sans climatisation. Les quelques cas où les intensités des écoles équipées d'un système de climatisation sont inférieures peuvent laisser entendre que ces écoles sont mieux gérées au point de vue énergétique.
- Pour tous les groupes de DJC, l'intensité normalisée est supérieure dans la catégorie des 10 à 25 ans. Ainsi, on peut supposer que les écoles les plus anciennes (>25 ans) ont pu procéder à des rénovations en raison de l'équipement et des systèmes anciens. De cette façon, elles pourraient avoir augmenté leur efficacité énergétique.

3.4 Autres variables à incidence prises en considération

Dans le cadre de l'analyse, on a tenu compte de plusieurs autres variables à incidence, notamment la climatisation, la ventilation centrale, les bâtiments mobiles et les heures d'exploitation. En raison du manque de données, ces variables à incidence n'ont pas été incluses dans la comparaison avec des écoles similaires.

Ordinateurs

Au cours des dix dernières années, l'utilisation d'ordinateurs dans les écoles a fortement augmenté, entraînant un accroissement de la consommation énergétique et des dépenses financières. Le nombre d'ordinateurs par école varie de

10 à 100, chaque ordinateur pouvant consommer de 29 à 120 W et le coût pouvant varier de 10 à 30 \$ par an. Par conséquent, l'utilisation d'ordinateurs peut entraîner une augmentation de 5 p. 100 de la consommation et des coûts.

Climatisation

Dans les écoles canadiennes, l'utilisation de la climatisation est variable. Les écoles récentes disposent généralement de systèmes de climatisation centrale, mais les écoles plus vieilles n'en sont pour la plupart pas équipées. À partir des données, on estime qu'une école moyenne disposant d'un système de climatisation consomme un surplus d'énergie de 15 p. 100, soit 10 à 40 kWh/m^2 , par rapport aux écoles qui n'en sont pas équipées. Pour cette école, le coût de fonctionnement de ces équipements peut atteindre 1,30 à 2,50 $\$/\text{m}^2$.

Ventilation centrale

Les écoles disposent généralement d'un système de ventilation. Toutefois, alors que la plupart des écoles récentes sont équipées de systèmes de ventilation centrale, il n'en est pas ainsi pour les plus vieilles écoles. Il a été démontré que la ventilation centrale pouvait entraîner une augmentation de la consommation d'énergie de plus de 30 p. 100, soit 20 kWh/m^2 .

Bâtiments mobiles

Les salles de classe mobiles peuvent avoir une efficacité thermique inférieure à celle des structures permanentes et requérir plus d'énergie de chauffage. La faible masse thermique peut également entraîner des apports de chaleur en été, rendant la climatisation nécessaire. La consommation d'énergie supplémentaire par unité de superficie, en particulier l'électricité, peut atteindre 20 p. 100 dans les campus comprenant des bâtiments mobiles. Les systèmes de ventilation indépendante avec réchauffage d'air au gaz ou à l'électricité pour installation sur toiture (rooftop) ainsi que les systèmes de refroidissement à détente directe ne disposent que de dispositifs de régulation de base. Dans ce genre de bâtiments, il faudrait déterminer l'utilisation réelle et établir un programme de contrôle et de suivi précis. Les dispositifs de régulation programmables pour les systèmes de chauffage ou de climatisation peuvent représenter un investissement rentable.

Piscines

Finalement, on a tenu compte de l'impact de la présence de piscines sur la consommation d'énergie. Comme seulement quelques écoles en possèdent, la comparaison des données de référence des écoles similaires n'inclut pas de groupe particulier pour les piscines. On a plutôt analysé l'impact de la présence de piscines. En fonction du nombre limité de données, il semble que les écoles avec piscines pourraient consommer un supplément de 15 à 25 p. 100 d'énergie par rapport à celles qui n'en possèdent pas.



