



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs

Bâtiments commerciaux et institutionnels



COMMERCE
ALIMENTAIRE



Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs

Bâtiments commerciaux
et institutionnels

COMMERCE ALIMENTAIRE

Also available in English under the title: Major Energy Retrofit Guidelines – Food Stores

Pour obtenir des renseignements sur les droits de reproduction, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à nrcan.copyrightdroitdauteur.nrcan@canada.ca

Ce rapport est disponible en ligne à l'adresse suivante :

nrcan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/eebe/renovation/4112

M144-275/6-2018F-PDF

978-0-660-28560-3

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada,
représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2018

REMERCIEMENTS

Ces directives sont une adaptation du document *ENERGY STAR Building Upgrade Manual* de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Ressources naturelles Canada remercie sincèrement tous ceux et celles qui ont contribué à l'élaboration de ces documents.

AVERTISSEMENT

Sa Majesté n'est pas responsable de l'exactitude et de l'intégrité des renseignements contenus dans le matériel reproduit. Sa Majesté doit en tout temps être indemnisée et tenue exempte du paiement de toute réclamation qui découle de la négligence ou d'un autre manquement dans l'utilisation des renseignements contenus dans cette publication ou dans ce produit.

TABLE DES MATIÈRES

POSSIBILITÉS DE RÉNOVATION ÉCOÉNERGÉTIQUE DANS LES COMMERCEs ALIMENTAIRES	1
Vue d'ensemble des commerces alimentaires	2
Appel à l'action	2
Possibilités et défis	4
Profil de consommation énergétique	6
Mise en place des mesures du projet	8
Commissioning des bâtiments existants	9
Mise à niveau du système d'éclairage	14
Remplacements directs contre réaménagements sur mesure	15
Intérieur	16
Éclairage des zones extérieures, des auvents de station-service et des parcs de stationnement	23
Réduction de la charge supplémentaire	24
Charges électriques et équipements	25
Enveloppe	27
Amélioration des systèmes de distribution de l'air	37
Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement	42
Systèmes de réfrigération	42
Unités de toit	51
Eau chaude domestique	57
COUCHE-TARD (QUÉBEC) : ÉTUDE DE CAS	60
LIGNES DIRECTRICES POUR L'ANALYSE DE RENTABILITÉ	66
Méthodologie d'analyse de rentabilisation	66
Exemples de mesures	67
Amélioration de l'éclairage	67
Réduction de la charge supplémentaire	69
Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement	70
MON INSTALLATION	72

Figures

Figure 1. Devanture de boucherie	1
Figure 2. Consommation énergétique des bâtiments commerciaux/ institutionnels par sous-secteur	2
Figure 3. Congélateur à glace	3
Figure 4. Consommation énergétique par source d'énergie	7
Figure 5. Consommation énergétique par utilisation finale	7
Figure 6. Commerce de fruits et légumes	8
Figure 7. Isolant de conduit de système CVCA.....	13
Figure 8. Coupole zénithale scellée	20
Figure 9. Puits à lumière tubulaire	20
Figure 10. Éclairage d'un auvent de station-service.....	23
Figure 11. Éclairage del d'un parc de stationnement.....	24
Figure 12. Transfert de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment	28
Figure 13. Imagerie infrarouge indiquant la présence de fuites autour des fenêtres	29
Figure 14. Caractéristiques d'une fenêtre écoénergétique	33
Figure 15. Rendement thermique des gaz de remplissage	34
Figure 16. Ventilation de cuisine contrôlée selon la demande	40
Figure 17. Comptoir de présentation à basse température	42
Figure 18. Présentoir à portes à température moyenne	44
Figure 19. Comptoir de présentation muni d'un éclairage DEL	45
Figure 20. Chambre froide	46
Figure 21. Compresseur frigorifique	49
Figure 22. Unité de toit typique	52
Figure 23. Dépanneur couche-tard	60
Figure 24. Éclairage intérieur.....	63

Tableaux

Tableau 1. Exemples de modèles de remplacement pour les luminaires les plus courants.....	22
Tableau 2. Produits certifiés ENERGY STAR	26
Tableau 3. Rendement des compresseurs traditionnels par rapport aux compresseurs numériques	51
Tableau 4. Évolution des normes de rendement des unités de toit.....	53

POSSIBILITÉS DE RÉNOVATION ÉCOÉNERGÉTIQUE DANS LES COMMERCES ALIMENTAIRES

1 PARTIE

Le Module sur les commerces alimentaires vient compléter l'approche de réaménagement écoénergétique exposée dans le Module sur les principes. Ce module, qui doit être considéré comme un document d'accompagnement au Module sur les principes, aborde les stratégies, les priorités et les possibilités propres aux commerces alimentaires.

Le Module sur les commerces alimentaires s'articule autour de quatre parties :

- 1. Possibilités de réaménagements écoénergétique dans les commerces alimentaires :** cette partie donne une vue d'ensemble des commerces alimentaires au Canada. Les sous-sections fournissent des renseignements de base sur chaque stade de réaménagement et sur les principales mesures de réaménagement.
- 2. Étude de cas :** cette partie présente un projet de réaménagement écoénergétique majeure qui a été mené à bien.
- 3. Conseils de rentabilisation :** cette partie offre des informations d'ordre général sur les coûts et avantages de certaines mesures de réaménagement en s'appuyant sur des scénarios de modernisation.
- 4. Mon installation :** cette partie contient un questionnaire pour vous aider à recenser les possibilités d'améliorer l'efficacité énergétique au sein de votre établissement.

DIRECTIVES SUR LES RÉAMÉNAGEMENTS ÉNERGÉTIQUES
MAJEURS : PRINCIPES

LES COMMERCES ALIMENTAIRES

Les commerces alimentaires peuvent être des magasins autonomes, dans des centres commerciaux linéaires ou dans des centres commerciaux intérieurs. On peut citer, comme exemples de magasins, les dépanneurs avec ou sans station-service, les boucheries, les poissonneries, les marchands de fruits et légumes, les boulangeries et les magasins de bières, vins et spiritueux. La surface regroupe toutes les fonctions d'appui comme les cuisines, les salles de repos du personnel, les salles d'entreposage frigorifiques et non frigorifiques, les espaces de bureau, les cages d'escalier, les atriiums et les vestibules.

Figure 1. Devanture de boucherie



1

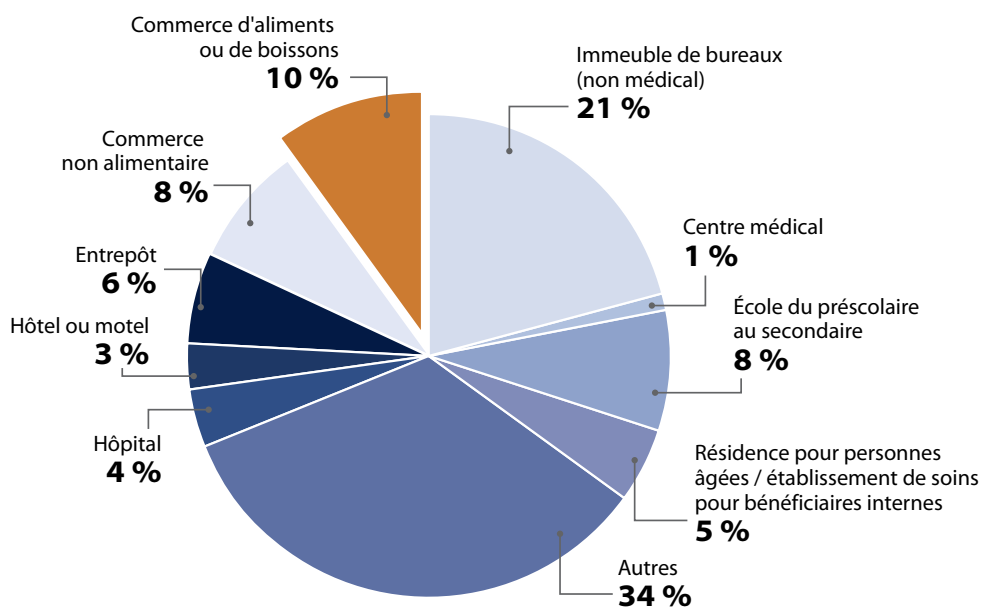
PARTIE

Vue d'ensemble des commerces alimentaires

Appel à l'action

Les bâtiments commerciaux et institutionnels comptent pour environ un huitième de l'énergie consommée au Canada¹. Au cours des vingt prochaines années, le nombre de bâtiments commerciaux devrait augmenter de plus de 60 %, et on estime que 40 % des bâtiments existants seront réaménagés².

Figure 2. Consommation énergétique des bâtiments commerciaux/institutionnels par sous-secteur



Source des données : Ressources naturelles Canada. 2012. Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie – Bâtiments 2009 : Rapport statistique détaillé.

La figure 2 montre que dans le secteur des bâtiments commerciaux et institutionnels, les magasins d'aliments et de boissons sont, avec 10 % de la consommation d'énergie, le deuxième sous-secteur qui consomme le plus d'énergie. Ce sous-secteur est lui-même divisé en deux catégories : les supermarchés et les commerces alimentaires. Ce module traite exclusivement de la seconde catégorie.

Les propriétaires de magasin d'alimentation sont tenus de créer un espace accueillant pour leurs clients tout en maintenant les conditions nécessaires au stockage des aliments et boissons qu'ils proposent à la vente. Heureusement, il existe de nombreux moyens d'améliorer l'environnement pour les clients et la marchandise tout en abordant la question de l'efficacité énergétique. Par

¹ Ressources naturelles Canada. 2013. *Guide de données sur la consommation d'énergie (1990-2010)*.

² Commission de coopération environnementale. 2008. *Scénarios énergétiques liés au bâtiment écologique d'ici 2030*.

1

PARTIE

exemple, un grand nombre de commerces alimentaires ont d'importantes charges de refroidissement. Le fait d'introduire des économies d'énergie, même minimales, au sein de ces systèmes aura des effets palpables sur la consommation d'énergie globale du bâtiment. Ce module présente de nombreuses mesures de réaménagement visant à améliorer le rendement énergétique des présentoirs et des systèmes de compression.

Figure 3. Congélateur à glace



Le système d'éclairage utilisé dans les commerces alimentaires est conçu pour attirer la clientèle, éclairer suffisamment la marchandise pour qu'elle puisse être examinée, et faciliter le processus d'achat. L'éclairage contribue souvent de manière substantielle à l'ambiance qui règne au sein du magasin et, à ce titre, il aide à communiquer l'image de marque du détaillant. Comme il sera expliqué plus loin, certaines mesures comme la technologie DEL et les puits de lumière peuvent améliorer l'ambiance du magasin, réduire la consommation d'énergie et même, dans certains cas, accroître les ventes.

Le refroidissement par une source naturelle est un autre exemple de dispositif qu'on retrouve exclusivement dans les commerces alimentaires équipés de chambres froides ou de congélateurs-chambres. Réaménager les chambres au moyen d'un système fondé sur le refroidissement naturel vous permet d'exploiter l'air froid extérieur durant les mois d'hiver. En procédant de la sorte, vous économisez de l'énergie et vous limitez l'usure du système de compression de la chambre.

La mise en œuvre d'une stratégie éprouvée de réaménagement écoénergétique majeure, à commencer par l'exécution d'une analyse comparative à l'aide de l'outil ENERGY STAR Portfolio Manager, vous permet d'exercer une action positive sur le rendement énergétique de votre bâtiment.

Recensez les facteurs de réaménagement majeure propres à votre installation pour optimiser le calendrier de vos projets et intégrer la question de l'efficacité énergétique dans votre plan d'investissement. Pour en savoir plus, reportez-vous à la section 2 du Module sur les principes.

Vous devez également prendre les dispositions nécessaires pour satisfaire ou, idéalement, surpasser les exigences minimales de rendement décrites dans la dernière version du Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada (CNEB).

1 PARTIE

Possibilités et défis

Les avantages financiers des bâtiments à haut rendement énergétique sont largement connus. L'énergie est une des dépenses les plus compressibles, et une des rares à pouvoir être réduite sans que cela exerce des effets délétères sur vos activités. De nombreuses entreprises ont misé sur l'efficacité énergétique dans le but d'améliorer l'environnement bâti pour le personnel et la clientèle, d'accroître le rendement du bâtiment et sa rentabilité financière, de réduire les coûts énergétiques et d'illustrer leur engagement en faveur de la durabilité.

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles vous pourriez entreprendre une réaménagement majeure de votre établissement. Vous recevez peut-être un nombre croissant de plaintes de la part de vos voisins à propos de la luminosité de l'éclairage extérieur nocturne, ou de la part du personnel et de la clientèle à propos des températures à l'intérieur du magasin. Les biens d'équipement essentiels ou l'infrastructure du bâtiment, comme vos présentoirs frigorifiques ou votre toit, s'approchent peut-être de la fin de leur durée de vie. Vous rencontrez peut-être des problèmes liés au contrôle de l'équipement (par exemple, plusieurs unités de toit commandées séparément), ou au dysfonctionnement de l'équipement en raison d'une procédure d'entretien reportée. Les ajouts « au coup par coup » ou les reconfigurations majeures de l'espace intérieur peuvent également vous amener à entreprendre une réaménagement.

Possibilités

Les économies d'énergie contribuent à la diminution des coûts énergétiques et, par voie de conséquence, à l'amélioration directe de vos résultats nets. En d'autres termes, la rentabilité de votre magasin augmentera à mesure que vous abaisserez vos coûts d'exploitation en réduisant votre consommation d'énergie. Une plus faible consommation d'énergie permet également de limiter votre vulnérabilité à la fluctuation des prix de l'énergie et de réduire vos émissions de gaz à effet de serre.

Au-delà des économies d'énergie, une réaménagement écoénergétique majeure a souvent comme avantage notable d'améliorer l'image de marque et l'image collective. Les commerces alimentaires font partie intégrante de chaque collectivité; et à ce titre, ils peuvent introduire les changements nécessaires pour être de meilleurs voisins. Par exemple, limiter l'éclairage extérieur et le fonctionnement de l'équipement lorsque le magasin n'en a pas besoin permet de réduire, respectivement, la pollution lumineuse et la pollution sonore.

1

PARTIE

Défis

Les projets de réaménagement écoénergétique majeure dans les commerces alimentaires peuvent être confrontés à plusieurs obstacles :

- **Espace physique limité** : les commerces alimentaires sont généralement destinés à plusieurs usages au sein d'un espace relativement restreint. Ils renferment souvent un espace commercial de type « supermarché », un espace de bureau et un espace de stockage, ce qui peut poser des problèmes en matière d'énergie. Par exemple, il est impossible d'installer un système frigorifique à refroidissement par air dans une zone bien aérée du magasin, au risque d'occasionner une rétention de la chaleur qui aura pour effet d'accroître les besoins de refroidissement.
- **Accès à des capitaux** : La concurrence pour le financement représente un véritable défi pour les commerces alimentaires, et notamment pour les magasins à succursales, car les décisions relatives aux équipements et aux infrastructures sont prises au siège social de l'entreprise, où les nouvelles constructions font concurrence aux travaux de réaménagement pour obtenir du financement.
- **Plans de gestion des actifs incomplets** : De nombreux supermarchés détenus par des propriétaires indépendants ne disposent pas de plan détaillé pour la gestion des actifs. Puisque les équipements et les infrastructures sont généralement remplacés ou mis à niveau que suivant leur défaillance, il est important que les propriétaires des bâtiments puissent déterminer quels éléments doivent être remplacés et à quel moment de tels travaux doivent avoir lieu afin d'élaborer leur stratégie d'économie d'énergie. Pour de plus amples renseignements au sujet de la planification de la gestion des actifs, consultez la section 2 du module sur les principes directeurs.
- **Systèmes de bâtiment partagé** dans le cas des commerces alimentaires implantés dans les mails linéaires, il est probable que les réaménagements majeures fassent l'objet d'un traitement particulier. La capacité à moderniser partiellement ou totalement l'équipement au sein d'un espace déterminé dépendra des clauses prévues par le contrat de bail, de la question de savoir si les espaces sont alimentés par leur propre système CVCA (chauffage, ventilation et climatisation) ou par d'autres systèmes, et de la volonté du propriétaire du bâtiment d'entamer un tel processus.
- **Discordance des intérêts** : dans le cas des bâtiments non occupés par le propriétaire, les accords de location peuvent également constituer un obstacle à la mise en œuvre des réaménagements écoénergétiques en raison du « fossé » qui existe entre celui qui supporte les frais de la réaménagement, et celui qui en jouit. On parle généralement de « discordance des intérêts » entre le propriétaire et le locataire pour désigner ce type d'accord. De ce fait, lorsque la question du

1

PARTIE

La Liquor Distribution Branch de la Colombie-Britannique (BCLDB) utilise les baux écologiques pour préciser les niveaux d'efficacité énergétique (par exemple, les types d'éclairage) à observer au moment d'entreprendre des réaménagements ou d'implanter un nouvel établissement. Ce bail est considéré comme un document « dynamique » : il est amené à évoluer pour tenir compte des dernières technologies ou circonstances.

Source : David McPhie, responsable des initiatives environnementales à la BCLDB

financement des réaménagements écoénergétiques se pose, les propriétaires de bâtiment et les locataires considèrent la plupart du temps le processus de négociation comme un jeu à somme nulle où une partie paie tandis que l'autre profite. Une enquête menée auprès des responsables de la consommation énergétique des bâtiments et publiée par l'Institut pour l'efficacité énergétique des bâtiments en 2012³ a révélé que la discordance des intérêts était considérée comme un des obstacles à la réalisation d'économies d'énergie dans les bâtiments.

Les baux écologiques (parfois appelés « baux concordants », « baux à haut rendement » ou « baux écoénergétiques ») sont un moyen de faire sauter cette barrière. Les propriétaires et les locataires peuvent convenir de modalités offrant l'avantage commun de réduire les factures de services publics. De la sorte, les propriétaires sont incités à investir, et les locataires ont la possibilité de réaliser des économies.

Deux organismes ont élaboré des guides et des modèles pour les baux écologiques.

- L'Association des biens immobiliers du Canada (RealPAC) – *Guide des baux écologiques pour les locataires commerciaux* (en anglais), accessible sur son site Web : <http://www.realpac.ca/?page=GreenLeaseGuidefo>
- L'Association des propriétaires et gestionnaires de bâtiments (BOMA) – *Bail commercial : Guide sur les contrats de baux écoénergétiques et durables pour les bâtiments à haut rendement* (en anglais), en vente sur son site Web : <http://store.boma.org/products/commercial-lease-guide-to-sustainable-and-energy-efficient-leasing-for-high-performance-buildings>

Profil de consommation énergétique

Le profil de consommation énergétique d'un magasin d'alimentation dépend du type d'infrastructure présente au sein d'un magasin, à savoir une surface de détail, un supermarché et, dans certains cas, une station-service. Tandis que certains commerces alimentaires s'orientent davantage vers le modèle de l'épicerie, avec un recours accru à la réfrigération, d'autres ont de grands espaces dédiés à la préparation et à la restauration⁴.

Si vous envisagez d'entreprendre un projet de réaménagement majeure, tenez compte du profil de consommation énergétique d'un magasin d'alimentation canadien « typique ». Bien que les profils de consommation énergétique varient en fonction des types de services proposés sur place, l'exemple ci-dessous vous donnera une idée générale de la manière dont vous utilisez votre énergie.

³ Institute for Building Efficiency. <http://www.institutebe.com/InstituteBE/media/Library/Resources/Energy%20Efficiency%20Indicator/2012-EEI-Global-Results-Presentation.pdf>.