3.5 Comparaison avec les exigences du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)

Les écoles peuvent utiliser les exigences du PEBC pour établir une analyse comparative de leur rendement énergétique réel par rapport aux exemples de référence de leur région. Tel que mentionné dans la section 2.2, une exigence clé du PEBC établit que la consommation d'énergie d'un bâtiment doit être inférieure d'au moins 25 p. 100 à celle d'une construction similaire construite selon les normes du CMNÉB. Cette quantité d'énergie utilisée devrait fournir un niveau global d'économies potentielles. Pour plus d'information sur les procédures d'analyse comparative selon les exigences du PEBC, voir les coordonnées des personnes-ressources au chapitre 7.

Chapitre 4. Comparaisons progressives de données de référence modèles

Le chapitre suivant est un exemple de l'usage qu'on peut faire de ce guide pour comparer les intensités moyennes pour une commission ou un conseil scolaire modèle (commission ou conseil scolaire A) et une école (école secondaire B). Leurs caractéristiques sont résumées aux figures 8 et 9 qui utilisent les modèles des figures 2 et 3. On y trouve des observations précisant le type d'analyse et les conclusions qui peuvent être tirées de cette comparaison.

Figure 8. Profil de la commission ou du conseil scolaire A

Étape	Valeur			
1. Superficie totale de la commission ou conseil scolaire (m ²)	200 000			
2. Nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire	20 000			
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités	Valeur	kWheq	\$
– Électricité	kWh	20 000 000	20 000 000	1 500 000 \$
– Gaz naturel	m ³	2 500 000	25 833 000	460 000 \$
– Mazout	L			
– Autre (préciser)				
– Total			45 833 000	1 960 000 \$
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région				
– Emplacement et région	Ontario			
– Moyenne des DJC sur 30 ans	4 174			
– DJC pour l'année en cause	4 025			
(voir coordonnées des personnes-ressources d'Environnement Canada au chapitre 7)				
5. Normaliser la consommation d'énergie pour les DJC				
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$	47 020 672			
6. Rendements de référence				
– kWheq réel/m ²	229			
– kWheq réel/élève	2 291			
– \$ réel/m ²	9,8			
– \$ réel/élève	98			
– kWheq normalisé/m ²	235			
– kWheq normalisé/élève	2 351			
7. À l'aide des figures 4 et 5 et des tableaux 2 et 3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				



Figure 9. Profil de l'école secondaire B

Étape	Valeur			
1. Superficie totale de la commission ou du conseil scolaire (m ²)	14 000			
2. Nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire	700			
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités	Valeur	kWheq	\$
– Électricité	kWh	1 300 000	1 300 000	95 000 \$
– Gaz naturel	m ³	115 000	1 188 333	23 000 \$
– Mazout		L		
– Autre (préciser)				
Total			2 488 333	118 000 \$
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région				
– Emplacement et région	Ontario			
– Moyenne des DJC sur 30 ans	4 174			
– DJC pour l'année en cause	4 025			
(voir coordonnées des personnes-ressources d'Environnement Canada dans le chapitre 7)				
5. Normaliser la consommation d'énergie pour les DJC				
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$	2 552 813			
6. Rendement de référence				
– kWheq réel/m ²	178			
– kWheq réel/élève	3 555			
– \$ réel/m ²	8,4			
– \$ réel/élève	168			
– kWheq normalisé/m ²	182			
– kWheq normalisé/élève	3 647			
7. À l'aide des figures 6 et 7 et des tableaux 4 et 5, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				
Comparaison avec des écoles similaires (Section 2.1.3)				
8. Âge de l'école (<10 ans, 10 à 25 ans, > 25 ans)	8 ans			
9. Climatisation (oui ou non)	Non			
10. À l'aide des figures de la section 3.3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				

Points de référence des commissions ou conseils scolaires – Rendement moyen

Intensité	Référence	Moyenne de référence	Moyenne com. ou cons. sc. A	Écart (%)
Niveau national				
kWheq normalisé/m ²	figure 4	246	235	-4,5
kWheq normalisé/élève	tableau 2	3 170	2 351	-25,8
\$ réel/m ²	figure 5	8,8	9,8	+11,4
\$ réel/élève	tableau 3	116,6	98	-15,0
Niveau régional – Ontario				
kWheq normalisé/m ²	tableau 2	253	235	-7,1
kWheq normalisé/élève	tableau 2	3 506	2 351	-32,9
\$ réel/m ²	tableau 3	9,2	9,8	+6,5
\$ réel/élève	tableau 3	107,6	98	-8,9