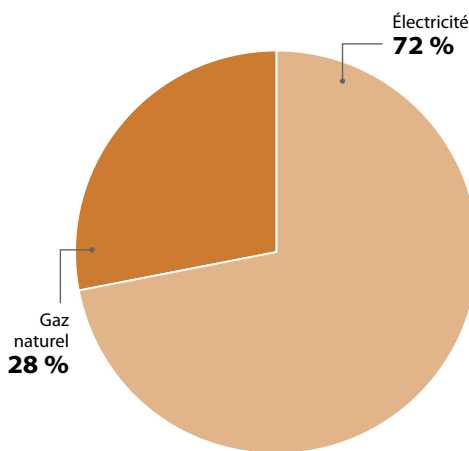
⁴ Smart Energy Design Assistance Centre. 2011. *Energy Smart Tips for Convenience Stores*.

1

PARTIE

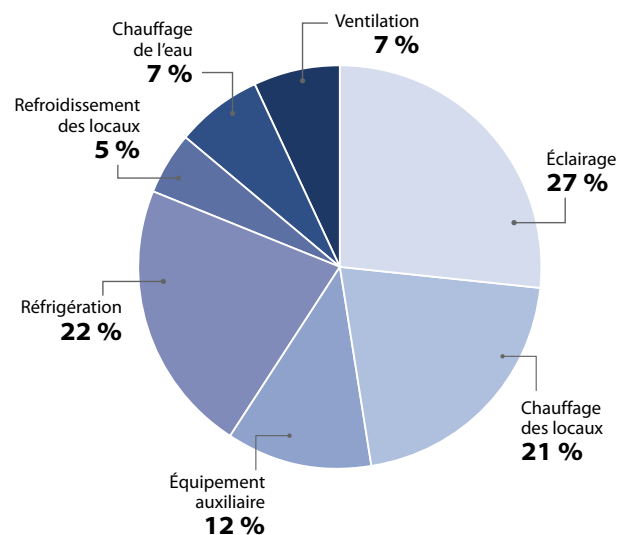
La figure 4 illustre la répartition de la consommation en fonction de la source d'énergie. Dans cet exemple, l'électricité assure environ 70 % des besoins énergétiques du magasin. La figure 5 illustre la répartition de la consommation en fonction de l'utilisation finale. L'éclairage représente l'utilisation finale la plus importante, suivie de la réfrigération, du chauffage des locaux et de l'équipement auxiliaire (par exemple, équipement de restauration, autres charges enfilées et matériel informatique).

Figure 4. Consommation énergétique par source d'énergie



Données IBE et écoÉNERGIE (Ressources naturelles Canada)

Figure 5. Consommation énergétique par utilisation finale



Données IBE et écoÉNERGIE (Ressources naturelles Canada)

L'intensité énergétique médiane nationale des commerces alimentaires au Canada s'élève à 3,1 GJ par mètre carré⁵. Autrement dit, la moitié des commerces alimentaires canadiens consomment plus de 3,1 GJ par mètre carré, tandis que l'autre moitié en consomme moins. Bien que l'intensité énergétique médiane du site puisse constituer une mesure utile à des fins de comparaison, il convient de noter que l'intensité énergétique des commerces alimentaires peut varier considérablement. Ces variations sont influencées par les conditions météorologiques et les caractéristiques de fonctionnement de l'établissement, comme le nombre de travailleurs présents pendant le quart de travail principal, le nombre de caisses enregistreuses, le nombre d'ordinateurs et la longueur des présentoirs d'aliments réfrigérés ou congelés⁶.

Remarque : 1 gigajoule (GJ) est l'équivalent de 278 kilowattheures (kWh), ou du contenu énergétique d'environ 27 mètres cubes (m³) de gaz naturel.

⁵ Environmental Protection Agency des États-Unis. *Référence technique : Intensité énergétique par type de propriété au Canada.*

⁶ Environmental Protection Agency des États-Unis. *Cote ENERGY STAR pour les commerces alimentaires au Canada.*

1 PARTIE

Pour de nombreux bâtiments commerciaux et institutionnels, notamment les commerces alimentaires, ENERGY STAR Portfolio Manager génère une cote qui évalue le rendement énergétique sur une échelle de 1 à 100 par rapport à des bâtiments similaires.

La cote ENERGY STAR donne un aperçu du rendement énergétique de votre bâtiment. Elle n'explique pas pourquoi un bâtiment affiche un rendement particulier, ni comment faire évoluer le rendement d'un bâtiment. Par contre, elle vous aide à évaluer le rendement de votre bâtiment par rapport à ses « homologues », et à déterminer les bâtiments de votre portefeuille qui présentent les meilleures perspectives d'amélioration.

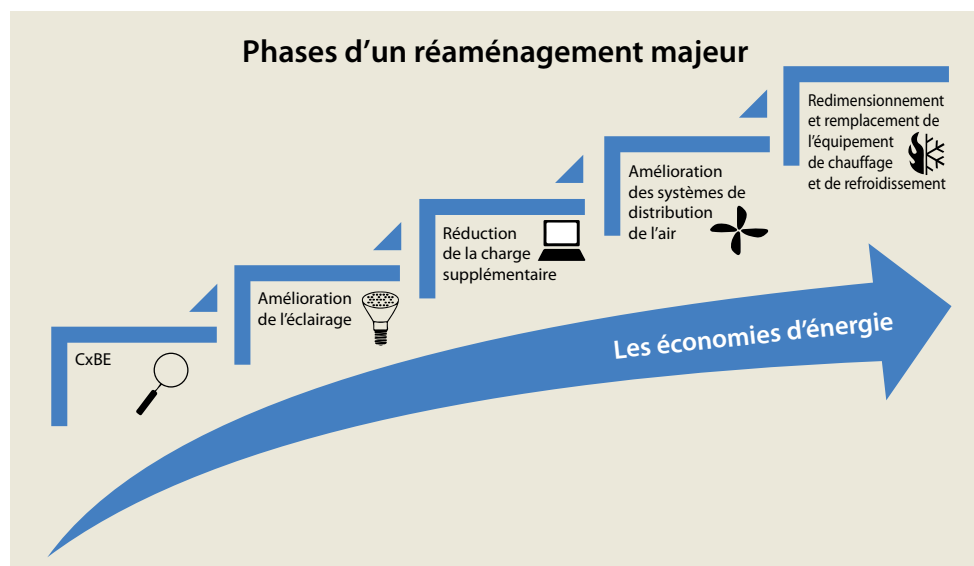
Figure 6. Commerce de fruits et légumes



Les propriétaires de bâtiment sont invités à comparer et à mesurer leur rendement énergétique à l'aide d'ENERGY STAR Portfolio Manager, l'outil d'analyse comparative de la consommation d'énergie le plus complet au Canada, et le seul à être normalisé. L'analyse comparative vous permet de mettre en parallèle votre consommation d'énergie actuelle avec votre consommation antérieure, ainsi qu'avec la consommation de bâtiments similaires. Les résultats obtenus constituent un excellent point de référence pour mesurer l'incidence des réaménagements écoénergétiques et des mesures d'utilisation rationnelle de l'eau, ainsi qu'une importante source de motivation pour procéder à l'optimisation du rendement énergétique des bâtiments.

Mise en place des mesures du projet

Comme indiqué dans le Module sur les principes, la mise en œuvre des réaménagements majeurs selon une approche progressive est le moyen le plus efficace d'améliorer le rendement énergétique d'un établissement.



Adapté du système d'évaluation du rendement énergétique de l'EPA des États-Unis.

1 PARTIE

Chaque étape introduit des changements qui auront une incidence sur les améliorations apportées au cours des étapes suivantes. Une fois instauré, ce processus permettra de maximiser les économies en matière d'énergie et de coût.

Commissioning des bâtiments existants

Le commissioning est une activité de premier plan qui vise à améliorer le rendement énergétique d'un bâtiment existant. Les résultats obtenus sur le terrain ont montré que le commissioning des bâtiments existants (CxBE) permettait de réaliser des économies d'énergie allant de 5 et 20 %, avec une période de récupération typique de deux ans ou moins⁷.

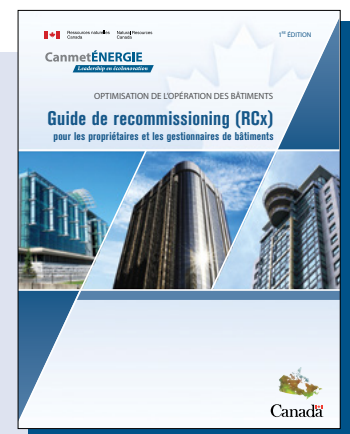
Les économies visées par la mise en service sont réalisées en optimisant le fonctionnement du bâtiment et en restructurant les procédures d'entretien. Le *Guide de recommissioning (RCx) pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments*⁸ élaboré par Ressources naturelles Canada (RNCAN) vous montre comment réduire vos dépenses opérationnelles et accroître vos revenus en améliorant le fonctionnement du bâtiment.

Dans la section 1 du Module sur les principes, nous avons vu qu'un programme de CxBE s'articulait autour de quatre phases : évaluation, investigation, implantation et transfert.

Durant les phases d'évaluation et d'investigation, le CxBE se traduit par une analyse approfondie des systèmes existants, notamment une description de la configuration et de l'ordre d'exécution des opérations. Il en résulte un ensemble de connaissances opérationnelles ainsi qu'une liste de mesures visant à pallier les dysfonctionnements potentiels.

Durant la phase d'implantation, les dysfonctionnements sont corrigés et les possibilités d'économie recensées au cours des phases d'évaluation et d'investigation peuvent être mises en œuvre. L'idée générale derrière le travail exécuté à ce stade est de s'assurer que tous les systèmes, équipements et commandes du bâtiment sont adéquatement configurés et pleinement opérationnels.

Les mesures énumérées ci-dessous constituent une partie des améliorations habituellement réalisées dans le cadre du CxBE. Elles se fondent sur les types de systèmes que l'on retrouve généralement dans les commerces alimentaires, par exemple les systèmes CVCA basés sur des unités de chauffage et de climatisation



Pour en savoir plus sur le commissioning des bâtiments existants, reportez-vous au *Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments* de RNCAN et découvrez comment réduire vos dépenses et accroître vos revenus en optimisant le fonctionnement de votre bâtiment.

⁷ Thorne, J., et Nadel, S. 2007. *Retrocommissioning: Program Strategies to Capture Energy Savings in Existing Buildings*. Préparé pour l'American Council for an Energy Efficiency Economy (ACEEE).

⁸ *Optimisation du fonctionnement des bâtiments : Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments*. <http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/recherche/optimisation/recommissioning/3796>.

1

PARTIE

monozone à volume d'air constant installées sur le toit. Il est nécessaire que toutes les mesures soient mises en œuvre avec des pratiques de commissioning adaptées pour garantir l'optimisation des travaux de réaménagement des systèmes⁹.

Liste de mesures en matière de CxEB

- ✓ Confirmer la correspondance de l'horaire de contrôle de l'éclairage
- ✓ Confirmer que l'horaire d'exploitation du système de traitement de l'air correspond à l'occupation du bâtiment
- ✓ Employer une remise de point de consigne de la température durant les heures d'inoccupation
- ✓ Vérifier le fonctionnement du système de refroidissement naturel (côté air)
- ✓ Réinitialiser le point de consigne de de l'air d'alimentation
- ✓ Calibrer le dispositif de contrôle de l'humidité
- ✓ Inspecter les courroies et les poulies des ventilateurs pour vérifier la tension et détecter les signes d'usure
- ✓ Calibrer les capteurs du système de contrôle automatique de bâtiment
- ✓ Corriger les déséquilibres entre l'air d'alimentation et l'air évacué
- ✓ Réparer l'isolation endommagée des conduits ou remplacer celle qui est manquante
- ✓ Sceller les joints des conduits d'air afin de prévenir les fuites
- ✓ Déterminer l'origine des fuites de réfrigérant et les colmater
- ✓ Vérifier et ajuster les commandes de température des présenteurs
- ✓ Optimiser le cycle de dégivrage

■ Confirmer la correspondance de l'horaire de contrôle de l'éclairage :

Confirmez que l'horaire de contrôle de l'éclairage correspond à l'occupation réelle et explorez les possibilités de réduction des heures de fonctionnement en diminuant ou en éliminant les activités après les heures normales d'ouvertures (p. ex. nettoyage, stockage) en les déplaçant durant les heures d'occupation existantes. Les contrôles devraient généralement être configurés de façon à éteindre l'éclairage intérieur à un moment défini, mais pas à l'allumer automatiquement; le personnel doit allumer les lumières lorsqu'il arrive le matin).

⁹ La norme Z320-11 de l'Association canadienne de normalisation énonce les lignes directrices à observer pour le commissioning des bâtiments et de ses systèmes connexes. Elle a été élaborée afin que les bâtiments et leurs principaux systèmes soient traités comme un ensemble plutôt que comme des pièces séparées les unes des autres. Elle peut s'appliquer aux nouvelles constructions ainsi qu'aux travaux de réaménagement menés dans les bâtiments ou installations existants. <http://shop.csa.ca/fr/canada/building-systems/z320-11-/invnt/27032582011>.

1

PARTIE

- **Confirmer que l'horaire du système de traitement de l'air correspond à l'occupation du bâtiment :** Lorsque de l'équipement fonctionne plus longtemps que nécessaire, des pertes d'énergie s'ensuivent. Bien souvent, les horaires d'exploitation des équipements sont temporairement étendus, pour être ensuite oubliés. Vérifiez les horaires d'exploitation des équipements relativement aux contrôles des bâtiments, aux minuteries mécaniques ou aux réglages des thermostats pour vous assurer qu'ils correspondent le plus possible à l'occupation.
- **Employer une remise du point de consigne de la température durant les heures d'inoccupation :** Un des moyens les plus rentables de réduire la consommation d'énergie est de changer le point de consigne pour la température du bâtiment lorsqu'il est inoccupé, c'est-à-dire en laissant le thermostat descendre plus bas que le point de consigne pour la période d'occupation durant la saison de chauffage, et de monter plus haut que celui-ci durant la saison de refroidissement. Une remise des points de consigne de température se situe généralement de 2 à 5 °C; cependant, les niveaux réellement appropriés de ces températures dépendent du temps de rétablissement de l'équipement de CVCA de votre établissement, c'est-à-dire le temps qu'il faut pour rétablir la température à un niveau confortable avant l'arrivée des occupants. Vérifiez le point de consigne du chauffage et celui du refroidissement durant les heures d'inoccupation et assurez qu'elles soient activées.
- **Vérifier le fonctionnement du système de refroidissement naturel (côté air) :** En mode de refroidissement naturel, l'économiseur et les registres d'air extérieur d'un bâtiment sont complètement ouverts pour faire entrer une quantité maximale d'air extérieur plus sec et plus frais. Les stratégies pour contrôler la possibilité de refroidissement naturel comprennent, entre autres, l'enthalpie fixe, l'enthalpie différentielle et le thermomètre sec différentiel.

L'entretien des économiseurs est fréquemment négligée et même oublié dans maints appareils de traitement de l'air. Une étude préparée par le New Buildings Institute en 2004 a révélé que 64 % des économiseurs cessaient de fonctionner en raison de registres et d'actionneurs brisés ou grippés, de capteurs défectueux ou de contrôles incorrects¹⁰.

Un économiseur qui n'est pas contrôlé correctement peut passer inaperçu, parce que le refroidissement mécanique compensera pour maintenir la température de sortie au point de consigne. Cela peut comprendre des périodes de temps au cours desquelles une quantité insuffisante ou excessive d'air extérieur est introduite par un appareil de traitement de l'air ou l'unité de toit. Le fait de ne pas corriger ou du moins atténuer cette situation provoquera vraisemblablement une consommation d'énergie accrue, attribuable au fonctionnement du ventilateur, au refroidissement et au chauffage.

Couche-Tard/Mac a investi des capitaux pour améliorer la gestion de l'énergie dans ses dépanneurs. Son programme énergétique « One-Touch » a permis de cerner puis de mettre en œuvre diverses améliorations écoénergétiques comme la réaménagement des systèmes d'éclairage et l'optimisation des systèmes CVCA de ses magasins. Au cours de la planification des projets, l'entreprise a envisagé de proposer des rabais au titre de l'efficacité énergétique, et a recensé les systèmes de bâtiment susceptibles d'avoir le plus grand impact en matière d'énergie. Pour chaque magasin, les travaux de réaménagement ont été réalisés en une seule fois, limitant ainsi les perturbations sur le fonctionnement des magasins. Au cours des cinq années du programme, l'entreprise a réduit sa consommation d'électricité de 11,4 %, soit de 1 milliard de kilowattheures.

Source : Couche-Tard,
<http://corpo.couche-tard.com/responsabilite-corporative/responsabilite-environnementale/>

¹⁰ New Buildings Institute, *Review of Recent Commercial Roof Top Unit Field Studies in the Pacific Northwest and California*, 8 octobre 2004. https://newbuildings.org/sites/default/files/NWPCC_SmallHVAC_Report_R3_.pdf (en anglais seulement).

1 PARTIE

Le **Conseil canadien du commerce de détail** a lancé un programme de services liés à l'efficacité énergétique en 2013. Dans le cadre de celui-ci, les experts techniques du conseil apportent leurs connaissances sur les programmes d'incitation aux économies d'énergie des installations, la commercialisation de produits axés sur l'efficacité énergétique, le renforcement des capacités, et prodiguent des conseils sur les prix de l'énergie et sur la tarification réglementaire. Ils offrent également aux membres plusieurs services gratuits comme une aide au traitement des demandes visant à bénéficier des incitatifs, l'analyse de données énergétiques, et un accompagnement pour les audits énergétiques.

Renseignements :
www.retailcouncil.org

L'incidence d'un économiseur défectueux est importante. Par exemple, toutes zones climatiques canadiennes confondues, une étude récente a révélé que les économies d'énergie annuelles moyennes pouvant être réalisées au moyen du refroidissement naturel dans un bâtiment de 5 000 m² correspondent à environ 19 000 kWh¹¹.

- **Réinitialiser le point de consigne de l'air d'alimentation :** Les conditions météorologiques modérées, généralement à l'automne et au printemps, permettent un point de consigne plus élevé de l'air d'alimentation pour le refroidissement, et un point de consigne réduit pour le chauffage. La diminution de la demande en matière de chauffage et de refroidissement entraînera des économies.
- **Calibrer le dispositif de contrôle de l'humidité :** Les fabricants de présentoirs frigorifiques recommandent que le taux d'humidité dans le magasin ne dépasse pas 55 %. Néanmoins, si on abaisse l'humidité relative à 40 %, les cycles de dégivrage sont réduits et la température ambiante peut monter à 24 °C sans que cela nuise au confort des occupants¹². Par ailleurs, maintenir l'humidité relative entre 40 % et 45 % permet de réaliser des économies de 10 % à 15 % sur l'exploitation des présentoirs¹³.
- **Inspecter les courroies et les poulies des ventilateurs pour vérifier la tension et détecter les signes d'usure :** Les pertes associées aux ventilateurs à entraînement par courroie peuvent atteindre 2 % à 6 %¹⁴. Ces pertes sont attribuables à la tension des courroies, au nombre de courroies et au type de courroie employé. La tension des courroies peut être vérifiée et corrigée dans le cadre d'un programme d'entretien préventif ou en l'installant un socle-moteur autorégulé. Vous pouvez réduire les autres pertes associées aux courroies et aux poulies en choisissant les composantes appropriées à votre système et en installant des courroies trapézoïdales.
- **Calibrer les capteurs du système de contrôle automatique de bâtiment :** Les systèmes de contrôle automatique de bâtiment utilisent l'information qui leur est acheminée par les divers capteurs installés dans le bâtiment. Les capteurs de température, de dioxyde de carbone et d'enthalpie (contenu énergétique total de l'air) ne sont que quelques exemples. Si les capteurs critiques installés dans un bâtiment ne sont pas précis (mal calibrés), les systèmes ne fonctionneront pas efficacement, les coûts augmenteront et des problèmes de confort pourront survenir.

¹¹ Taylor, S. et Cheng, C. « Why Enthalpy Economizers Don't Work ». *ASHRAE Journal*. Novembre 2010. http://www.nxtbook.com/nxtbooks/ashrae/ashraejournal_201011/index.php?startid=79#/14 (en anglais seulement).

¹² Le document *ASHRAE Handbook of Fundamentals* montre que la majorité de la population se sent à l'aise lorsque la température est comprise entre 24 et 26,5 °C et l'humidité relative entre 25 % et 45 %.

¹³ *Supermarket Application & Product Guide*, Munters Corporation, www.munters.us (en anglais seulement).

¹⁴ Stamper, Koral. *Handbook of Air Conditioning, Heating and Ventilating*.

1

PARTIE

■ Corriger les déséquilibres entre l'air d'alimentation et l'air évacué :

La pression des bâtiments devrait être neutre ou légèrement positive en comparaison des conditions extérieures. Effectuez un balancement de l'air lors du processus de commissioning pour mesurer la pression et faciliter la mise en place de mesures correctives afin de rétablir l'équilibre approprié.

■ Réparer l'isolation endommagée des conduits ou remplacer celle qui est manquante :

Les inspections de routine de l'isolation des conduits de chauffage et de refroidissement peuvent aider à déterminer les réparations nécessaires. Sans isolation, l'énergie se perd sous forme de pertes à vide et de pertes cycliques (p. ex. perte de chaleur dans les espaces inoccupés lorsque l'eau chaude circule dans les conduits). L'isolation des conduits des systèmes de CVCA dans les nouveaux bâtiments est décrite au tableau 5.2.5.3 du CNÉB et l'isolation des conduits d'eau chaude domestique est décrite au tableau 6.2.3.1. Le CNÉB peut servir de guide afin de déterminer les possibilités d'amélioration de l'isolation.

■ Sceller les joints des conduits afin de prévenir les fuites :

Des conduits bien scellés font en sorte que l'air d'alimentation voulu est acheminé au diffuseur et distribué dans la zone occupée. Dans les commerces alimentaires, des conduits d'air présentant des fuites entraînent des pertes énergétiques liées au chauffage et au refroidissement; le ventilateur d'alimentation consomme aussi plus d'énergie pour acheminer la quantité d'air conditionné nécessaire à la zone occupée. Dans de telles circonstances, les pertes par ventilation sont réacheminées vers l'appareil de traitement de l'air par le vide du plafond.

■ Déterminer l'origine des fuites de réfrigérant et les colmater :

Les systèmes de réfrigération des commerces alimentaires renferment parfois une forte charge de réfrigérant et peuvent être sujets à des taux de fuite élevés. La combinaison de ces deux facteurs peut occasionner d'importantes émissions de réfrigérant. L'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis estime qu'un système centralisé à détente directe (DX) peut émettre jusqu'à 25 % de sa charge de réfrigérant chaque année¹⁵. Les fuites sont causées par un mauvais brasage des joints de tuyauterie, un mauvais serrage des raccords, et l'absence de chapeaux de valve et de joints d'étanchéité. Vous trouverez de plus amples renseignements sur les systèmes de réfrigération étanches dans le document *Best Practices Guideline: Ensuring Leak-Tight Installations of Refrigeration Equipment* mis au point par GreenChill¹⁶.

■ Vérifier et ajuster les commandes de température des présentoirs :

Un point de consigne inutilement bas oblige les compresseurs à fonctionner davantage pour maintenir la température du refroidisseur. Testez et maintenez un point

Figure 7. Isolant de conduit de système CVCA



Il est recommandé de nettoyer régulièrement la surface des serpentins des évaporateurs et des condensateurs dans le cadre de l'entretien permanent des systèmes de réfrigération.

¹⁵ http://www.epa.gov/greenchill/downloads/EPASupermarketReport_PUBLIC_30Nov05.pdf (en anglais seulement)

¹⁶ <http://www.epa.gov/greenchill/downloads/LeakGuidelines.pdf> (en anglais seulement)

1

PARTIE

Répercussions de la réaménagement de l'éclairage intérieur sur le système CVCA

Les systèmes d'éclairage convertissent seulement une fraction de leur puissance nominale en puissance lumineuse utile. Le reste est directement diffusé sous forme de chaleur. Les mesures de modernisation de l'éclairage qui réduisent la puissance d'entrée diminuent également la quantité de chaleur à évacuer par le système de climatisation.

Bien que ce phénomène ait pour effet de réduire les besoins en climatisation durant l'été, il diminue également la chaleur produite par l'éclairage pendant l'hiver. Les répercussions sur un bâtiment donné peuvent être déterminées avec précision par une simulation informatique. De manière générale, l'installation d'un éclairage à faible consommation d'énergie est une mesure très efficace pour diminuer la demande de pointe, réduire la consommation d'énergie et abaisser les coûts des services publics.

de consigne de la température adapté à votre système frigorifique et à votre zone climatique. Faites appel à un expert en régulation du refroidissement et en gestion de l'énergie pour veiller à ce que les points de consigne soient conformes, en toutes circonstances, à la réglementation relative à la salubrité des aliments.

■ **Optimiser le cycle de dégivrage** : une grande quantité d'énergie est nécessaire pour dégivrer les évaporateurs des présentoirs frigorifiques. Le dégivrage peut se faire au moyen de plusieurs méthodes :

- interruption de l'écoulement du fluide frigorigène vers l'évaporateur
- systèmes de chauffage à résistance électrique
- dégivrage par gaz chauds (la vapeur du fluide frigorigène à haute température provenant de la conduite de refoulement du compresseur est acheminée à travers l'évaporateur)

Le dégivrage produit également de la chaleur dans les présentoirs frigorifiques, et celle-ci doit être absorbée par le système frigorifique une fois le cycle de dégivrage terminé. Il n'est pas surprenant de constater que le dégivrage raccourcit la durée de conservation des aliments. Il doit par conséquent être limité au minimum.

Les cycles de dégivrage sont le plus souvent contrôlés selon un horaire prédéterminé. Ils ont généralement lieu toutes les six ou huit heures, sont commandés de manière à prendre fin à une température définie, et sont équipés d'un mécanisme de secours à sécurité intégrée. Le point de consigne de la température de fin de cycle contrôle la durée du cycle de dégivrage. S'il est correctement défini, il sera possible de réaliser des économies d'énergie. Un rapport de l'ASHRAE indique que les chauffages de dégivrage électriques peuvent représenter jusqu'à 25 % de la consommation d'énergie électrique totale des présentoirs frigorifiques¹⁷.

Mise à niveau du système d'éclairage

L'éclairage compte pour près de 30 % de l'énergie consommée par les commerces alimentaires au Canada, et a une incidence sur les autres systèmes du bâtiment en raison de l'électricité dont il a besoin pour fonctionner et de la chaleur résiduelle qu'il génère. Moderniser les systèmes d'éclairage en utilisant des sources lumineuses, des luminaires et des commandes à haute efficacité énergétique permet de réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage, d'optimiser l'environnement visuel et, potentiellement, d'influer sur le dimensionnement des systèmes CVCA et électriques.

¹⁷ Mei, V.C., F.C. Chen, R.E. Domitrovic et B.D. Braxton. « Warm liquid defrosting for supermarket refrigerated display cases. » *ASHRAE Transactions* 108, n° 1 (2002) : 669-672.

1

PARTIE

La modernisation de l'éclairage est un investissement généralement attrayant, associé à de faibles coûts en capital et à une courte période de récupération. Même de simples mesures de modernisation peuvent réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage de 10 à 85 %¹⁸ et améliorer l'expérience de la clientèle. Si l'on tient compte du fait que les densités de puissance lumineuse (DPL) prescrites par les codes antérieurs sont au moins deux fois plus élevées que les DPL prescrites par les codes actuels, les économies susceptibles d'être réalisées s'élèvent à 50 %, et ce, sans avoir à recourir à des commandes supplémentaires.

Remplacements directs contre réaménagements sur mesure

Les réaménagements par remplacement direct nécessitent peu d'analyse et, comme leur nom l'indique, servent à remplacer directement une source d'éclairage ou un dispositif de contrôle par un autre. Par exemple, les nouvelles lampes à diode électroluminescente (DEL) de 11 W peuvent remplacer les lampes à incandescence halogènes de 50 W (MR16).

Les réaménagements sur mesure, en revanche, nécessitent des travaux d'analyse et des exercices de conception pour veiller à ce que la nouvelle configuration et la stratégie de contrôle de l'éclairage correspondent aux besoins des occupants et offrent à la clientèle une expérience positive. Il convient, dans le cadre de la conception de l'éclairage, de tenir compte de plusieurs éléments essentiels comme les rapports de luminance, l'éclat et la qualité de couleur, et la quantité de lumière. L'Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)¹⁹ préconise un éclairage de 500 lux²⁰ pour les espaces commerciaux²¹. Il convient également de consulter le CNÉB pour s'assurer de ne pas dépasser les DPL maximales.

Il convient d'appliquer les principes suivants lors de la conception des modifications à apporter à l'éclairage :

- Configurer l'éclairage conformément aux principes qui sous-tendent les normes IESNA;
- Veiller à ce que la DPL soit équivalente ou inférieure à celle prescrite par le CNÉB;
- Utiliser la source lumineuse la plus performante possible pour l'usage prévu. Avec l'amélioration de leur rendement et de leur qualité de couleur, les luminaires DEL sont en voie de devenir le meilleur moyen de remplacer les lampes à incandescence, à fluorescence et à décharge à haute intensité;
- Utiliser dans la mesure du possible la lumière naturelle, mais éviter les rayons directs du soleil puisqu'ils peuvent être éblouissants. Installer des commandes pour diminuer le recours à la lumière électrique en fonction de la lumière naturelle;

Un **éclairage général** doit être utilisé dans l'espace de vente pour faciliter les déplacements entre les allées principales et les zones de paiement. Pour ce faire, on utilise généralement un système d'éclairage fixe, comme un modèle à fluorescence ou à décharge à haute intensité intégré au plafond et dirigé vers le bas.

¹⁸ Consortium for Building Energy Innovation. *Best Practices for Lighting Retrofits, Picking the Low Hanging Fruit*. Révisé le 29 août 2013. <http://research.cbei.psu.edu/research-digest-reports/best-practices-for-lighting-retrofits> (en anglais seulement).

¹⁹ The Lighting Handbook, 10^e édition, Illuminating Engineering Society of North America.

²⁰ Niveaux d'éclairage horizontal recommandés, mesurés à 76 cm au-dessus du sol, avec au moins la moitié des observateurs âgés de 25 à 65 ans.

²¹ Les niveaux applicables aux espaces commerciaux varient en fonction du type de marchandise et du degré d'exposition (ou éclairage d'accentuation).

1

PARTIE

Principaux termes liés à l'éclairage

Indice de rendu des couleurs (IRC) :

Mesure de 1 à 100 de la capacité d'une source lumineuse à révéler les couleurs des divers objets correctement en comparaison avec une source de lumière naturelle ou idéale. Un IRC de 100 est idéal.

Efficacité des luminaires :

Ratio de lumens émis par un luminaire par rapport aux lumens émis par la ou les lampe(s) installée(s) sur ce luminaire.

Efficacité de l'éclairage :

Mesure de la puissance lumineuse de sortie par unité d'alimentation. Elle est exprimée en lumens par watt (lm/W).

Densité de puissance

d'éclairage (DPE) : Mesure de la charge d'éclairage connectée par unité de superficie. Elle est exprimée en watts par mètre carré (W/m²).

Lumen : Unité mesurant la puissance lumineuse totale émise par une source de lumière (lm).

Luminaire : Unité d'éclairage complète (lampe, boîtier, lentilles, ballast, câblage, etc.).

Lux : Unité de mesure de l'éclairage qui équivaut à un lumen par mètre carré (lx). L'unité impériale est le pied-bougie (en anglais, *foot-candle* ou fc), qui équivaut à un lumen par pied carré.

- Utiliser des systèmes de contrôle automatiques pour éteindre ou diminuer l'éclairage suivant les besoins ;
- Planifier et mettre en œuvre le commissioning de tous les systèmes d'éclairage pour veiller à ce qu'ils fonctionnent conformément aux besoins. Établir un calendrier pour assurer le recommissioning des systèmes de manière régulière.

Les mesures visant l'éclairage sont abordées dans le contexte de deux environnements caractéristiques des commerces alimentaires : l'éclairage des espaces intérieurs et l'éclairage des espaces extérieurs, des auvents de station-service et des parcs de stationnement.

Intérieur

Le système d'éclairage utilisé dans un environnement commercial est conçu pour attirer la clientèle, éclairer suffisamment la marchandise pour qu'elle puisse être observée, et faciliter le processus d'achat. Par ailleurs, l'éclairage contribue souvent de manière substantielle à l'ambiance qui règne au sein du magasin et, à ce titre, il aide à communiquer l'image de marque du détaillant.

Attraction de la clientèle et considération des produits

Une fois que le client se trouve à l'intérieur du magasin, l'éclairage sert à orienter ses mouvements vers les étalages de produits. L'être humain est phototrope : ses mouvements peuvent être orientés en fonction du positionnement intentionnel de la lumière, un peu comme le papillon de nuit qui est attiré par la lumière. Outre le fait d'orienter le client vers les étalages de produits, l'éclairage sert également à orienter l'achalandage d'une manière particulière.

Ambiance et image de marque

Les détaillants alimentaires se servent de l'éclairage non seulement pour vendre leurs produits, mais également comme moyen d'instaurer une ambiance qui reflète leur image de marque :

- Les détaillants qui offrent des produits exclusifs ou de qualité supérieure et des services spécialisés emploieront un éclairage qui reflète leur image. Les sources lumineuses chaudes, associées à de faibles niveaux d'éclairage général (ambiant) et à un éclairage d'accentuation à haute intensité, sont souvent utilisées pour créer une ambiance confortable qui encourage les clients à parcourir les rayons et à passer plus de temps dans le magasin ce qui, en général, les amène à dépenser plus d'argent.
- Les détaillants qui proposent des prix bas et une vaste gamme de produits emploieront des systèmes d'éclairage de base, caractérisés par un niveau d'éclairage uniforme et des températures fraîches. Ce type d'approche en matière d'éclairage vise à communiquer le message selon lequel les clients font d'excellentes affaires et ne supportent pas les frais généraux élevés du détaillant lorsqu'ils y achètent des produits.

1

PARTIE

Réfectance des surfaces intérieures

Le rendement de l'éclairage est largement tributaire de la réflectance des surfaces intérieures comme les murs, le plafond, le sol, les rayonnages et la marchandise. Un mur ou un plafond noir ou de couleur sombre ne sera pas aussi réfléchissant qu'un mur blanc. Par exemple, un espace flanqué de deux murs marrons et de deux murs blancs peut nécessiter six luminaires pour assurer le niveau d'éclairage nécessaire. Le même espace, mais flanqué de quatre murs blancs, peut nécessiter seulement quatre luminaires. Il faut garder à l'esprit que les surfaces brillantes émettent un éclat plus intense que les surfaces à fini mat (de couleur claire ou foncée), et qu'elles reflètent également la lumière, tandis que la marchandise et les emballages de couleur foncée auront pour effet d'absorber la lumière.

Éclairage et le Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada

Les DPE ont diminué en raison des progrès réalisés dans les systèmes d'éclairage écoénergétiques. Le Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments de 1997 autorisait une DPE de 22,6 à 35,5 W/m² pour les espaces à usage commercial, en fonction de la taille du bâtiment. Le CNEB 2011 prescrit une DPE moyenne maximale de 15,1 W/m² pour les bâtiments à usage commercial.

Guide sur le calcul de la DPE

1. Délimitez la zone d'étude. Mesurez et calculez la surface de plancher en mètres carrés.
2. Recueillez les données sur la puissance d'entrée (ou intensité de courant électrique) pour chaque type de luminaire présent dans la zone. Vous devriez pouvoir trouver ces informations sur les étiquettes appliquées aux luminaires. Ne vous basez pas sur la puissance des lampes. Lorsque la puissance d'entrée est exprimée en watts, utilisez cette valeur. Lorsque le courant d'entrée est exprimé en ampères, multipliez l'intensité de courant électrique par la tension (120 V, 208 V ou 347 V) pour obtenir la puissance.
3. Additionnez les puissances d'entrée des luminaires, et divisez le résultat obtenu par la surface pour déterminer la DPE en watts par mètre carré.

1 PARTIE

L'éclairage d'exposition et d'accentuation

sert à attirer la clientèle et à faciliter l'observation de la marchandise. Pour faire ressortir le contraste, l'éclairage d'accentuation nécessite une quantité de lumière plus importante que dans les parties environnantes, selon la texture et la couleur de la marchandise présentée.

Les systèmes d'éclairage d'exposition et d'accentuation doivent être flexibles (par exemple, système d'éclairage sur rail) pour s'adapter à l'évolution des besoins en matière de présentation. Pour une configuration adaptée, il convient de porter une attention particulière au réglage du système d'éclairage afin d'éviter que les clients subissent un éblouissement direct et par réflexion.

Technologie d'éclairage pour bâtiments de grande et faible hauteur

Les bâtiments commerciaux à plafond apparent peuvent être qualifiés de bâtiments « de grande hauteur » lorsque le plafond se trouve à plus de 6,1 mètres du sol, et de bâtiments « de faible hauteur » lorsque le plafond se trouve à moins de 6,1 mètres du sol. L'éclairage de grande hauteur utilisé dans les environnements commerciaux se présente habituellement sous la forme de luminaires aux halogénures métalliques (HM) à décharge à haute intensité (DHI), généralement équipés de réflecteurs ouverts. Les luminaires des bâtiments de faible hauteur peuvent également se présenter sous la forme HM, mais ils sont également équipés de diffuseurs. Au cours des dernières années, l'éclairage DHI a été remplacé par l'éclairage fluorescent ou par les nouvelles lampes céramiques HM. Dernièrement, les luminaires DEL pour bâtiments de grande et faible hauteur sont également apparus sur le marché. Un certain nombre de facteurs entrent en jeu lors de la sélection des luminaires :

- **Puissance lumineuse :** Le rendement en lumen d'une lampe est considéré comme « initial » ou « moyen », ce dernier correspondant à la puissance lumineuse de la lampe à 40 % de sa durée de vie nominale. Les luminaires HM émettent seulement 65 à 80 % de leurs lumens initiaux au milieu de la durée de vie de la lampe, et 40 % de leurs lumens initiaux à la fin de la durée de vie de la lampe. Les lampes fluorescentes conservent 90 à 94 % de leurs lumens initiaux jusqu'à la fin de la durée de vie de la lampe (9000 heures). Les lampes à DEL, en revanche, conservent plus de 90 % de leur puissance jusqu'à 60 000 heures²².
- **Rendement du luminaire :** il s'agit d'une fonction intégrée à la conception du luminaire et qui correspond à sa capacité à diffuser le rendement en lumens disponible à partir de la lampe. La plupart des luminaires DHI existants affichent un rendement global compris entre 60 et 70 %. Les luminaires fluorescents installés dans les bâtiments de grande hauteur affichent un rendement supérieur à 90 % en grande partie grâce aux propriétés fortement réfléchissantes des réflecteurs du luminaire et à l'absence de diffuseurs. Il existe peu de données sur le rendement des luminaires DEL, puisque de nombreux modèles de luminaires sont équipés de DEL à puissance directe, sans réflecteurs ni diffuseurs. Dans bien des cas, le rendement du luminaire (efficacité) est similaire à celui de la gamme DEL.
- **Cycles marche-arrêt :** la durée de vie de la lampe dépend du nombre de cycles marche-arrêt et de leur durée. La durée de vie d'une lampe peut être prolongée en abaissant la fréquence et en augmentant la durée des cycles marche-arrêt (autrement dit, allumer et éteindre les lumières moins souvent au cours d'une journée). Ce facteur ne concerne pas la technologie DEL.
- **Couleur :** l'indice de rendu des couleurs (IRC) est une donnée quantitative qui sert à mesurer la capacité d'une source lumineuse à restituer fidèlement les couleurs d'un objet par rapport à une source lumineuse idéale ou naturelle. Plus le nombre est élevé, plus l'IRC est meilleur. L'IRC des lampes aux halogénures métalliques est de 65, tandis que celui des lampes fluorescentes à rendement élevé oscille entre 80 et 85. L'IRC des systèmes d'éclairage DEL peut dépasser 90, ce qui en fait un

²² IESNA TM-21-11 – température de jonction de la diode : 55 °C.