Observations

Les intensités d'énergie de la commission ou du conseil scolaire A, dont la superficie constitue la principale variable à incidence, sont inférieures à la moyenne nationale et à celle de l'Ontario. Cela peut indiquer que la commission ou le conseil scolaire A est plus efficace que la moyenne des commissions ou conseils scolaires régionale et nationale. Quand on tient compte du nombre d'élèves, les intensités de la commission ou du conseil scolaire A sont inférieures de plus de 25 p. 100 aux moyennes nationale et régionale.

Cela peut signifier qu'il y a un nombre d'élèves plus important dans une commission ou un conseil scolaire donné que dans d'autres, tant au niveau national que régional. L'intensité des coûts (\$/m²) est supérieure de 11,4 p. 100 à la moyenne nationale, ce qui est relativement identique à la moyenne de l'Ontario. Par ailleurs, l'intensité du coût par élève est inférieure de 15 p. 100 aux moyennes.

Données de référence d'une école – Rendements moyens

Intensité	Référence	Moyenne de réf.	Moyenne école B	Écart (%)
Niveau national				
kWheq normalisé/m ²	figure 6	237	178	-24,9
kWheq normalisé/élève	tableau 4	3 095	3 555	+14,9
\$ réel/m ²	figure 7	9,3	8,4	-9,7
\$ réel/élève	tableau 5	122	168	-37,7
Niveau régional – Ontario				
kWheq normalisé/m ²	tableau 4	258	178	-31,0
kWheq normalisé/élève	tableau 4	3 237	3 555	+9,8
\$ réel/m ²	tableau 5	9,1	8,4	-7,7
\$ réel/élève	tableau 5	108	168	55,5
Écoles similaires				
kWheq normalisé/m ² pour :	Section 3.3	187	178	-4,8
• DJC <4 500				
• Âges <10 ans				
• Pas de climatisation				

Observations

La consommation d'énergie et les dépenses de l'école secondaire B sont de beaucoup inférieures aux moyennes (ou données de référence) nationale et régionale, l'écart étant d'environ 25 p. 100. De plus, l'intensité de consommation de l'école secondaire B est inférieure de 4,8 p. 100 à celle

d'autres écoles similaires (p. ex. DJC <4 500, groupe d'âges de moins de dix ans et pas de climatisation). Il est très probable que cette école emploie des « stratégies optimales ». Toutefois, cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de possibilités pour des projets d'efficacité énergétique à l'école secondaire B.



Chapitre 5. Calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Les commissions ou conseils scolaires ont accepté de relever le défi national qui consiste à réduire les émissions de CO₂. Les établissements adhèrent aussi à titre individuel au programme Mesures volontaires et Registre du Défi-climat canadien (MVR inc.) afin d'enregistrer les réductions des émissions de CO₂. Cet engagement présente des avantages importants tant au niveau de la motivation que de la sensibilisation. Dans les établissements où l'on souhaite prouver une volonté d'atteindre les objectifs nationaux, on peut convertir les données de référence en équivalents CO₂ et voir comment elles s'intègrent dans le cadre national (en utilisant les facteurs de conversion appropriés).

On peut obtenir les facteurs de conversion et d'émissions standards auprès des fournisseurs de combustibles et dans d'autres sources de référence, comme dans le *Guide d'inscription 1999* du MVR inc. En général, les sociétés de distribution d'électricité qui utilisent un mélange de combustibles fossiles fournissent des facteurs de conversion annuels pour le mélange de combustibles utilisé pour fournir l'électricité qu'elles distribuent. Le rendement des commissions ou des conseils scolaires et des écoles considérées isolément peut être mesuré en termes d'émissions de CO₂, par le biais d'un système de contrôle et d'un suivi qui utilise des facteurs de conversion standard pour les combustibles fossiles et un facteur de correction annuelle pour l'électricité.