1

PARTIE

excellent choix lorsque la fidélité des couleurs est un facteur important. Comme indiqué précédemment, l'industrie de l'éclairage DEL évolue à grands pas, et un nombre croissant de modèles à IRC élevé sont en cours de développement.

- Temps de réchauffement et mise en marche : les lampes fluorescentes affichent habituellement un temps de réchauffement inférieur à 1,5 seconde, contre près de trois minutes pour les lampes HM. De la même manière, les lampes fluorescentes se réamorcent à chaud (remise en marche après extinction) en moins de 1,5 seconde, contre près de 17 minutes pour les lampes HM. Il est important de prendre ce facteur en considération si des stratégies visant à contrôler la lumière naturelle et d'autres types d'éclairage sont amenées à être mises en œuvre. Par exemple, les jours où la lumière naturelle est très variable, les luminaires HM, en raison de leur réaction différée, peuvent créer des conditions d'éclairage défavorables. Les lampes DEL éclairent instantanément, sans avoir à observer un temps de réchauffement.

Lampes fluorescentes à rendement élevé T8 ou T5

Moins éblouissantes, les lampes T8 offrent une meilleure qualité de lumière dans les zones où les luminaires sont installés à moins de 6,1 mètres du sol. Les lampes à rendement élevé T5 (T5-HO) diffusent une lumière plus vive depuis un diamètre plus petit, et lorsque équipées de un bon réflecteur offre une meilleure qualité d'éclairage et meilleur rendement.

En règle générale, les luminaires T5-HO doivent être installés à plus de 6,1 mètres du sol, et les luminaires T8 à moins de 6,1 mètres du sol. Les luminaires T8 et T5-HO peuvent tous deux être utilisés avec succès s'ils sont installés à une hauteur comprise entre 5,5 et 7,6 mètres du sol.

DEL

Lorsque les luminaires DEL sont apparus pour la première fois sur le marché, ils étaient chers et limités au niveau de couleur et de la luminosité. Néanmoins, les avancées réalisées dans la technologie DEL et les procédés de fabrication ont permis de développer des luminaires moins chers, proposés en plusieurs couleurs, et dotés d'un haut rendement en lumen. De plus, la durée de vie des lampes DEL est estimée entre 50 000 et 100 000 heures, contre 24 000 à 36 000 heures pour les lampes fluorescentes et 18 000 heures pour les luminaires DHI installés dans les bâtiments de grande hauteur. Les coûts de remplacement des lampes sont un facteur important à prendre en considération si l'on envisage d'entreprendre un réaménagement en installant des luminaires DEL. Les luminaires DEL sont désormais considérés comme aptes à remplacer les luminaires et lampes à incandescence, les systèmes d'éclairage extérieur et, de plus en plus, les lampes fluorescentes.

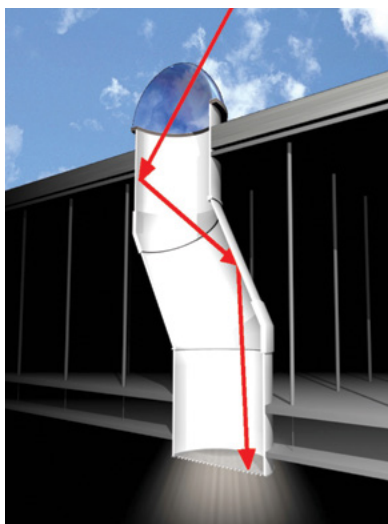
1 PARTIE

Figure 8. Coupole zénithale scellée



Source : Wikimedia Commons
(utilisateur : Masur)

Figure 9. Puits à lumière tubulaire



Source : Peter Ellis, Richard Strand, Kurt Baumgartner. Simulation of Tubular Daylighting Devices and Daylighting Shelves in Energy Plus. BuildSim 2004.

Tirer profit de la lumière naturelle

Cette pratique consiste à utiliser la lumière naturelle comme source d'éclairage. Les bâtiments qui font usage de la lumière naturelle (ce qui leur permet d'éteindre ou de diminuer l'éclairage électrique) ont la possibilité de réduire leur consommation d'énergie, d'abaisser la demande de pointe et de mettre en place un environnement intérieur plus convivial. Il convient toutefois d'entreprendre une planification minutieuse pour exploiter au mieux les avantages potentiels d'un système basé sur l'éclairage naturel. Un tel système peut également être difficile à mettre en place dans les bâtiments existants où les fenêtres et autres passages de lumière sont déjà installés.

Un éclairage fondé sur la lumière naturelle présente de grands avantages : confort et satisfaction des occupants, économies d'énergie et augmentation des ventes (dans un environnement commercial). En revanche, un système d'éclairage naturel mal configuré occasionne un éblouissement et une luminance irrégulière ce qui, en fin de compte, suscite le mécontentement des occupants et concourt au mauvais éclairage de la marchandise. La configuration de la lumière naturelle doit être la première étape du processus de conception de l'éclairage. L'éclairage électrique doit alors venir compléter l'éclairage naturel pendant la journée, et assurer un éclairage adapté et autonome une fois la nuit tombée. Les commandes d'éclairage, qui s'adaptent aux niveaux de lumière naturelle en diminuant ou en coupant l'éclairage, doivent ajuster l'éclairage électrique de manière progressive afin de veiller à ce que la marchandise reste bien exposée et que les occupants bénéficient d'un environnement convivial.

Les puits de lumière font pénétrer la lumière naturelle sans empiéter sur la surface murale destinée en priorité au merchandising. Pour mieux comprendre les répercussions de l'éclairage naturel sur les ventes au détail, une étude a été menée auprès d'une chaîne de 108 magasins pratiquement identiques. Deux tiers des magasins étaient équipés de puits de lumière. Le tiers restant ne l'était pas. L'éclairage général était diffusé par un système à fluorescence, tandis que les puits de lumière assuraient deux à trois fois les niveaux d'éclairage visés. Les résultats de l'étude ont mis en évidence une corrélation positive et étroite entre les puits de lumière et l'augmentation des ventes de 40 %²³.

Économies d'énergie grâce à la lumière naturelle

Un éclairage naturel bien configuré, complété par un système de contrôle d'éclairage capable de s'adapter à la lumière naturelle, permet de réaliser des économies d'énergie. Lorsque la lumière naturelle peut assurer à elle seule un éclairage ambiant approprié, ce système est capable de réduire la consommation liée à l'éclairage électrique. Parmi les autres avantages de ce système, on peut citer :

²³ Heschong Mahone Group, *Skylighting and Retail Sales, An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance*. 20 août 1999.

1

PARTIE

- *une diminution de la charge de refroidissement.* Par rapport à l'éclairage électrique, l'éclairage naturel diffuse son « énergie » davantage sous forme de lumière visible, et moins sous forme de chaleur. Par conséquent, l'éclairage naturel est capable de réduire la charge de refroidissement lorsqu'il remplace l'éclairage électrique. Toutefois, les avantages de l'éclairage naturel sont plus complexes qu'il n'y paraît, car les pertes de chaleur et les gains conducteurs à travers le vitrage sont également des facteurs à prendre en considération. Les commandes d'ombrage peuvent réduire les gains de chaleur, et il est nécessaire de sélectionner un vitrage approprié pour limiter la perte de chaleur à travers celui-ci. De manière générale, un système d'éclairage naturel bien configuré permettra de réduire la charge de refroidissement.
- *une baisse de la demande de pointe.* L'éclairage naturel s'adapte particulièrement bien aux bâtiments commerciaux puisqu'ils sont généralement occupés pendant la journée, lorsque la lumière naturelle est disponible. Lorsque l'éclairage naturel est disponible en grande quantité et que les températures extérieures sont élevées, l'utilisation de la lumière naturelle permet de diminuer la charge électrique de pointe en réduisant les besoins en refroidissement mécanique et en éclairage électrique. Même en hiver, les économies réalisées en éclairage électrique peuvent s'accompagner d'une baisse de la demande de pointe. Ainsi, il sera possible, chaque mois, de réaliser des économies sur les frais liés à la demande.

Commandes d'éclairage naturel

Les commandes d'éclairage s'articulent autour de deux mécanismes : extinction et diminution. Dans les deux cas, des capteurs sont nécessaires pour transmettre l'information aux commandes.

- L'extinction consiste à éteindre les lumières lorsque la lumière naturelle est disponible en quantité suffisante. Les circuits d'éclairage existants peuvent être recâblés de manière à introduire des ballasts à circuits séparés dans chaque luminaire, ou des luminaires à circuits séparés.
- La diminution consiste à opérer un changement progressif dans la puissance lumineuse en fonction de la portée du ballast, ce qui permet d'obtenir une vaste gamme de puissances lumineuses. Le mécanisme de diminution est généralement plus adapté aux établissements dotés d'une hauteur sous plafond standard. Il s'avère moins utile dans les systèmes d'éclairage de bâtiments de grande hauteur, car les occupants sont moins sensibles aux changements dans les niveaux d'éclairage, ce qui rend le mécanisme d'extinction plus adapté.

Pour mesurer l'impact de la réaménagement du système d'éclairage, il peut être utile de limiter l'opération à un étage ou à un espace en particulier pour évaluer l'impact sur le confort des occupants avant d'élargir la réaménagement aux espaces similaires.

1 PARTIE

Exemple concret :
Magasins 7-11

En faisant passer 1600 de ses établissements à l'éclairage DEL, 7-11 a pu économiser chaque année plus de deux millions de dollars en coûts d'énergie et d'entretien. L'éclairage des magasins a été modernisé avec l'adoption d'un auvent, de diffuseurs et de blocs muraux DEL pour remplacer un parc majoritairement constitué de luminaires HM de 400 W offrant un rendu des couleurs médiocre.

Source : GE Lighting, http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/images/VERT008-GE-Retail-LED-Lighting-7-Eleven-Case-Study_tcm201-86636.pdf.

Liste de mesures en matière d'éclairage (intérieur)

- ✓ Remplacer les luminaires ou lampes existants par des lampes DEL
- ✓ Remplacer les enseignes de sortie à incandescence par des enseignes DEL
- ✓ Remplacer les interrupteurs muraux des pièces fermées par des détecteurs de présence et d'absence
- ✓ Installer des sources de lumière naturelle et des commandes d'éclairage

- **Remplacer les luminaires ou lampes existants par des lampes DEL :** un vaste éventail de luminaires existants peuvent être remplacés par des lampes et luminaires DEL. Le tableau 1 fournit des exemples de modèles susceptibles de remplacer les luminaires les plus fréquemment utilisés dans les commerces alimentaires.

Tableau 1. Exemples de modèles de remplacement pour les luminaires les plus courants

Luminaires existants			Remplacement DEL		Économies de la demande
Type	Puissance du luminaire	Lumens	Puissance du luminaire	Lumens	%
MR16	50 W	600	9 W	620	82 %
Fluorescente compacte	13 W	500	5 W	500	62 %
T8	61 W ²⁴	4 658 ²⁵	34 W	4 000	44 %
HM	85 W (lampe de 70 W)	4 400	50 W	4 100	41 %

Reportez-vous à la section **Conseils de rentabilisation** pour connaître les coûts et avantages d'un scénario de modernisation.

- **Remplacer les enseignes de sortie à incandescence par des enseignes DEL :** les enseignes de sortie peuvent être remplacées en intégralité, ou « converties » à la technologie DEL à l'aide d'une trousse de transformation. Un tel remplacement permettrait de réaliser des économies substantielles, sachant que les enseignes de sortie fonctionnent 24 heures sur 24, sept jours sur sept. Les enseignes de sortie munies de la technologie DEL consomment environ 1 W d'énergie contre 11 W pour un modèle fluorescent compact, soit une économie de 90 %. Reportez-vous à la section **Conseils de rentabilisation** pour connaître les coûts et avantages d'un scénario de modernisation.

²⁴ Deux lampes de 32 W avec un facteur de ballast de 0,95.

²⁵ Lumens moyens indiqués pour les luminaires T8 et HM.

1

PARTIE

- **Remplacer les interrupteurs muraux des pièces fermées par des détecteurs de présence et d'absence :** les détecteurs de présence et d'absence éteignent les lumières lorsque l'espace est inoccupé. Les détecteurs de présence allument automatiquement les lumières lorsqu'ils détectent que la pièce est occupée. Avec les détecteurs d'absence, en revanche, les lumières ne peuvent être allumées que si l'interrupteur mural est actionné manuellement. Les détecteurs d'absence offrent les meilleures possibilités d'économies puisque les lumières ne s'allument jamais automatiquement. Une période de temporisation de 15 minutes est généralement préconisée pour éviter le fonctionnement en cycles courts et prolonger la durée de vie de la lampe. Selon l'EPA des États-Unis, les possibilités d'économies varient, dans des conditions de fonctionnement optimales, entre 25 et 75 % de l'énergie consommée au titre de l'éclairage, en fonction du type d'espace concerné²⁶.
- **Installer des sources de lumière naturelle et des commandes d'éclairage :** une stratégie d'éclairage naturel bien articulée, combinée à des commandes d'éclairage par photodétecteur qui diminuent ou éteignent l'éclairage électrique lorsque la lumière naturelle est disponible en quantité suffisante, permet d'économiser beaucoup d'énergie et de réduire les coûts d'entretien.

Éclairage des zones extérieures, des auvents de station-service et des parcs de stationnement

L'éclairage extérieur est conçu à des fins de sécurité et n'est pas concerné par les caractéristiques qui sous-tendent le rendu des couleurs ou les tâches visuelles. Ainsi, l'éclairage DEL est, depuis plusieurs années, une solution parfaitement adaptée aux éclairages extérieurs.

La technologie d'éclairage DEL a évolué de manière significative, aussi bien sur les nouvelles installations que sur les réaménagements. Un certain nombre de fabricants d'éclairage DEL sont apparus sur le marché ces dernières années, proposant à la vente un large assortiment de modèles pour la réaménagement, notamment des trousse de transformation qui permettent de convertir des luminaires existants de manière à ce qu'ils puissent fonctionner avec une lampe DEL.

Liste de mesures en matière d'éclairage (extérieur, auvent de station-service et parc de stationnement)

- ✓ Remplacer l'éclairage des surfaces extérieures des bâtiments, des auvents de station-service et des parcs de stationnement par des lampes DEL
- ✓ Ajouter des commandes par cellule photo-électrique et par minuterie pour l'éclairage extérieur

Petro-Canada utilise des tubes DEL pour éclairer les sous-auvents de ses stations depuis plus de dix ans. Les premiers essais pilotes ont mis en évidence une diminution de 15 % de la consommation d'électricité par rapport à l'éclairage au néon.

Source : LEDs Magazine, <http://www.ledsmagazine.com/articles/2005/02/case-study-canopy-border-lighting-for-gas-stations.html>.

Figure 10. Éclairage d'un auvent de station-service



²⁶ Environmental Protection Agency des États-Unis. *Putting Energy into Profits: ENERGY STAR® Guide for Small Business*. http://www.energystar.gov/ia/business/small_business/sb_guidebook/smallbizguide.pdf (en anglais seulement).

1

PARTIE

Figure 11. Éclairage del d'un parc de stationnement



■ Remplacer l'éclairage des surfaces extérieures des bâtiments, des auvents de station-service et des parcs de stationnement par des lampes DEL :

les luminaires DEL permettent de réaliser 40 % d'économies en plus que les luminaires DHI classiques. Les lampes ou luminaires peuvent être remplacés individuellement, ce qui nécessite peu d'analyse conceptuelle. Reportez-vous à la section [Conseils de rentabilisation](#) pour connaître les coûts et avantages d'un scénario de modernisation.

■ Ajouter des commandes par cellule photo-électrique et par minuterie pour l'éclairage extérieur :

l'éclairage extérieur doit, au minimum, être commandé par une cellule photo-électrique visant à l'éteindre durant les heures de clarté. Si l'utilisation de l'éclairage pour des raisons de sécurité n'est pas nécessaire, le recours à une minuterie pour éteindre les lumières en dehors des heures normales de travail permet également d'économiser de l'argent et de l'énergie. Par exemple, l'éclairage d'un parc de stationnement peut être allumé au coucher du soleil, puis coupé à 22 heures. Il peut également être allumé aux premières heures de la matinée, puis coupé au lever du soleil. Les minuteries astronomiques offrent un meilleur contrôle puisqu'elles ajustent automatiquement l'horloge aux heures locales du lever et du coucher du soleil, ce qui garantit une précision optimale tout au long de l'année. Reportez-vous à la section [Conseils de rentabilisation](#) pour connaître les coûts et avantages d'un scénario de modernisation.

Réduction de la charge supplémentaire

Les sources de charge supplémentaire sont des facteurs qui contribuent à titre secondaire à la consommation énergétique des bâtiments (occupants, ordinateurs et équipement, enveloppe du bâtiment, etc.). Ces charges peuvent exercer une influence négative sur la charge de chauffage, la charge de refroidissement et la charge électrique. Les effets des charges supplémentaires peuvent néanmoins être contrôlés et limités par la planification stratégique, la mobilisation des occupants et les initiatives de modernisation écoénergétique. Moyennant une analyse rigoureuse de ces sources et de leurs interactions avec les systèmes CVCA, la taille des équipements de chauffage et de refroidissement et les coûts de modernisation peuvent être réduits. Ces modernisations peuvent directement réduire la quantité d'énergie gaspillée, et générer des économies d'énergie supplémentaires sur les systèmes CVCA.

Les charges supplémentaires peuvent être abaissées en limitant la consommation énergétique de l'équipement et en modernisant l'enveloppe du bâtiment de manière à assurer une meilleure résistance thermique.

1

PARTIE

Charges électriques et équipements

Cette section porte sur les équipements et appareils couramment utilisés dans les commerces alimentaires.