Pour calculer les émissions de GES, utilisez les formules suivantes :

Combustibles fossiles :

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}$$

où

$$\text{CO}_2 = \text{Consommation de combustible} \times \text{FE}$$

$$\text{CH}_4 = \text{Consommation de combustible} \times \text{FE pour CH}_4 \times \text{FPRP pour CH}_4$$

$$\text{N}_2\text{O} = \text{Consommation de combustible} \times \text{FE pour N}_2\text{O} \times \text{FPRP pour N}_2\text{O}$$

Électricité (émissions indirectes) :

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}$$

où

$$\text{CO}_2 = \text{Consommation d'électricité} \times \text{FE}$$

$$\text{CH}_4 = \text{Consommation d'électricité} \times \text{FE pour CH}_4 \times \text{FPRP pour CH}_4$$

$$\text{N}_2\text{O} = \text{Consommation d'électricité} \times \text{FE pour N}_2\text{O} \times \text{FPRP pour N}_2\text{O}$$

Remarques

- FE = Facteur d'émission de la source d'énergie. On peut obtenir ces facteurs auprès de MVR inc. ou de l'OEE (voir le chapitre 6 pour les valeurs types et le chapitre 7 pour des références complémentaires).
- FPRP = Facteur potentiel de réchauffement planétaire; potentiel de réchauffement planétaire des différents GES par rapport à celui du CO₂. On peut obtenir les valeurs FPRP auprès de MVR inc. et les valeurs types dans le chapitre 6.

Émissions totales de CO₂

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{CO}_2\text{e provenant de combustibles fossiles} + \text{CO}_2\text{e provenant de la production d'électricité}$$

Les outils ont été élaborés dans le but de calculer et de regrouper les émissions de CO₂. Pour plus d'information sur les facteurs d'émission et sur la manière d'obtenir les outils nécessaires pour calculer les émissions, voir le chapitre 7.



Chapitre 6. Facteurs de conversion, contenu énergétique, facteurs d'émissions de GES et degrés-jours de chauffage (DJC)

Facteurs de conversion			
1 GJ (gigajoule)	=	1000	MJ (méga-joule)
	=	1 000 000 000	J (joule)
	=	277,8	kWh (kilowattheure)
	=	948 170	Btu (British Thermal Unit)
	=	9,48	Thermie
1 kWh (kilowattheure)	=	1000	Wh (wattheure)
	=	3,6	MJ
	=	0,0036	GJ
	=	3413,4	Btu
	=	0,034 13	Thermie
1 Btu (British Thermal Unit)	=	0,001	kBtu
	=	1 055	J
	=	0,001 05	MJ
	=	0,000 293	kWh
	=	0,000 01	Thermie

1 kg (kilogramme) de vapeur fournit 2 220 Btu ou 1 livre de vapeur fournit 1 000 Btu

Facteurs courants			
1 livre	=	0,454	kg
1 t (tonne)	=	1 000	kg
1 m ³ (mètre cube)	=	1 000	L (litre)
1 gallon (impérial)	=	4,547	L
1 gallon US	=	3,785	L
1 pi ³ (pied cube)	=	0,028 317	m ³
1 T (téra)	=	1 000 000 000 000	
1 G (giga)	=	1 000 000 000	
1 M (méga)	=	1 000 000	



Contenus énergétiques					
Type d'énergie		Contenu énergétique			
Électricité					
	– Hydro	3,60	MJ/kWh	3,60	
Gaz naturel		37,23	MJ/m ³	10,33	kWheq/m ³
Mazout					
	– Léger	38,68	MJ/L	10,74	kWheq/m ³
	– Lourd	41,73	MJ/L	11,59	kWheq/m ³
Propane (liquide)		25-53	GJ/m ³	6 944-14 722	kWheq/m ³
Charbon					
	– Anthracite	27,70	GJ/t	7 694	kWheq/t
	– Bitumineux	27,70	GJ/t	7 694	kWheq/t
	– Subbitumineux	18,80	GJ/t	5 222	kWheq/t
	– Lignite	14,40	GJ/t	4 000	kWheq/t
	– Utilisation domestique moyenne	22,20	GJ/t	6 167	kWheq/t
Produits du pétrole					
	– Essence automobile	34,66	GJ/m ³	9 628	kWheq/m ³
	– Kérosène	37,68	GJ/m ³	10 467	kWheq/m ³
	– Diesel	38,68	GJ/m ³	10 744	kWheq/m ³

Source : Perspectives des émissions du Canada : Une mise à jour, *Ressources naturelles Canada*

L'exemple suivant explique comment convertir les formes d'énergie.

Question : Quelle quantité d'énergie produiront 1 000 m³ de gaz ?

Ex. : 1 000 m³ de gaz naturel = ? en GJ et ? en kWh

Étape 1. Déterminer le contenu énergétique (p. ex. quelle quantité d'énergie produit un mètre cube de gaz naturel ?).

- Voir la rubrique Facteurs de contenu énergétique.
- Pour le gaz naturel : 1 m³ produit 37,2 MJ ou 10,33 kWheq d'énergie.

Étape 2. Calculer le contenu énergétique pour la quantité de gaz naturel utilisée.

- Énergie = 1 000 m³ × 37,2 MJ/m³ ou 1 000 m³ × 10,33 kWheq/m³
- Énergie = 37 200 MJ ou 10 330 kWheq

En conséquence, 1 000 m³ de gaz naturel produisent 37 200 MJ ou 37,2 GJ ou 10 330 kWheq d'énergie.



Facteurs d'émissions de GES

Potentiel de réchauffement planétaire	
GES	Potentiel de réchauffement planétaire sur 100 ans
Dioxyde de carbone (CO ₂)	1
Méthane (CH ₄)	21
Oxyde nitreux (N ₂ O)	310

Facteurs d'émissions de GES			
Combustible	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gaz naturel	1 880 g/m ³	0,043 g/m ³ (commercial)	0,02 g/m ³
Mazout léger	2 830 g/L	0,026 g/L (commercial)	0,013 g/L
Mazout lourd	3 090 g/L	0,060 g/L (commercial)	0,013 g/L

Moyenne régionale de 1998 des émissions de CO₂ par unité d'électricité produite

Région (t/TJ)	CO ₂ (t/TJ)	N ₂ O (t/TJ)	CH ₄ (t/TJ)
Terre-Neuve et Labrador	6,2	0,010 199 0	0,000 174 0
Île-du-Prince-Édouard	137,9	0,461 084 0	0,008 899 0
Nouvelle-Écosse	204,5	1,116 943 0	0,022 437 0
Nouveau-Brunswick	137,9	0,461 084 0	0,008 899 0
Québec	2,5	0,000 034 4	0,000 010 4
Ontario	65,2	0,001 312 2	0,000 387 7
Manitoba	8,2	0,000 249 5	0,000 075 4
Saskatchewan	231,7	0,008 302 3	0,002 484 2
Alberta	252,1	0,006 868 3	0,002 047 2
Colombie-Britannique	7,4	0,000 103 2	0,000 027 3
Tous les territoires	98,5	0,012 117 8	0,004 014 0
Facteur de moyenne canadienne	61,3	0,001 474 1	0,000 438 3

Sources :

- *Guide d'inscription 1999*, Mesures volontaires et Registre inc. du Défi-climat canadien (MVR inc.).
- *Perspectives des émissions du Canada* : une mise à jour pour 2010 fondée sur des faits, Ressources naturelles Canada.
- *Division de l'analyse et de l'élaboration de la politique de la demande*, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada.