Liste de mesures en matière de charge supplémentaire (charges électriques et équipement standard)

- ✓ Mettre l'équipement hors tension lorsqu'il n'est pas utilisé
- ✓ Installer des commandes sur les distributeurs automatiques
- ✓ Opter pour l'équipement certifié ENERGY STAR
- ✓ Mettre en œuvre un programme de sensibilisation aux économies d'énergie auprès des employés

- **Mettre l'équipement hors tension lorsqu'il n'est pas utilisé :** la première étape en vue de réaliser des économies d'énergie consiste à mettre les équipements et appareils hors tension lorsqu'ils ne sont pas en usage. Les paramètres de gestion de la consommation des ordinateurs, écrans et terminaux de paiement peuvent être réglés de manière à ce que l'objet se mette automatiquement hors tension.
- **Installer des commandes sur les distributeurs automatiques :** les distributeurs automatiques sont un autre exemple d'équipement susceptible d'être mis hors tension pour économiser de l'énergie. Il existe des produits de réaménagement qui utilisent des détecteurs de mouvements pour mettre les machines hors tension lorsque l'espace qui les entoure est inoccupé. Les machines sont remises sous tension lorsque l'espace est occupé et à intervalles réguliers pour maintenir la fraîcheur de leurs produits.
- **Opter pour l'équipement certifié ENERGY STAR :** les produits recommandés par ENERGY STAR consomment 25 à 50 % d'énergie de moins que les appareils semblables traditionnels. Les ordinateurs et autres équipements connexes qui portent le label ENERGY STAR économisent de l'énergie et de l'argent en passant en mode « veille » ou en se mettant hors tension lorsqu'ils ne sont pas utilisés, et en adoptant un mode de fonctionnement plus économe lors de leur utilisation. Instituer une politique efficace en la matière peut simplement consister à demander au personnel chargé de l'approvisionnement de choisir des produits certifiés ENERGY STAR comme des ordinateurs, des fournitures de bureau, des luminaires et lampes et des ustensiles et appareils électroniques de cuisine. L'encadré ci-dessous fournit des renseignements complémentaires sur l'équipement des cuisines commerciales.

Pour en savoir plus sur les produits ENERGY STAR, rendez-vous sur : site **ENERGY STAR** de Ressources naturelles Canada pour le Canada : <http://www.rncan.gc.ca/energie/produits/energystar/12520>

Équipement des cuisines commerciales

Un grand nombre de commerces alimentaires qui proposent des plats préparés exploitent de petites cuisines commerciales. Ces cuisines abritent tout un éventail d'équipements, de luminaires et d'appareils qui contribuent à la consommation d'énergie, ce qui signifie qu'il existe aussi tout un éventail de possibilités pour réduire cette consommation.

Seulement 35 % de l'énergie consommée dans une cuisine commerciale ordinaire est utilisée pour la cuisson et la préparation des aliments. Le reste se « perd » dans la pièce sous forme de chaleur. Le recours à un équipement plus écoénergétique permet non seulement de réduire la consommation d'énergie, mais également d'améliorer le confort et la qualité de l'air. En remplaçant l'équipement existant par des modèles à haute efficacité énergétique, il est possible de réaliser jusqu'à 70 % d'économies sur la consommation d'énergie.

Le tableau 2 montre les économies typiques réalisées par divers équipements de cuisine et indique s'il existe des produits certifiés ENERGY STAR pour les remplacer :

Tableau 2. Produits certifiés ENERGY STAR

Catégorie	Équipement	Économies d'énergie types	Économies d'eau types	Homologué ENERGY STAR
Réfrigération	Réfrigérateurs et congélateurs commerciaux	35 %	–	Oui
	Machines à glace commerciales	15 %	10 %	Oui
Sanitation	Lave-vaisselle commerciaux	25 %	25 %	Oui
	Pulvérisateurs de prérinçage	Variable	55–65 %	Non
	Chauffe-eau	5 %	–	Oui
Préparation des aliments	Friteuses commerciales	30–35 %	–	Oui
	Plaques chauffantes commerciales	10 %	–	Oui
	Armoires de conservation chauffées commerciales	65 %	–	Oui
	Fours commerciaux	20 %	–	Oui
	Cuiseurs à vapeur commerciaux	50 %	90 %	Oui

Source : RNCAN. 2012. *Guide ENERGY STAR pour les cuisines commerciales*

La ventilation d'une cuisine exerce également une influence majeure sur la consommation énergétique. La demande en énergie peut être considérablement réduite si les appareils de cuisine sont de taille appropriée, si la chaleur est récupérée à partir de l'air vicié, et si le système de ventilation est muni d'un dispositif de contrôle selon la demande. Certains appareils de cuisine sont même équipés de solutions intégrées pour réduire les besoins en air vicié. Reportez-vous à la section [Modernisation des systèmes de distribution de l'air](#) pour en savoir plus.

1

PARTIE

- **Mettre en œuvre un programme de sensibilisation aux économies d'énergie auprès des employés :** Le document *Mise en œuvre d'un programme de sensibilisation à l'efficacité énergétique*²⁷ édité par RNCAN aide les propriétaires et les gestionnaires à mettre en place des programmes efficaces de sensibilisation des employés aux économies d'énergie. Le document « ENERGY STAR Guidelines for Energy Management »²⁸ est également une ressource précieuse. Il indique comment procéder pour créer un plan de communication, et propose des idées, exemples et modèles pouvant être personnalisés pour faciliter la diffusion du message auprès des employés, des clients et des intervenants.

Enveloppe

Cette section décrit les mesures susceptibles d'être adoptées pour optimiser l'enveloppe d'un bâtiment (toit, murs, fondation, fenêtres et portes). Les paramètres qui influent le plus souvent sur le flux thermique à travers l'enveloppe du bâtiment sont la conduction, le rayonnement solaire et l'infiltration. La conduction désigne la conductivité des matériaux présents dans l'enveloppe du bâtiment et leur capacité à conduire ou à entraver un flux thermique de base (du chaud au froid). Le rendement est le plus souvent exprimé sous forme de valeurs RSI ou R (voir encadré ci-contre), ou de résistance au flux thermique. Le rayonnement solaire apporte des gains de chaleur souhaités par les fenêtres pendant la saison de chauffage, et des gains de chaleur non souhaités pendant la saison de refroidissement. L'infiltration correspond aux fuites d'air qui traversent les éléments du bâtiment comme les fenêtres, les portes, les intersections de l'enveloppe, les pénétrations physiques et les ouvertures mécaniques. La figure 12 montre comment la chaleur pénètre dans un bâtiment et en sort à travers son enveloppe.

La conduction est largement tributaire de la quantité et de la qualité de l'isolant et de la réduction des ponts thermiques. Le rayonnement solaire est soumis au coefficient d'apport de chaleur par rayonnement solaire des fenêtres ou de certains éléments comme les stores de fenêtre, les avant-toits et les auvents. L'infiltration est contrôlée par la membrane pare-air et est subordonnée à la qualité de l'étanchéisation des ouvertures de l'enveloppe et des bourrelets de calfeutrage pour les ouvertures mobiles (par exemple, fenêtres et portes, clapets de prise et d'évacuation quand ces derniers sont fermés, pénétrations de l'enveloppe comme les plates-formes de chargement, etc.).

La valeur RSI (valeur R du système international) pour l'isolation est une mesure de la résistance thermique d'un matériau.

La valeur RSI est calculée en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$.

La valeur R est calculée en $\text{pi. ca.}^\circ \text{F} \cdot \text{h/Btu}$.

Conversion :

$$\text{RSI} = R \div 5,678$$

$$R = \text{RSI} \times 5,678$$

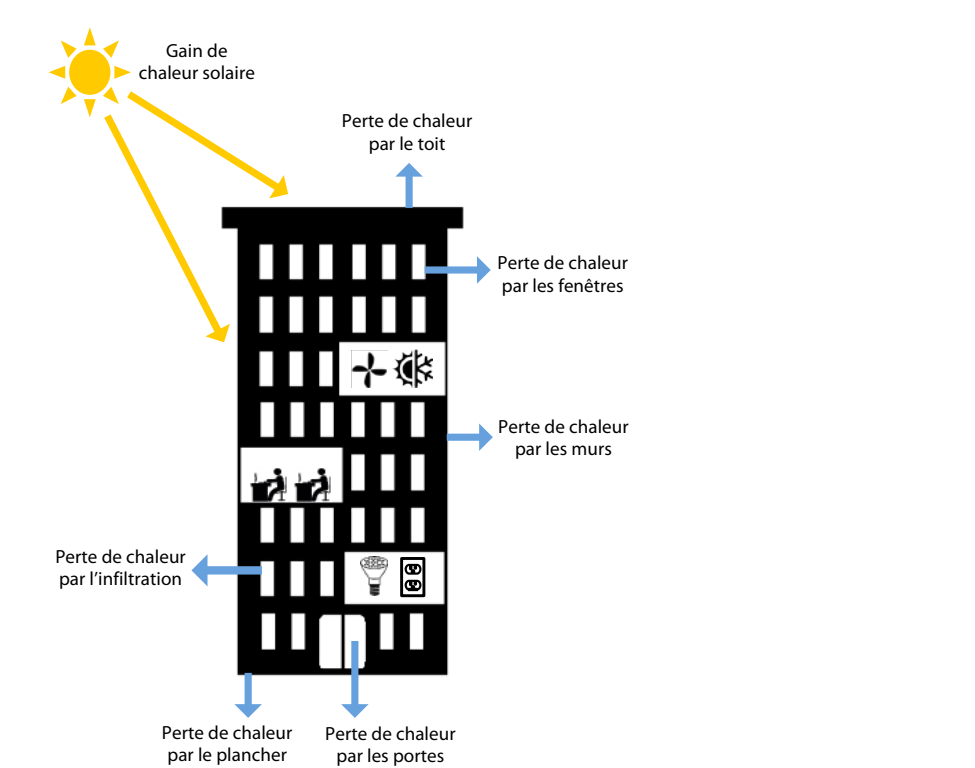
$$1 \text{ RSI} = R - 5,678$$

²⁷ http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/rncan-nrcan/M144-244-2012-fra.pdf.

²⁸ <http://www.energystar.gov/buildings/about-us/how-can-we-help-you/build-energy-program/guidelines> (en anglais seulement).

1 PARTIE

Figure 12. Transfert de chaleur à travers l’enveloppe du bâtiment



En vertu de la norme ASTM*, qui est citée dans le 2012 *International Energy Conservation Code* (IECC) et l'*International Green Construction Code* (IGCC), le débit d'infiltration d'un bâtiment ne doit pas excéder 2 l/s par mètre de surface murale (0,4 pied cube par minute par pied carré de surface murale) pour une différence de pression de 75 Pa (colonne d'eau de 0,3 pouce).

*L'ASTM, anciennement American Society for Testing and Materials, est un organisme qui élabore et diffuse des normes consensuelles volontaires à l'échelle internationale.

Reportez-vous à la section [Conseils de rentabilisation](#) pour connaître les coûts et avantages de trois scénarios de modernisation.

Liste de mesures relatives aux charges supplémentaires (enveloppe)
✓ Réduire l'infiltration
✓ Ajouter un pare-air
✓ Ajouter des matériaux isolants
✓ Améliorer les portes et fenêtres
✓ Considérer l'option d'un toit blanc
✓ Ajouter un vestibule

■ **Réduire l'infiltration** : l'infiltration (ou fuite d'air) correspond à la circulation incontrôlée de l'air à travers l'enveloppe du bâtiment (air extérieur entrant ou air conditionné sortant). Bien que les concepteurs sont conscients de l'existence du problème, ils l'ont soit largement ignoré, soit intégré à la conception des systèmes de chauffage et de refroidissement. Les conséquences de l'infiltration sur la consommation énergétique des bâtiments se sont révélées significatives.

1

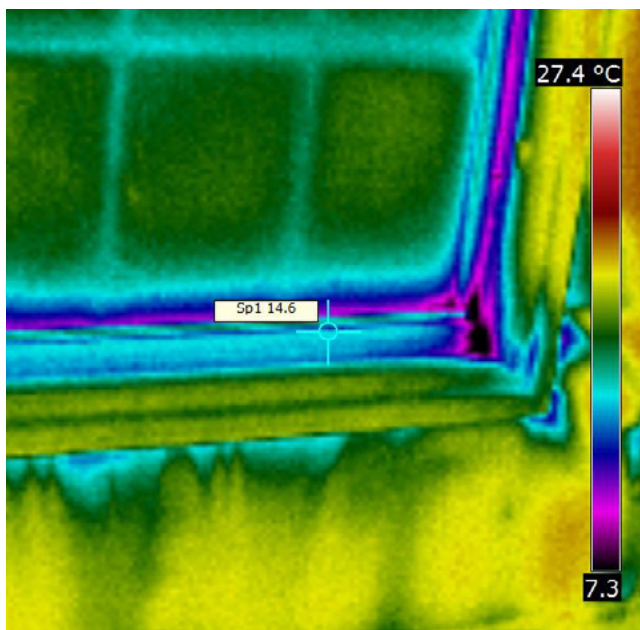
PARTIE

Tandis que les équipements CVCA et les autres systèmes de bâtiments continuent à s'améliorer sur le plan de l'efficacité énergétique, la perte d'énergie associée aux fuites dans l'enveloppe des bâtiments représente un pourcentage encore plus important de la consommation d'énergie totale du bâtiment.

L'infiltration peut également être amplifiée lorsqu'un bâtiment est soumis à une pression positive ou négative. Les effets de la mise sous pression d'un bâtiment se feront ressentir lorsqu'une porte est ouverte : un courant d'air s'échappera du bâtiment ou pénétrera à l'intérieur. La pression du bâtiment doit être neutre ou très légèrement positive. Pour vérifier si c'est le cas, on peut réaliser un équilibrage de l'air dans le but de mesurer l'écoulement de l'air soufflé et de l'air vicié. Tout déséquilibre peut être corrigé en atténuant les différences entre les courants d'air soufflé et d'air vicié.

Certains signes d'infiltration sont évidents (par exemple, le passage de la lumière naturelle à travers une porte fermée). D'autres, en revanche, le sont moins, et peuvent nécessiter de recourir à l'imagerie thermographique, une technologie qui permet de visualiser les différences de température. Figure 13 montre comment l'imagerie infrarouge peut aider à détecter les problèmes liés à l'infiltration ou à la faiblesse thermique de l'enveloppe (il est intéressant de constater la faible température de surface associée aux différentes parties de la fenêtre, au cadre de la fenêtre, et à l'ossature située autour de la fenêtre et sous celle-ci).

Figure 13. Imagerie infrarouge indiquant la présence de fuites autour des fenêtres



1

PARTIE

Les poires à fumée sont un autre outil servant à détecter les zones de fuite. Lorsqu'on tient la poirée à fumée à proximité d'une fuite potentielle, le mouvement de la fumée indique si on est en présence d'une fuite ou non. Le bâtiment doit être mis sous pression pour que l'outil démontre son efficacité.

La réduction de l'infiltration de l'air est une mesure généralement peu onéreuse, souvent associée à l'ajout d'un bourrelet de calfeutrage (ou coupe-bise) ou au remplacement de celui-ci. L'infiltration de l'air peut provoquer une condensation et une accumulation d'humidité, et peut également indiquer la présence d'eau dans l'enveloppe du bâtiment. Ces deux problèmes peuvent contribuer à la formation de moisissures et, dans certains cas, occasionner des dommages structuraux sur les éléments de l'enveloppe. Ce risque supplémentaire met en évidence l'importance de corriger ces dysfonctionnements. Il est recommandé de faire appel à un professionnel en sciences des bâtiments (ingénieur ou architecte) pour que celui-ci examine l'enveloppe et établisse un diagnostic qui permettra de supprimer adéquatement toutes les sources d'infiltration d'air et d'eau.

- **Ajouter une membrane pare-air :** bien qu'elle soit moins évidente que les sources d'infiltration évoquées ci-dessus, la présence d'une membrane pare-air autour de l'enveloppe du bâtiment est pourtant essentielle pour garantir une bonne étanchéisation. Un système de membrane pare-air qui fonctionne correctement offre une protection contre les fuites d'air et la diffusion de l'air causée par le vent, l'effet de cheminée et les différences de pression occasionnées par l'introduction ou l'évacuation mécanique de l'air du bâtiment. Les bâtiments équipés d'un système de membrane pare-air correctement installé peuvent tout à fait utiliser un plus petit système CVCA, car le système mécanique n'est pas contraint de « compenser » lorsque le bâtiment est sujet à des fuites. Dans certains cas, la réduction de la taille et du coût de l'équipement mécanique peut contrebalancer le coût du système de membrane pare-air. Les bâtiments non équipés de membrane pare-air, ou équipés d'une membrane inadaptée, encourent le risque d'une diminution de la durée de vie de leur enveloppe, ce qui peut avoir une incidence négative sur le confort des occupants et accroître les dépenses énergétiques.

Plusieurs approches sont envisageables pour installer une membrane pare-air sur la surface extérieure d'un bâtiment. L'une des approches les plus courantes consiste à utiliser une combinaison de matériaux pare-air/eau. Les membranes à fixation mécanique, les membranes autoadhésives et les membranes à application liquide peuvent également servir de pare-air/eau pour les murs extérieurs.

Les membranes pare-air à application liquide sont généralement privilégiées en raison de leur facilité d'installation et de personnalisation par rapport aux matériaux en feuilles. Les membranes pare-air/eau à application liquide ont été longtemps utilisées dans les systèmes drainables d'isolation par l'extérieur avec enduit mince (EIFS), et sont aujourd'hui de plus en plus utilisées avec les autres types d'habillages extérieurs.

1

PARTIE

Le fait d'ajouter un isolant et d'assurer ou d'améliorer la continuité de la membrane pare-air a un effet bien plus retentissant sur les économies d'énergie que le seul ajout d'un isolant. À titre d'exemple, la modélisation énergétique d'un bâtiment de 5000 m² à Toronto, qui affiche un débit d'infiltration de base de 7,9 l/s/m² (1,55 pi³/m/pi²) et qui a été réaménagé à l'aide d'un isolant de 50 mm (2 pouces) sans introduire aucune amélioration au niveau de la membrane pare-air, a mis en évidence une amélioration du rendement énergétique de seulement 2 %. En comparaison, l'ajout d'un isolant du même gabarit et l'abaissement de l'infiltration à 2 l/s/m² (0,4 pi³/m/pi²) ont conduit à une amélioration de 12,6 % du rendement énergétique²⁹.

■ Ajouter un isolant :

Isolant de toiture

Étant donné que le toit d'un bâtiment peut être une source majeure de perte et de gain de chaleur, le meilleur moyen de réduire le transfert thermique est d'y ajouter un isolant. Cet ajout peut se faire sans perturber le confort des occupants du bâtiment. C'est une possibilité à étudier lorsqu'on envisage de procéder au remplacement du toit à la fin de son cycle de vie. Une analyse énergétique peut démontrer que les économies d'énergie sont suffisamment importantes pour justifier un remplacement anticipé du toit pour y ajouter un isolant.

Isolant mural

L'isolant peut être ajouté aux cavités murales ou à la surface extérieure du bâtiment. L'application de l'isolant par l'extérieur est la méthode la plus répandue en raison des difficultés et des perturbations induites lorsque l'application se fait par l'intérieur. Par ailleurs, l'application d'une couche continue d'isolant sur l'extérieur de l'ossature murale offre un meilleur rendement qu'une isolation discontinue dans la cavité murale. L'ajout d'un isolant mural est souvent associé au remplacement des fenêtres, car les baies de fenêtre doivent parfois être « incrustées » pour s'adapter à la profondeur accrue de l'ensemble du mur.

■ Moderniser les fenêtres et les portes :

Fenêtres

Les fenêtres ont une influence sur les coûts d'exploitation d'un bâtiment et sur le bien-être de ses occupants. Les fenêtres exercent non seulement une influence déterminante sur l'aspect extérieur et l'ambiance intérieure d'un bâtiment, mais elles peuvent également être l'un des premiers facteurs de contribution à la consommation d'énergie et à la demande de pointe.

Les gains et pertes de chaleur par les fenêtres peuvent représenter une part significative des charges de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment. Exploiter la lumière naturelle peut réduire la charge d'éclairage électrique et réchauffer l'ambiance antérieure. En ce sens, il convient, au moment de choisir les fenêtres de remplacement, de prendre en considération la qualité de la lumière qu'elles diffusent dans le bâtiment et leur rendement thermique.

Dans la perspective du cycle de vie, le **meilleur moment pour augmenter les niveaux d'isolation du toit** est lors de son remplacement. En procédant ainsi, on a l'avantage d'intégrer le coût d'investissement dans le plan de gestion des actifs du bâtiment et d'isoler le coût différentiel de l'isolation additionnelle pour l'analyse des coûts-avantages des réaménagements énergétiques.

CNÉB de 2011 – Valeurs RSI minimales pour les murs et les toits pour les zones climatiques 5, 6 et 7 :

Zone 5

(p. ex. Kelowna, Toronto)
Mur 3,597 m² · K/W (R-20)
Toit 5,464 m² · K/W (R-31)

Zone 6

(p. ex. Ottawa, Montréal)
Mur 4,049 m² · K/W (R-23)
Toit 5,464 m² · K/W (R-31)

Zone 7A

(p. ex. Edmonton)
Mur 4,762 m² · K/W (R-27)
Toit 6,173 m² · K/W (R-35)

²⁹ Répercussions évaluées à l'aide d'un modèle énergétique interne d'Arborus Consulting.

1

PARTIE

Le facteur U (ou valeur U) désigne le taux de perte de chaleur d'une fenêtre. Plus le facteur U est bas, plus la fenêtre est apte à résister au flux thermique (valeur RSI), et plus ses propriétés isolantes sont bonnes.

De tous les éléments qui composent l'enveloppe d'un bâtiment, les fenêtres sont ceux qui affichent le plus mauvais rendement thermique. Même les meilleures fenêtres affichent des valeurs RSI plus basses que les pires murs et toits. Les fenêtres sont également une source fréquente de fuites d'air et, à ce titre, constituent la première source de pertes et de gains de chaleur non souhaités dans les bâtiments.

Choix de fenêtres

Dans toutes les zones climatiques du Canada, les besoins sont dominés par le chauffage plutôt que le refroidissement. Ainsi, vos fenêtres devraient être choisies en fonction des critères suivants :

- **Minimiser la perte de chaleur** en choisissant la valeur U la plus faible (valeur RSI la plus élevée) pour l'assemblage entier.
- **Minimiser l'émissivité des fenêtres** en choisissant des fenêtres à faible émissivité afin de minimiser le rayonnement thermique.
- **Contrôler les gains de chaleur solaire** – Le coefficient de gain de chaleur solaire (CGCS) peut différer selon l'orientation afin de permettre des gains solaires bénéfiques d'un côté (p. ex. mur orienté au sud avec un CGCS de 0,6), tout en limitant les gains solaires des autres côtés (p. ex. murs orientés à l'est et à l'ouest avec un CGCS de 0,25) pour assurer le confort des occupants au début et à la fin de la journée.
- **Maximiser la transmittance de la lumière visible** (T_{VIS}) de l'éclairage naturel³⁰.

L'encadré à la page 33 présente une discussion plus détaillée sur chacun de ces critères, ainsi que sur les divers assemblages et composants.

³⁰ Le CGCS influencera la T_{VIS} résultante; plus le CGCS est faible, plus la T_{VIS} sera basse. Autrement dit, un ombrage accru pour éviter les gains de chaleur diminue la T_{VIS} .

Fenêtres : Perte de chaleur

Le facteur U d'une fenêtre peut servir de référence pour l'assemblage entier de la fenêtre ou seulement pour l'unité de vitrage isolant (UVI). La méthode d'évaluation reconnue à l'échelle nationale par le National Fenestration Rating Council (NFRC) s'applique à la fenêtre entière, y compris le vitrage, le cadre et les intercalaires. Même si le facteur U du centre du vitrage sert aussi parfois de référence, il ne décrit que le rendement du vitrage sans les effets du cadre. Les facteurs U de l'assemblage sont plus élevés que ceux du centre du vitrage en raison de la transmission à la bordure du vitrage et des propriétés isolantes limitées du cadre. Les fenêtres à double vitrage haute performance peuvent avoir des facteurs U de $1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ($0,30 \text{ Btu/h pi. ca.}^\circ\text{F}$) ou inférieurs, tandis que les fenêtres à triple vitrage peuvent avoir des facteurs U aussi bas que $0,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ($0,15 \text{ Btu/h pi. ca.}^\circ\text{F}$).

Fenêtres – Assemblage

Les fenêtres comprennent deux principaux composants : l'UVI et le cadre.

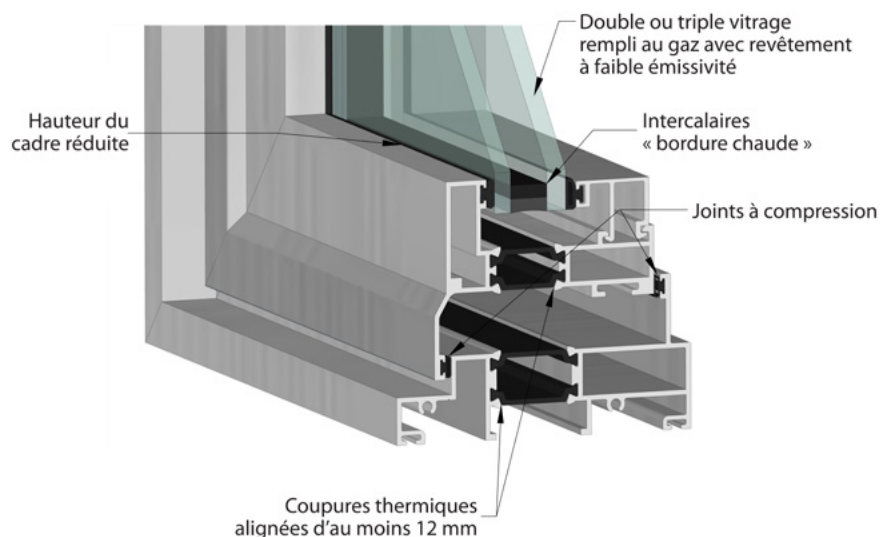
Le rendement de l'UVI est déterminé par :

- le nombre de vitrages (double ou triple)
- la qualité des intercalaires entre les vitrages
- le type de revêtement (p. ex. faible émissivité)
- le type de gaz dans l'UVI scellée
- la profondeur de l'espacement entre les vitrages

Le rendement du cadre est déterminé par :

- le matériau du cadre (conducteur ou non)
- la conductivité thermique de l'intercalaire (rupture thermique ou non).

Figure 14. Caractéristiques d'une fenêtre écoénergétique



Fenêtres – Intercalaires isolants

En ce qui a trait aux UVI, elles utilisent généralement des intercalaires métalliques. Ils sont typiquement faits d'aluminium, un matériau peu isolant, et les intercalaires utilisés dans les systèmes de bordure standards représentent un pont thermique important ou un « court-circuit » à la bordure de l'UVI. Cela réduit les avantages des vitrages améliorés. Les intercalaires de bordure chaude, faits de matériau isolant, sont un élément important des fenêtres écoénergétiques.

Fenêtres – Cadres

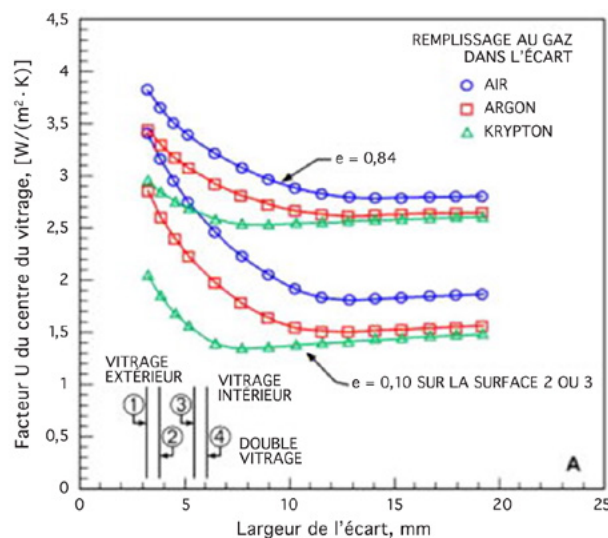
Le facteur U d'une fenêtre incorpore les propriétés thermiques du cadre et du vitrage. Étant donné que le châssis et le cadre représentent environ 10 % à 30 % de la surface totale d'un assemblage de fenêtre, les propriétés du cadre influencent de façon importante le rendement général de la fenêtre.

Au minimum, les cadres doivent être à rupture thermique pour un climat froid. Le facteur U global d'un cadre d'aluminium est amélioré de presque 50 % lorsqu'il est à rupture thermique. Les cadres non métalliques, par exemple en bois, en vinyle ou en fibre de verre, peuvent améliorer le facteur U de 70 % en raison des propriétés non conductrices du matériau et de l'option d'injecter du matériau isolant dans les cavités du cadre.

Fenêtres – Gaz de remplissage

Les fabricants utilisent généralement des gaz de remplissage à l'argon ou au krypton, qui offrent une amélioration mesurable du rendement thermique de l'UVI. Ces deux gaz sont inertes, non toxiques, transparents et inodores. Le krypton a un meilleur rendement thermique que l'argon, mais est plus dispendieux. La figure 15 illustre le rendement relatif des gaz de remplissage à l'air, à l'argon et au krypton.

Figure 15. Rendement thermique des gaz de remplissage



Source : © ASHRAE Handbook – Fundamentals. 2013. ashrae.org (en anglais seulement)

Fenêtres – Revêtements

Les revêtements de fenêtres peuvent avoir une incidence importante sur les charges de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment. Le rendement de ces revêtements est généralement exprimé à l'aide de deux paramètres associés : l'émissivité et le coefficient de gain de chaleur solaire.

L'émissivité est la capacité d'un matériau à émettre de l'énergie. Tous les matériaux, y compris ceux des fenêtres, émettent (ou rayonnent) de la chaleur. La réduction de l'émissivité d'une fenêtre peut améliorer considérablement ses propriétés isolantes.

Le verre transparent standard possède une émittance de 0,84, ce qui signifie qu'il émet 84 % de l'énergie possible et en reflète seulement 16 %. En comparaison, les revêtements en verre à faible émissivité peuvent avoir une émittance aussi basse que 0,04, émettant seulement 4 % de l'énergie et reflétant 96 % du rayonnement infrarouge à ondes longues. Une faible émittance réduit les pertes de chaleur l'hiver en reflétant la chaleur pour qu'elle retourne dans le bâtiment et réduit les charges de refroidissement l'été en reflétant la chaleur radiante loin du bâtiment.

Le coefficient de gain de chaleur solaire (CGCS) est un rapport indiquant la quantité de chaleur solaire pouvant passer à travers le produit (gain d'énergie solaire). Plus le nombre est élevé, plus le gain d'énergie solaire est important. Le CGCS est un nombre situé entre 0 et 1. Les produits ayant un CGCS de moins de 0,30 sont considérés comme ayant un faible gain d'énergie solaire, tandis que ceux ayant un CGCS au-dessus de ce seuil sont considérés comme ayant un gain d'énergie solaire élevé.

Sous un climat dominé par le chauffage, les fenêtres ayant un faible CGCS mèneront à une baisse de charges en refroidissement, mais une hausse en besoins de chauffage en raison de la perte de gains de chaleur souhaités l'hiver. Dans certains cas, le CGCS peut varier en fonction de l'orientation du bâtiment. Par exemple, sur la façade ouest d'un bâtiment, le CGCS serait conçu pour être plus faible que sur la façade sud en raison de l'angle bas du soleil et de la charge solaire plus élevée en après-midi et le soir durant les mois d'été. Cela aura une incidence importante sur le confort des occupants travaillant sur la façade ouest. Enfin, le CGCS influencera la transmittance de la lumière visible (T_{vis}) résultante; plus le CGCS est faible, plus la T_{vis} sera basse. Autrement dit, un ombrage accru pour éviter les gains de chaleur diminue la T_{vis} et la possibilité d'éclairage naturel qui en résulte.

Fenêtres – Technologies de pointe émergentes

Des technologies de vitrage émergentes sont désormais offertes, ou le seront sous peu. Les vitrages isolés sous vide améliorent le transfert thermique en abaissant les facteurs U. Les vitrages adaptables, comme ceux dotés de technologies électrochromiques, modifient les propriétés dynamiques pour contrôler les gains de chaleur solaire, la lumière naturelle, l'éblouissement et la vue. Les capteurs solaires à piles photovoltaïques intégrées faisant appel aux systèmes de fenestration qui génèrent de l'énergie peuvent aussi faire partie de l'enveloppe du bâtiment.

Recommandation : Pour déterminer quelles spécifications de fenêtres permettront de faire les meilleures économies d'énergie et procureront le meilleur confort aux occupants, il est recommandé de développer un modèle énergétique à l'échelle du bâtiment. Une fois que la géométrie du bâtiment, les propriétés thermiques et la configuration du système sont entrées dans le modèle, des spécifications de fenêtres différentes peuvent ensuite être mises à l'essai. Vous pouvez communiquer avec un spécialiste de la modélisation énergétique qui vous aidera à effectuer cette analyse.

1 PARTIE

Portes

Les portes sont assimilables aux fenêtres à châssis mobile dans la mesure où elles sont généralement composées de sections opaques isolantes et de panneaux isolants en verre (PIV), et qu'il existe des zones de fuite d'air souvent importantes entre les éléments fixes et les éléments mobiles. Les portes contemporaines possèdent d'excellentes propriétés thermiques et sont particulièrement adaptées aux bourrelets de calfeutrage.

- **Envisager de mettre en place un toit blanc** : un « toit blanc » réfléchit le rayonnement solaire vers l'extérieur plutôt que de le transférer vers l'intérieur du bâtiment. Les toits blancs optimisent le confort des occupants en conservant la fraîcheur du bâtiment pendant l'été. Ainsi, les besoins en climatisation sont réduits, ce qui permet de diminuer les coûts de l'énergie habituellement consommée par la climatisation. Par ailleurs, les toits blancs réfléchissants sont moins sujets à la charge solaire au niveau de la membrane, ce qui peut prolonger leur durée de vie. Néanmoins, dans un climat où les besoins en chauffage dominant, les économies d'énergie sur la climatisation peuvent être contrebalancées par la baisse des gains de chaleur bénéfiques pendant la saison de chauffage. Les résultats sont généralement fonction de l'emplacement et de facteurs comme l'angle de déclivité et la charge de neige. Pour en savoir plus sur les toits blancs, rendez-vous sur : www.coolroofs.org.
- **Ajouter un vestibule** : l'approche prescriptive du CNEB 2011 exige que les nouveaux bâtiments soient munis de vestibules et de dispositifs de fermeture automatique pour toutes les portes d'accès habituelles. Étant donné que les avantages en matière d'économie d'énergie et de confort s'appliquent aux bâtiments existants, l'ajout d'un vestibule doit se faire lorsque cela est possible.

1

PARTIE

Amélioration des systèmes de distribution de l'air

Le système CVCA contrôle la température, l'humidité, la qualité et la circulation de l'air dans les bâtiments. En ce sens, il est essentiel pour le confort, la santé et la productivité des occupants.

Certains commerces alimentaires sont assujettis à des dynamiques complexes en matière de contrôle de la température et de l'humidité. Ces facteurs peuvent regrouper :

- les produits qui doivent être stockés selon un taux d'humidité relative bien précis;
- les présentoirs frigorifiques ouverts qui dégagent de l'air froid dans l'espace de vente;
- les appareils qui pulvérisent de l'eau sur les produits sous forme de fines gouttelettes et contribuent à accroître l'humidité;
- l'équipement de cuisson qui génère d'importants volumes d'air vicié.

Pour surmonter ces obstacles, il est primordial d'analyser les charges sensibles et latentes de manière séparée. Les commerces alimentaires peuvent être soumis à des charges latentes largement plus élevées que leurs charges sensibles, ce qui peut parfois nécessiter un système de régulation de l'humidité. La condensation qui se forme sur les portes des présentoirs frigorifiques dénote la présence d'un taux d'humidité élevé, un phénomène qui n'est absolument pas souhaitable. La mesure d'étalonnage du système de régulation de l'humidité établie dans le cadre de l'étape de Commissioning des bâtiments existants recommande de maintenir un taux d'humidité relative compris entre 40 et 50 %.

Outre l'équipement consacré à la déshumidification, les unités de toit sont le principal système utilisé pour assurer la distribution et le conditionnement de l'air dans les commerces alimentaires. Le moyen le plus économique de réduire la consommation d'énergie des unités de toit est d'élargir la gamme admissible de températures intérieures. Autrement dit, les niveaux de température peuvent augmenter pendant les mois d'été, et baisser pendant les mois d'hiver. En étudiant minutieusement les besoins de confort thermique des occupants dans chaque type d'espace, tout en tenant compte des points de consigne d'humidification nécessaires, il est possible de déterminer les plages de températures et d'humidité acceptables. Ces « zones » de confort sont indiquées dans la norme ASHRAE 55³¹.

Il est important de noter que les zones équipées de présentoirs frigorifiques ouverts seront soumises à un excès de froid qui risque de nuire au confort des occupants. Pour remédier au problème, il est conseillé d'installer des portes sur les présentoirs frigorifiques. Reportez-vous à la section [Systèmes de réfrigération](#) pour en savoir plus.

Le transfert de chaleur **sensible** se rapporte aux changements dans la température de l'air.

La chaleur **latente** correspond à l'énergie absorbée ou libérée pendant le passage d'un état gazeux à un état liquide, ou vice-versa.

³¹ Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. [ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-55](https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-55) (en anglais seulement).

1

PARTIE

Exemple de zone de confort en vertu de la norme ASHRAE 55

Les plages de températures et d'humidité acceptables dépendent des niveaux d'activité et de l'habillement des occupants. Les occupants des environnements commerciaux maintiennent généralement un niveau d'activité métabolique compris entre 1,4 (se tenir debout) et 1,7 (marcher). L'habillement varie considérablement en fonction de la saison. Cet exemple suppose un clo moyen de 0,61 (par exemple, pantalon et t-shirt à manches longues).

Pour un taux d'humidité relative de 50 % et un taux métabolique de 1,4, la plage de températures confortables se situe approximativement entre 17,4 et 24,5 °C. Pour un taux métabolique de 1,7, la plage de températures confortables est comprise approximativement entre 13,5 et 21,5 °C. Au regard des niveaux d'activité combinés, la plage de températures confortables se situe approximativement entre 17,4 et 21,5 °C.

Vous devez également tenir compte de la qualité de l'air intérieur et de la quantité d'air de ventilation nécessaire pour les occupants du bâtiment dans chaque type d'espace. Le conditionnement de l'air extérieur est une des charges à plus forte intensité d'énergie auxquelles sont confrontées l'unité de toit. Par conséquent, votre premier réflexe doit être de limiter la quantité d'air extérieur à conditionner. Calculez la quantité d'air vicié et d'air de ventilation requise en vous appuyant sur la norme ASHRAE 62.1³², et sur le taux d'occupation par défaut prévu par celle-ci. Appliquez ensuite la mesure de contrôle selon la demande en utilisant le CO₂ pour déterminer le taux d'occupation réel approximatif. Le CO₂ peut être mesuré au niveau de la gaine de reprise de l'unité de toit. Le système de contrôle émet un signal de réinitialisation vers le clapet d'air extérieur de manière à l'ouvrir ou à le fermer en fonction de la quantité de CO₂ présente dans la pièce.

Liste de mesures visant les systèmes de distribution de l'air

- ✓ Mettre en place les mesures de premier ordre
- ✓ Utiliser la ventilation selon la demande (VSD)
- ✓ Installer des diffuseurs d'air à jets rotatifs à haute induction
- ✓ Supprimer le chauffage du vestibule de l'entrée principale
- ✓ Remplacer le système de déshumidification à détente directe par un produit déshydratant

³² Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standards-62-1--62-2> (en anglais seulement).