Remarques :

- *Des méthodes plus complètes pour calculer les émissions de CO₂ sont décrites dans la feuille de calcul intitulée « Calculs de CO₂ — Version 2 » (voir références au chapitre 7). Celle-ci comprend des modèles et des formules préétablies facilitant le calcul.*
- *Plusieurs méthodes permettent de déterminer les émissions de CO₂ provenant de l'électricité. Les facteurs fournis représentent une de ces nombreuses méthodes.*



Degrés-jours de chauffage (DJC) – Moyennes de 1961 à 1990

Extrait du Centre météorologique canadien (CMC) dans le site Web d'Environnement Canada
à l'adresse : <http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/normal/eprovndx.htm>

ALBERTA						
Calgary	5 195	Edson	5 895	Jasper	4 647	Red Deer 5 762
Banff	5 514	Fort McMurray	6 529	Lethbridge	4 672	Vermilion 6 154
Edmonton Inter.	5 827	Grande Prairie	6 010	Medicine Hat	4 752	
QUÉBEC						
Bagotville	5 839	Kuujuarapik	8 230	Natashquan	6 160	Sherbrooke 5 176
Baie-Comeau	6 030	Mont-Joli	5 492	Québec	5 208	Saint-Hubert 4 619
Inukjuak	9 063	Montréal	4 575	Schefferville	8 396	Val-d'Or 6 206
NOUVEAU-BRUNSWICK						
Charlo	5 514	Fredericton	4 794	Saint John	4 817	
Chatham	5 008	Moncton	4 833			
COLOMBIE-BRITANNIQUE						
Abbotsford	3 093	Cranbrook	4 650	Kelowna	3 974	Prince George 5 241
Agassiz	2 944	Dawson Creek	6 063	McInnes Island	3 435	Prince Rupert 4 050
Blue River	5 045	Fort Nelson	6 995	Merry Island	2 766	Princeton 4 453
Bonilla Island	3 575	Hope	3 101	Nanaimo	3 147	Vancouver Inter. 3 002
Comox	3 142	Kamloops	3 659	Penticton	3 469	Victoria Inter. 3 109
ONTARIO						
Hamilton	4 054	North Bay	5 363	Sault Ste. Marie	5 097	Timmins 6 208
Kenora	5 852	Ottawa Inter.	4 688	Simcoe	4 018	Île de Toronto 3 813
Kingston	4 308	Peterborough	4 560	Sioux Lookout	6 219	Toronto Pearson Inter. 4 174
Muskoka	4 936	Sarnia	3 928	Sudbury	5 407	Waterloo 4 335
Thunder Bay	5 749	Windsor	3 615			
NOUVELLE-ÉCOSSE						
Greenwood	4 285	Île de Sable	3 857	Sydney	4 636	
Halifax Inter.	4 421	Shearwater	4 254	Yarmouth	4 106	
SASKATCHEWAN						
Broadview	6 003	Prince Albert	6 437	Saskatoon	5 944	Uranium City 7 857
Moose Jaw	5 345	Regina	5 756	Swift Current	5 415	Wynyard 6 068
MANITOBA						
Bissett	6 216	Churchill	9 177	Grand Rapids	6 510	Thompson 7 824
Brandon	6 025	Flin Flon	6 809	Morden	5 468	Winnipeg Inter. 5 874
ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD						
Charlottetown	4 748	Summerside	4 655			
TERRE-NEUVE						
Battle Harbour	6 455	Churchill Falls	7 850	Gander Inter.	5 164	Port aux Basques 5 046
Bonavista	4 936	Comfort Cove	5 230	St. John's	4 865	Stephenville 4 889
YUKON						
Watson Lake	7 725	Whitehorse	6 947			
TERRITOIRES DU NORD-OUEST						
Fort Simpson	7 976	Inuvik	10 040	Yellowknife	8 477	
NUNAVUT						
Iqaluit	10 050					



Chapitre 7. Ressources

On peut trouver de l'information complémentaire dans les sources suivantes :