1

PARTIE

- **Mettre en place les mesures de premier ordre** : les mesures de premier ordre sont destinées à diminuer la charge à l'échelle de la zone dans le but de réduire les besoins de l'unité de toit. Optimiser les conditions spatiales et le rendement à l'échelle de la zone permet d'équilibrer les besoins des occupants avec la nécessité de limiter la consommation d'énergie requise pour assurer des conditions confortables. La création d'un programme de commissioning du bâtiment existant (CxBE) est souvent la première étape du processus d'optimisation.

La phase d'évaluation du programme de CxBE consiste à recueillir les données relatives aux conditions de configuration et d'exploitation des systèmes de traitement de l'air du bâtiment. Les réglages du thermostat, les horaires d'exploitation et le fonctionnement des clapets sont des exemples d'éléments susceptibles d'être confirmés et documentés dans le rapport de commissioning initial, au même titre que les dysfonctionnements à corriger durant la phase d'implantation.

Reportez-vous à la section [Commissioning des bâtiments existants](#) pour consulter la liste des mesures opérationnelles potentielles.

- **Utiliser la ventilation selon la demande (VSD)** : un système de VSD permet de s'assurer que le bâtiment est adéquatement ventilé tout en limitant la circulation d'air extérieur. On utilise généralement des capteurs pour surveiller de manière continue les niveaux de CO₂ dans l'espace conditionné, ce qui permet à l'unité de toit de moduler le débit de renouvellement de l'air extérieur de manière à répondre à la demande déterminée par les besoins d'occupation de l'espace ou de la zone (le CO₂ est considéré comme un indicateur du taux d'occupation; plus le CO₂ est élevé, plus il y a de personnes dans la pièce, et plus il est nécessaire de faire appel à l'air extérieur).

Les systèmes de ventilation des bâtiments ont toujours été conçus pour fonctionner selon un débit de renouvellement d'air constant ou prédéterminé, et ce, quel que soit le taux d'occupation. Étant donné que les débits de renouvellement d'air sont normalement basés sur les taux d'occupation maximaux, le fonctionnement des ventilateurs et le conditionnement de l'air extérieur excédentaire ont pour effet de gaspiller l'énergie durant les périodes d'occupation partielle.

En principe, les commerces alimentaires doivent uniquement aérer l'espace de vente pour les occupants réguliers. Dès lors, on estime qu'un seul capteur de CO₂ par unité de toit suffit pour contrôler adéquatement la ventilation. Dans la séquence de contrôle, les commandes des économiseurs doivent systématiquement prévaloir sur la VSD.

1

PART

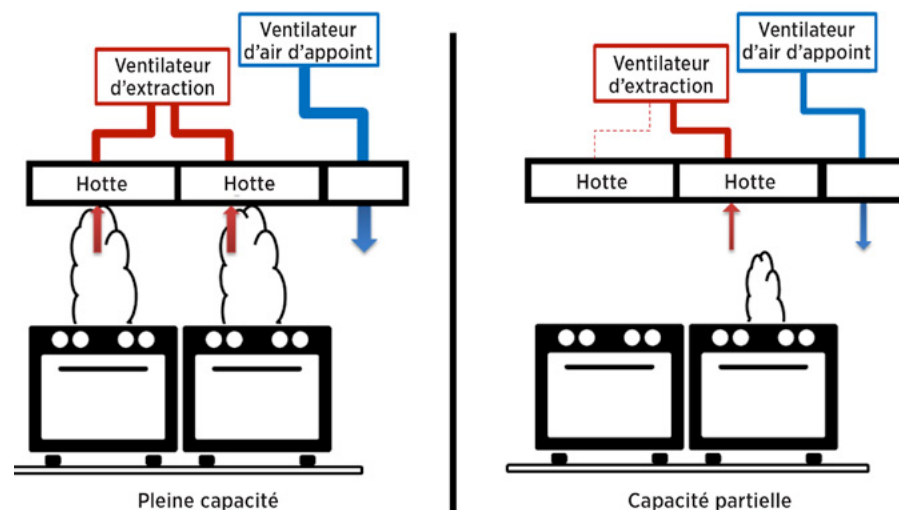
Hotte à évacuation pour cuisine

Les systèmes de VSD peuvent également être utilisés dans les cuisines des commerces alimentaires. Cependant, au lieu de contrôler la ventilation à l'aide des capteurs de CO₂, les ventilateurs d'évacuation des hottes sont contrôlés en fonction de la température, par des capteurs optiques ou infrarouges qui surveillent l'activité de cuisson, ou par communication directe avec les appareils de cuisson.

L'équipement de préparation des aliments et le système de ventilation de cuisine peuvent être des sources majeures de consommation d'énergie dans les cuisines des commerces alimentaires. Le débit d'air vicié des hottes est la première source de consommation d'énergie. La première étape vers la diminution de la consommation d'énergie est de réduire le débit d'air vicié en utilisant des hottes à haute efficacité énergétique, qui affichent de faibles débits de captation et de cantonnement de l'air. La deuxième étape consiste à employer les systèmes de VSD pour réduire le débit d'air vicié lorsque la cuisson n'a pas lieu sous la hotte, comme indiqué à la figure 16.

Dans une cuisine équipée des systèmes de VSD, la hotte utilise la totalité de son débit d'air nominal lorsque l'activité de cuisson fonctionne « à plein régime », mais réduit son débit d'air lorsque l'activité de cuisson est diminuée. Le système contrôle le ventilateur d'appoint et le ventilateur d'évacuation de la hotte pour assurer l'équilibre du système de ventilation. Ces systèmes permettent au moins 60 % d'économies sur la consommation d'énergie induite par la ventilation de la cuisine.

Figure 16. Ventilation de cuisine contrôlée selon la demande



³³ <http://www.energystar.gov/about/2014-2015-emerging-technology-award-demand-control-kitchen-ventilation> (en anglais seulement).

1

PARTIE

- **Installer des diffuseurs d'air à jets rotatifs à haute induction :** la ventilation par déplacement est une méthode qui consiste à diffuser de l'air frais à proximité du plancher, et à l'évacuer vers le haut de la pièce. Au lieu de maintenir des conditions nominales dans toute la pièce, les systèmes de ventilation par déplacement conditionnent l'air là où c'est nécessaire (dans la zone occupée), ce qui permet d'économiser l'énergie requise pour conditionner l'ensemble de la pièce.

Les diffuseurs d'air à jets rotatifs à haute induction présentent des avantages similaires à ceux de la ventilation par déplacement, mais sont plus adaptés aux environnements commerciaux puisque l'air est diffusé à partir du plafond. Le débit d'air à haute induction émis par les diffuseurs d'air à jets rotatifs crée un circuit de distribution d'air qui permet d'acheminer l'air conditionné vers l'espace occupé. Il en résulte un meilleur brassage de l'air et une diminution de la stratification qui ont pour effet d'améliorer la qualité de l'air intérieur et de permettre des économies d'énergie.

- **Supprimer le chauffage du vestibule de l'entrée principale :** un grand nombre de commerces alimentaires disposent d'un vestibule à l'entrée principale pour limiter l'infiltration de l'air. Bien que les vestibules sont destinés à servir d'espaces de passage, nombre d'entre eux sont chauffés, ce qui en fait des espaces conditionnés. Il est possible d'économiser de l'énergie en y supprimant le chauffage, et en leur redonnant leur vocation première : servir de transition entre l'extérieur et l'espace conditionné intérieur.

Dans l'idéal, les vestibules doivent être conçus de manière à ce que les portes intérieures et extérieures ne s'ouvrent pas simultanément pour laisser passer les gens. Le cas échéant, un rideau d'air peut être utilisé pour servir de barrière contre l'air extérieur non conditionné³⁴.

- **Remplacer le système de déshumidification à détente directe par un produit déshydratant :** les systèmes traditionnels à détente directe n'assurent pas un traitement efficace des charges latentes puisqu'ils doivent d'abord réfrigérer l'air de manière excessive (déshumidifier), puis le réchauffer pour maintenir le confort des occupants. L'utilisation d'une technologie déshydratante en vue d'assurer la déshumidification permet de contrôler l'humidité indépendamment de la température et, ainsi, de réduire la consommation d'énergie par rapport aux systèmes à détente directe.

³⁴ <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=427> (en anglais seulement).

PART 1

Figure 17. Comptoir de présentation à basse température



Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement

Cette section aborde les principaux types de systèmes de chauffage et de refroidissement, notamment les systèmes de réfrigération pour aliments et boissons, les unités de toit, ainsi que les systèmes de production d'eau chaude à usage domestique.

En écho à l'approche progressive adoptée en matière de réaménagements, les réductions de charge obtenues lors des étapes précédentes peuvent être mises à profit pour l'équipement de chauffage et de refroidissement. Non seulement les systèmes de chauffage et de refroidissement pourront tirer parti des gains d'efficacité de l'équipement, mais il sera également possible de diminuer les capacités de ces systèmes et, ce faisant, de maximiser les économies d'énergie. Enfin, un grand nombre de systèmes actuels sont surdimensionnés, ce qui peut justifier leur remplacement par des systèmes de taille adéquate ou leur réaménagement de manière à ce qu'ils fonctionnent plus efficacement.

Systèmes de réfrigération

Dans les commerces alimentaires qui vendent des aliments et des boissons, les systèmes de réfrigération représentent une source de consommation finale majeure puisqu'ils comptent pour plus de 20 % de la consommation d'énergie totale de l'établissement. Le fait d'introduire des économies d'énergie, même minimes, au sein de ces systèmes aura des effets palpables sur la consommation d'énergie globale du bâtiment. Les systèmes de réfrigération sont cruciaux pour la salubrité des aliments. À ce titre, ils doivent être évalués par des spécialistes en installations frigorifiques pour veiller à ce que les températures adéquates soient maintenues en toutes circonstances.

Contrairement aux autres environnements commerciaux où le contrôle de la température est l'unique préoccupation, certains commerces alimentaires portent une attention particulière au contrôle de l'humidification. Les nombreuses recherches menées sur les conditions intérieures des magasins d'aliments et de boissons ont montré qu'il était préférable de maintenir l'humidité relative à un taux situé entre 40 et 45 %. Cette fourchette permet de conserver le bel aspect et la qualité des produits, de diminuer le givre, d'aider la surface des présentoirs à rester claire, et d'économiser de l'énergie.

Les mesures ci-dessous s'appliquent, selon le cas, aux présentoirs, aux chambres froides, aux congélateurs-chambres et aux compresseurs et circuits de condensation. Reportez-vous à la section [Conseils de rentabilisation](#) pour connaître les coûts et avantages d'un scénario de modernisation.

1

PARTIE

Présentoirs

Liste de mesures en matière de chauffage et de refroidissement (systèmes de réfrigération : présentoirs)

- ✓ Installer des portes sans émission de chaleur sur les présentoirs à température moyenne
- ✓ Utiliser des rideaux de nuit sur les présentoirs à température moyenne durant les heures d'inoccupation
- ✓ Contrôler les appareils de chauffage anticondensation pour organiser le cycle de chauffage en fonction du point de rosée
- ✓ Utiliser une commande de dégivrage sur demande
- ✓ Regrouper les compresseurs à l'écart de l'espace de vente
- ✓ Utiliser des lampes DEL
- ✓ Installer des moteurs à commutation électronique sur les moteurs des ventilateurs-évaporateurs

- **Installer des portes sans émission de chaleur sur les comptoirs à température moyenne :** les présentoirs fermés sont devenus la norme dans les commerces alimentaires de dernière génération, et de nombreuses entreprises proposent des produits de réaménagement pour l'équipement existant. Réaménager les présentoirs frigorifiques ouverts en y installant des portes transparentes permet de réduire la consommation d'énergie liée à la réfrigération, d'accroître les possibilités d'économie sur la consommation d'énergie liée au système CVCA du bâtiment, et de relever les niveaux de confort des clients. Les études de cas ont montré que l'installation de portes sur les présentoirs avait permis de réaliser en moyenne 30 % d'économies³⁵. De nombreuses études ont également montré que l'utilisation de présentoirs fermés n'avait aucune incidence négative sur les ventes.

En outre, l'application d'une source de chaleur autour des joints d'étanchéité des portes, traditionnellement en vue d'éliminer la condensation sur le cadre et la vitre de la porte, s'avère inutile sur les congélateurs à température moyenne si l'humidité est adéquatement régulée au sein du bâtiment.

³⁵ http://greeningretail.ca/best/energy-conservation/best_energy_conserv_refrig.d (en anglais seulement).

1 PARTIE

Exemple concret : M&M Meat Shops

En installant un éclairage DEL sur les présentoirs verticaux dans près de 150 de leurs magasins, M&M Meat Shops a pu économiser plus de 200 000 dollars par an en coûts d'énergie et d'entretien. La société s'attend à tripler ses économies une fois que tous les franchisés auront remplacé les lampes fluorescentes T10 par de nouvelles lampes DEL. Chaque franchisé peut économiser jusqu'à 1400 dollars par an.

« La différence est vraiment palpable avec ce type de lumière », explique Dianne Chalmers, gestionnaire principale des opérations de construction à M&M Meat Shops. « Certains de nos magasins ont l'air d'avoir 20 ans de moins. »

Source : GE Lighting, http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/images/60856-GE-M-and-M-Meat-Shops-Case-Study_tcm201-44147.pdf

Figure 18. Présentoir à portes à température moyenne



Source : Arborus Consulting

- **Utiliser des rideaux de nuit sur les présentoirs à température moyenne durant les heures d'inoccupation** : les rideaux de nuit sont un moyen relativement simple de réduire la consommation énergétique des réfrigérateurs et congélateurs ouverts. Les rideaux de nuit sont installés le soir et retirés le matin, en toute facilité. Ils sont réfléchissants et sécurisés par un aimant fixé en bas du présentoir. La période de récupération associée à cette mesure est estimée à trois ans³⁶.
- **Contrôler les appareils de chauffage anticondensation pour organiser le cycle de chauffage en fonction du point de rosée** : la plupart des appareils de chauffage anticondensation fonctionnent généralement à plein régime, de manière constante, tout au long de l'année. Même s'ils contribuent à maintenir les portes transparentes et sèches, ils consomment plus d'énergie que nécessaire, en particulier lorsque les conditions du magasin ne nécessitent pas une puissance de chauffe maximale. En surveillant le point de rosée du magasin, les commandes peuvent organiser le cycle de chauffage de manière à diffuser la quantité de chaleur nécessaire pour empêcher que la condensation se forme sur le cadre et la vitre. Il est possible de réaliser jusqu'à 50 % d'économies sur les portes (des congélateurs) à basse température.
- **Utiliser une commande de dégivrage sur demande** : bien que les commandes activées par minuterie, désactivées selon la température et équipées d'un mécanisme de secours à sécurité intégrée constituent la stratégie la plus courante, cette technique de contrôle ne s'appuie pas sur la quantité réelle de givre présente sur l'évaporateur. Par exemple, si le cycle de dégivrage ne dure pas suffisamment longtemps pour éliminer tout le givre, cela peut allonger la durée de fonctionnement des compresseurs du système frigorifique en raison

³⁶ Idem.

1

PART

du rendement sous-optimal de l'évaporateur. Dans le cas contraire, si le cycle de dégivrage dure trop longtemps, il gaspille de l'énergie. D'autres solutions basées sur un mécanisme de « contrôle selon la demande » sont envisageables pour gérer les cycles de dégivrage³⁷. On peut citer, à titre d'exemple, les systèmes qui mettent fin au cycle de dégivrage en fonction de la pression de l'évaporateur, ceux qui organisent les cycles en fonction de l'humidité relative présente à l'intérieur du présentoir, et ceux qui mesurent la quantité de givre accumulée au moyen de capteurs optiques.

- **Regrouper les compresseurs à l'écart de l'espace de vente :** de nombreux présentoirs sont équipés de compresseurs intégrés. En conséquence, l'espace situé à proximité des présentoirs est bruyant, et le magasin passe à côté de l'occasion d'utiliser un dispositif de condensation à haute efficacité énergétique (reportez-vous à la section **Systèmes de compression** en page 49). Pour éliminer le bruit et pallier le manque d'efficacité énergétique du système de refroidissement, l'équipement doit subir un réaménagement qui se traduit par l'installation des compresseurs à distance, et l'intégration de l'équipement avec le système frigorifique central du magasin, si celui-ci en possède un.
- **Utiliser des lampes DEL :** la technologie DEL économise l'énergie, renforce la luminosité et assure un éclairage plus homogène. Parfaitement adaptées aux environnements froids, les lampes DEL affichent une durée de vie supérieure à 50 000 heures dans un réfrigérateur et 100 000 heures dans un congélateur³⁸. À titre de comparaison, un luminaire fluorescent long de 1,2 mètre consomme 32 W, tandis que son équivalent DEL consomme 15 W, soit une économie de 52 %.

Figure 19. Comptoir de présentation muni d'un éclairage DEL



Source : Arborus Consulting

³⁷ <http://info.ornl.gov/sites/publications/files/pub31296.pdf> (en anglais seulement).

³⁸ <http://blog.uscooler.com/retrofit-led-lights-c-store/> (en anglais seulement).

1 PART

Figure 20. Chambre froide



- **Installer des moteurs à commutation électronique sur les moteurs des ventilateurs-évaporateurs :** les ventilateurs-évaporateurs tournent généralement en continu pour faire circuler l'air à l'intérieur des espaces frigorifiques. Un moteur à commutation électronique (MCE) est un moteur sans balais à courant continu et à aimant permanent qui affiche un rendement très élevé sur une large plage de vitesses. Le rendement à pleine charge d'un MCE dépasse les 70 % (85 % dans certains cas), contre 25 à 50 % pour les moteurs standards. Par exemple, un MCE de 44 W peut remplacer un moteur standard de 1/8 cheval-puissance et 135 W, ce qui permet une économie d'énergie de 67 %.

Chambres froides et congélateurs-chambres

Liste de mesures relatives au chauffage et au refroidissement (systèmes de réfrigération : chambres de réfrigération et de congélation)
✓ Améliorer l'isolation
✓ Ajouter un contrôle aux ventilateurs pour les arrêter lorsque les portes sont ouvertes
✓ Installer des ventilateurs des évaporateurs à deux vitesses
✓ Installer des moteurs à commutation électronique sur les ventilateurs des évaporateurs
✓ Employer un dégivreur électrique de pointe dans les congélateurs à basse température
✓ Tirer profit du refroidissement naturel
✓ Installer des portes à lanières
✓ Interrompre le système de refroidissement lorsque les portes sont ouvertes
✓ Ajouter des dispositifs de fermeture de porte
✓ Utiliser un dégivreur à air dans les réfrigérateurs à moyenne température
✓ Utiliser des lampes DEL

- **Améliorer l'isolation :** Une isolation d'au moins RSI 3,5 (R-20) devrait être employée dans les chambres de réfrigération et d'au moins RSI 5,0 (R-28) dans les chambres de congélation. L'isolant doit être résistant à l'humidité, comme les panneaux en styrène à alvéoles fermées ou en uréthane revêtus d'aluminium. Réviser les spécifications du fabricant pour toute chambre de congélation et de réfrigération, et déterminer s'il est possible d'apporter des améliorations à l'isolation, lorsque celle-ci ne correspond pas à ces valeurs minimales.