Office de l'efficacité énergétique et autres ressources de RNCan

- *Guide des stratégies optimales à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires*
- *Guide d'analyse comparative administrative à l'intention des agents des finances scolaires*
- Ateliers « Le gros bon Sens » :
 - Un Plan d'action énergétique
 - Gérance énergétique (suivi et gestion des résultats)
 - Découvrir les occasions d'économiser l'énergie
- Directives et modèle relatifs au Plan d'action pour la gestion de l'énergie
- Feuille de calcul « Calculs du CO₂ – Version 2 »
- Série sur la gestion de l'énergie (nombreux documents techniques portant sur la vérification, les chaudières, la facture énergétique, les compresseurs, l'éclairage, etc.)
- Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC) et *Directives techniques du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux se rapportant au Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments* (CMNÉB) (voir le site Web à <http://oeo.rncan.gc.ca/pebc>)
- On peut se procurer le CMNÉB et *Conformité des bâtiments par la méthode de performance* à l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Pour commander, composer le 1 800 672-7990 (sans frais) ou, dans la région de la capitale nationale, le (613) 993-2463. Téléc. : (613) 952-7673.
- *Perspectives des émissions du Canada : Une mise à jour*, Analyse et groupe de modélisation, Processus national sur le changement climatique 1999
- Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables (PENSER) (voir le site Web à http://nrr1.rncan.gc.ca:80/es/erb/reed/progdesc_f.htm)

Ces ressources, ainsi que les autres publications, sont disponibles par le biais de l'Initiative des Innovateurs énergétiques de l'OEE de RNCan à l'adresse suivante :

Initiative des Innovateurs énergétiques
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 995-6950
Téléc. : (613) 947-4121
Site Web : <http://oeo.rncan.gc.ca>

Ressources de l'extérieur et publications

- Environnement Canada
 - Centre météorologique canadien (CMC)
Service des produits climatiques et hydrologiques
4905, rue Dufferin
Downsview (Ontario) M3H 5T4
Tél. : (416) 739-4328
Téléc. : 739-4446
Courriel : Climate.Services@ec.gc.ca
Site Web : <http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/>
- Association canadienne des commissions/conseils scolaires
 - Chris Noyes, coordonnateur de projet
Initiative des Innovateurs énergétiques
Tél. : (613) 235-3724
Téléc. : (613) 238-0434
Courriel : chris@cdnsba.org
- Agence de l'efficacité énergétique du Québec
 - Luc Lamontagne, analyste
Tél. : (418) 627-6379, poste 8032
Téléc. : (418) 643-5828
Courriel : luc.lamontagne@aeo.gouv.qc.ca
- Ministère de l'Éducation du Québec
 - Michel Parent, ing.
Direction des équipements scolaires
Direction générale du financement et des équipements
Tél. : (418) 644-2525
Téléc. : (418) 643-9224
Courriel : michel.parent@meq.gouv.qc.ca
- Mesures volontaires et Registre inc. (MVR inc.)
du Défi-climat canadien
Tél. : (613) 565-5151
Téléc. : (613) 565-5743
Site Web : <http://vcr-mvr.ca/>



- ÉcoGESTe
 Roberte Robert, ing.
 Directrice du Programme ÉcoGESTe
 Bureau d'enregistrement des mesures volontaires
 sur les changements climatiques
 Tél. : (418) 521-3950, poste 4907
 Téléc. : (418) 646-4320
 Courriel : ecogeste@mef.gouv.qc.ca

- Centre international d'intervention pour l'analyse et
 la diffusion des technologies énergétiques démontrées
 (CADDET)
 Cet organisme est une initiative de l'Agence
 internationale de l'énergie (AIE).
 Michel Lamanque
 Coordonnateur des technologies
 Ressources naturelles Canada
 Tél. : (613) 947-3812
 Téléc. : (613) 947-1016
 Courriel : mlamanqu@rncan.gc.ca

- ETSU, AEA Technology PLC, Harwell, Royaume-Uni
 Tél. : +44 1235 436747
 Téléc. : +44 1235 433066
 Courriel : etsuenq@aeat.co.uk
 Site Web : <http://www.energy-efficiency.gov.uk>

- BRECSU, BRE Ltd., Garston, Watford, Royaume-Uni
 Tél. : +44 1923 664258
 Téléc. : +44 1923 664787
 Courriel : brecsuenq@bre.co.uk
 Site Web : <http://www.energy-efficiency.gov.uk>





Office de l'efficacité énergétique
Office of Energy Efficiency

Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada est un organisme dynamique qui a pour mandat de renouveler, de renforcer et d'élargir l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.