1

PART

- **Ajouter un contrôle aux ventilateurs pour les arrêter lorsque les portes sont ouvertes :** Les ventilateurs des évaporateurs font circuler l'air à l'intérieur des espaces réfrigérés afin de maintenir des températures constantes. Lorsque les portes sont ouvertes durant les activités de stockage ou de récupération de l'inventaire, la circulation d'air n'est plus nécessaire et elle pourrait d'autant accélérer l'échappement de l'air refroidi de la chambre. L'installation d'interrupteurs aux portes permet d'arrêter les ventilateurs lorsque les portes sont ouvertes.
- **Installer des ventilateurs d'évaporateurs à deux vitesses :** Les moteurs à deux vitesses peuvent être employés pour réduire à la fois la consommation d'électricité et les pertes de chaleur en réglant la vitesse des ventilateurs au niveau faible (p. ex. réduction de 80 % de la vitesse) lorsque les compresseurs sont éteints (c.-à-d. lorsqu'il n'y a pas de chaleur évacuée de la chambre). Malgré une faible vitesse, la circulation est suffisante pour assurer la déstratification tout en économisant de l'énergie. Étant donné que la puissance du ventilateur est proportionnelle au cube de sa vitesse, une réduction de la vitesse permet de réduire considérablement la consommation d'énergie.
- **Installer des moteurs à commutation électronique sur les ventilateurs des évaporateurs :** L'installation de MCE sur les ventilateurs des évaporateurs, comme préconisé pour les présentoirs, est tout autant indiquée pour les chambres.
- **Employer un dégivreur électrique de pointe dans les congélateurs à basse température :** Les cycles de dégivrage électrique standards sont contrôlés par une minuterie qui amorce et arrête le cycle de dégivrage, peu importe si le serpentin de l'évaporateur doit être dégivré ou non. Il importe d'amorcer le cycle de dégivrage à des intervalles réguliers afin d'éviter le gel des serpentins. Toutefois, le temps nécessaire pour le dégivrage varie selon les conditions de la chambre. Afin d'obtenir un dégivrage adéquat, des commandes d'arrêt du cycle de dégivrage réglées selon la pression ou la température peuvent être ajoutées.
- **Tirer profit du refroidissement naturel :** Le refroidissement naturel constitue une option viable pour les chambres de réfrigération. Un système de refroidissement naturel fournit de l'air extérieur froid à l'espace réfrigéré lorsque les températures extérieures le permettent. L'utilisation directe de l'air extérieur froid permet d'économiser sur le fonctionnement des ventilateurs de compression et d'évaporation dans plusieurs endroits au Canada. Par exemple, Montréal enregistre 3 563 heures par année où la température extérieure est inférieure à 4 °C. Plusieurs entreprises ont conçu des systèmes pour de telles applications.

Refroidissement naturel

Basés à Ottawa, les Dépanneurs Quickie ont mis à l'essai un système de refroidissement naturel qui utilise l'air extérieur durant les mois d'hiver pour assurer le maintien du froid dans leurs groupes frigorifiques. Ce système a permis de réduire de 80 % les coûts d'électricité au cours de la période pilote.

Source : Save on Energy,
<https://hydroottawa.com/media/news-releases?nid=40>

1

PARTIE

La **Régie des alcools de l'Ontario** (LCBO) a réduit sa consommation énergétique de 11 % entre 2011 et 2015. En mesurant et analysant la consommation d'énergie sur l'ensemble des magasins, la LCBO a pu cibler les améliorations nécessaires pour réduire davantage sa consommation d'énergie totale. Parmi les mesures de réaménagement adoptées par la régie, on peut citer le renforcement de l'isolation et de l'étanchéisation, la mise en place de systèmes de contrôle automatique des bâtiments, l'utilisation de l'air froid extérieur dans les chambres froides à refroidissement naturel durant la moitié de l'année, la pose de portes vitrées sur les présentoirs réfrigérés ouverts, et l'implantation d'un nouvel éclairage DEL.

Source : Régie des alcools de l'Ontario, <http://www.lcbo.com/content/lcbo/en/responsibility/sustainability/greener-buildings.html#.VedD6vIViko>

- **Installer des portes à lanières :** Les portes à lanières sont employées pour réduire la charge de refroidissement associée à l'infiltration d'air non réfrigéré dans les espaces réfrigérés, tels que les chambres de réfrigération ou de congélation. Des études techniques démontrent que les portes des chambres froides sont habituellement ouvertes pour un total de deux heures à deux heures et demie par jour. Selon diverses études menées aux É.-U., l'économie d'énergie moyenne associée aux portes à lanières varie entre 420 kWh/porte/année pour les réfrigérateurs et environ 2 900 kWh/porte/année pour les congélateurs³⁹.
- **Interrompre le système de refroidissement lorsque les portes sont ouvertes :** Lorsque les portes des chambres de congélation et de réfrigération sont ouvertes, la charge du système de réfrigération augmente pour refroidir l'air plus chaud qui rentre dans l'espace. Il y a un gaspillage d'énergie en forçant le système à traiter cette charge supplémentaire, puisque l'air plus chaud continuera à pénétrer à l'intérieur, et l'air froid à s'échapper, tant que les portes soient ouvertes. Des commandes de compresseur simples qui détectent une porte ouverte pourraient éliminer cette énergie perdue inutilement.
- **Ajouter des dispositifs de fermeture de porte :** Des dispositifs de fermeture de porte peuvent être ajoutés afin d'éliminer les portes laissées ouvertes par accident, et ainsi les charges de refroidissement additionnelles.
- **Utiliser un dégivreur à air dans les réfrigérateurs à moyenne température :** Un dégivreur à air utilise des ventilateurs d'évaporateur pour éliminer la glace formée sur le serpentin lorsque le compresseur est éteint. Les réfrigérateurs à moyenne température sont généralement réglés à 4 °C, température idéale pour le dégivrage. Un dégivreur à air est l'option énergétique la plus efficace pour les températures moyennes, comparativement aux dégivreurs électriques ou employant un gaz chaud, puisque son fonctionnement repose sur les conditions présentes à l'intérieure du réfrigérateur.
- **Utiliser des lampes DEL :** L'éclairage à lampes DEL économise l'énergie et réduit la chaleur créée dans l'espace. Les DEL fonctionnent également bien au froid et durent plus de 50 000 heures dans un réfrigérateur et 100 000 heures dans un congélateur⁴⁰. À des fins de comparaison, un luminaire fluorescent de 1,2 m consomme 32 W alors que l'équivalent à DEL consomme 15 W, ce qui représente une économie de 52 %.

³⁹ www.oesolutions.net (en anglais seulement).

⁴⁰ <http://blog.uscooler.com/retrofit-led-lights-c-store/> (en anglais seulement).

Systèmes de compresseurs

Liste de mesures en matière de chauffage et de refroidissement (systèmes de réfrigération : systèmes de compresseurs)

- ✓ Récupérer la chaleur issue du circuit de condensation
- ✓ Utiliser des condensateurs hybrides et un système de refroidissement préliminaire
- ✓ Réduire la pression de refoulement flottante et la pression d'aspiration flottante
- ✓ Utiliser des détendeurs électroniques
- ✓ Installer des ventilateurs à vitesse variable sur les condensateurs à basse température
- ✓ Incorporer un procédé de sous-refroidissement du fluide frigorigène au circuit de condensation
- ✓ Installer des compresseurs et des commandes numériques

■ **Récupérer la chaleur issue du circuit de condensation** : les systèmes de réfrigération fonctionnent de manière continue pour assurer les conditions propices au stockage des aliments dans les présentoirs et les aires d'entreposage. De ce fait, le circuit de condensation rejette une quantité de chaleur significative. Comme cette chaleur est jugée de qualité médiocre, au vu des basses températures, elle est récupérée uniquement à des fins de chauffage des locaux ou de production d'eau chaude.

■ **Utiliser des condensateurs hybrides et un système de refroidissement préliminaire** : les condensateurs hybrides sont une solution intéressante à considérer lorsque l'électricité consommée relève des périodes tarifaires de pointe, et lorsque la demande estivale est élevée. Ce sont des condensateurs à air qui utilisent un procédé de refroidissement par évaporation durant les périodes où la charge de refroidissement est la plus forte (température ambiante élevée). Par comparaison avec les condensateurs à air, le procédé de refroidissement par évaporation diminue la température de condensation saturée de pointe et la puissance du compresseur. Par comparaison avec un condensateur évaporatif, en dehors des périodes de pointe, le condensateur à air standard élimine la consommation d'eau et peut réduire la pression de refoulement.

Un système de refroidissement préliminaire par évaporation peut être ajouté aux condensateurs à air standards pour tirer parti de ce procédé de refroidissement plus performant pendant les périodes de pointe. Il convient de mettre en place des stratégies de contrôle pour optimiser l'efficacité de la saturation et atteindre les autres objectifs d'équilibrage en vue de compenser la nouvelle perte de pression sur la puissance du ventilateur ou le débit d'air du condensateur. Pour évaluer le rapport coût-efficacité d'un système hybride, il faut tenir compte de son rendement horaire sur l'ensemble de l'année.

1 PARTIE

Figure 21. Compresseur frigorifique



1

PARTIE

- **Réduire la pression de refoulement flottante et la pression d'aspiration flottante** : les systèmes de réfrigération disposent généralement de points de consigne fixes (haute et basse pression) pour déterminer le moment où les compresseurs doivent se mettre en marche et s'arrêter. Ces points de consigne sont souvent déterminés par les besoins en refroidissement qui s'imposent durant les mois d'été chauds et humides, mais sont rarement réglés de façon à permettre aux systèmes de réfrigération de tirer profit des températures ambiantes plus faibles durant le reste de l'année. En diminuant la pression de refoulement en fonction de la capacité du condensateur à assurer un refroidissement naturel, il est possible de réduire significativement la consommation énergétique globale du système. Au Canada, certaines zones climatiques affichent des températures inférieures à 15 °C pendant une grande partie de l'année. Au regard de cette réalité, nombre de commerces alimentaires à travers le pays sont des candidats idéaux à cette mesure d'économie de l'énergie⁴¹.
- **Utiliser des détendeurs électroniques** : bien qu'ils ne soient pas explicitement nécessaires pour contrôler la pression de refoulement flottante, les détendeurs électroniques (DE) permettent de contrôler avec plus de précision toute une gamme de pressions d'aspiration. Le système est alors capable de fonctionner à une pression plus basse qu'avec les détendeurs thermostatiques standards (DTS), qui ont tendance à donner de meilleurs résultats sur un point de consigne unique pour la pression d'aspiration. Combinés aux commandes de pression de refoulement flottante, les DE permettent d'économiser une plus grande quantité d'énergie chaque année.
- **Installer des ventilateurs à vitesse variable sur les condensateurs à basse température** : la plupart des systèmes de réfrigération sont conçus à la lumière de la pire des éventualités : des conditions de pleine charge (température ambiante élevée, fort taux d'humidité). Néanmoins, la plupart du temps, la charge n'est jamais maximale, et le fonctionnement à plein rendement n'est pas nécessaire. Dans des conditions moyennes, les moteurs du condensateur tournent soit constamment à une vitesse plus élevée que celle nécessaire, soit fréquemment selon un cycle marche-arrêt. Générer une capacité supérieure à celle nécessaire gaspille une énergie considérable, et alterner fréquemment les cycles marche-arrêt accélère l'usure et diminue la durée de vie des moteurs et autres composantes. Il est possible d'utiliser un variateur de vitesse (VD) pour réguler le fonctionnement des ventilateurs du condensateur de manière à ce que la capacité concorde systématiquement avec la charge, ce qui limite la consommation d'énergie en supprimant le fonctionnement en surcapacité. Cela permet de réaliser des économies substantielles sur l'entretien, et de prolonger la durée de vie du moteur des compresseurs et ventilateurs.

⁴¹ RSES Journal, avril 2014. « EEVs Enabling Low Condensing Refrigeration », Andre Patenaude.
https://www.rses.org/assets/rses_journal/0414_Condensers.pdf (en anglais seulement)

1

PARTIE

- **Incorporer un procédé de sous-refroidissement du fluide frigorigène au circuit de condensation** : l'opération consistant à baisser la température du fluide frigorigène en dessous de son point de condensation est appelée « sous-refroidissement ». L'utilisation d'un fluide frigorigène plus froid a pour effet d'accroître la puissance frigorifique par unité de fluide, ou de réduire la durée de fonctionnement des compresseurs, ce qui permet d'économiser l'énergie. Le procédé peut être mis en œuvre en utilisant l'air ambiant ou l'eau pour évacuer la chaleur à travers une tour de refroidissement surdimensionnée, ou en intégrant un échangeur thermique dans le compartiment dédié au fluide frigorigène du circuit de condensation.
- **Installer des compresseurs et des commandes numériques** : les compresseurs numériques à spirale (Scroll Digital) modulent les capacités sur une plage de 10 à 100 % de manière à ce qu'elles concordent avec les charges. Les compresseurs traditionnels fonctionnent à plein régime et utilisent un système de dérivation des gaz chauds dans des conditions de charge partielle. La capacité à moduler les compresseurs permet de réduire jusqu'à 30 % la consommation d'énergie. Le tableau 3 illustre les économies susceptibles d'être réalisées à charge partielle.

Tableau 3. Rendement des compresseurs traditionnels par rapport aux compresseurs numériques

% de pleine capacité	TRE* du système de dérivation des gaz chauds	TRE* du système numérique à vis (scroll)	% d'amélioration
25 %	2,9	6,3	117 %
50 %	5,7	8,2	44 %
75 %	8,6	10,0	16 %
100 %	11,5	11,3	S/O

*Taux de rendement énergétique (EER: energy efficiency ratio)

Unités de toit

Plus d'un tiers de la superficie des bâtiments commerciaux et institutionnels canadiens et la vaste majorité des commerces alimentaires au Canada sont conditionnés par des unités de toit monoblocs⁴². Les unités de toit sont généralement configurées sous forme d'appareil à combustion de gaz naturel ou de chauffe-conduit électrique pour assurer le chauffage et le refroidissement par détente directe. Dans certains cas, des roues ou noyaux de récupération de chaleur y sont également intégrés. L'unités de toit peut également être configurée sous forme de thermopompe et, dans de rares cas, le chauffage peut être acheminé par

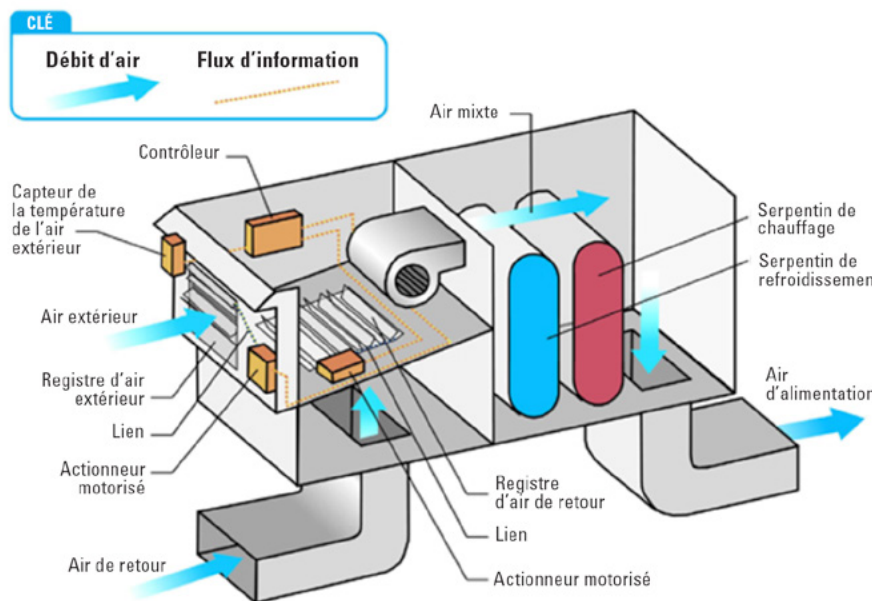
⁴² Ressources naturelles Canada. *Enquête 2000 sur la consommation d'énergie dans les bâtiments commerciaux et institutionnels*.

1

PARTIE

un serpentin à eau chaude alimenté par une chaufferie centrale. Par ailleurs, les unités peuvent assurer un débit constant ou un débit variable. Figure 22 illustre la configuration d'une unité de toit « typique ».

Figure 22. Unité de toit typique



Source : EPA des É.-U.

Le rendement des unités de toit s'articule autour de deux composantes distinctes : le chauffage et le refroidissement. Comme l'industrie des unités de toit est particulièrement répandue dans les climats où les besoins en refroidissement dominent, les unités de toit sont promues au regard de leur rendement frigorifique (taux de rendement énergétique intégré). Les fabricants s'intéressent moins au rendement calorifique qui, souvent, n'est pas publié. Par ailleurs, les unités de toit qui affichent le plus haut rendement frigorifique ont tendance à avoir un rendement calorifique moyen, et vice-versa.

Le rendement des unités de toit s'est considérablement amélioré au cours des quinze dernières années. Il existe aujourd'hui des technologies de réaménagement à action contrôlée capables de générer plus de 50 % d'économies. Selon le rendement et l'âge de l'unité de toit, il y a lieu de procéder à un remplacement intégral ou d'entreprendre un réaménagement. Par exemple, si l'unité de toit a quinze ans (durée de vie escomptée) ou plus, le remplacement est probablement la meilleure solution. Si l'unité de toit n'a que cinq ans, le réaménagement sera sans doute plus adaptée.

Le rendement calorifique des unités de toit plus anciennes peut aller de 60 à 75 %, tandis que les nouvelles unités de toit peuvent générer un rendement supérieur à 80 % pour les unités sans condensation, et à plus de 90 % pour les unités avec condensation.

Le tableau 4 illustre l'évolution des normes en matière de rendement frigorifique.

Tableau 4. Évolution des normes de rendement des unités de toit

90.1-1999	90.1-2000	90.1-2004	90.1-2010		CEE palier II		Défi pour les unités de toit
EER	EER	EER	EER	IEER	EER	IEER	IEER
8,7	10,1	10,1	11,0	11,2	12,0	13,8	18,0

Les mesures de rendement frigorifique des unités de toit qui figurent ci-dessous sont établies par l'Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI), une association professionnelle qui sert les intérêts des fabricants d'appareils de climatisation :

- Le taux de rendement énergétique (TRE) correspond à la vitesse de refroidissement (exprimée en Btu/heure et divisée par la puissance d'entrée en watts) dans des conditions de pleine charge. Il sert à mesurer le rendement à pleine charge. La puissance d'entrée regroupe toutes les sources d'entrée : compresseurs, moteurs de ventilateur et commandes.
- Le taux de rendement énergétique intégré (TREI) correspond au rendement frigorifique en charge partielle sur la base d'un fonctionnement pondéré à diverses capacités de charge. Il s'applique aux unités de toit dont la puissance frigorifique est équivalente ou supérieure à 19 kW (5,4 tonnes).
- Le taux de rendement énergétique saisonnier (TRES) mesure la cote de rendement saisonnier ajustée sur la base des charges résidentielles représentatives, contrairement au TRE qui mesure le rendement à un point unique. Le TRES s'applique uniquement aux unités de toit dont la puissance frigorifique est inférieure à 19 kW. Bien que les unités qui affichent une puissance inférieure à 19 kW et utilisent une alimentation triphasée soient considérées comme « commerciales », elles relèvent malgré tout de la mesure résidentielle TRES. Ceci s'explique par le fait que ces petites unités sont similaires aux unités à alimentation monophasée utilisées dans les applications résidentielles, qui occupent une part de marché importante sur cette gamme de taille. Les unités plus anciennes dont la puissance est inférieure à 19 kW sont fréquemment associées à un TRES pouvant descendre jusqu'à 6, à la différence des unités de toit modernes qui affichent un TRES compris entre 12 et 16,8.

Le Consortium for Energy Efficiency (CEE), un organisme à but non lucratif qui encourage l'adoption de technologies écoénergétiques, a établi une recommandation de rendement minimal (1993, catégorie 1) prévoyant que les unités de toit de petite taille, de grande taille et de très grande taille doivent respectivement être associées à un TRE d'au moins 10,3, 9,7 et 9,5.

Le ministère de l'Énergie des États-Unis a organisé une campagne sur les unités de toit en vue d'encourager l'adoption d'unités de toit à haut rendement énergétique. À cette fin, le ministère a lancé aux fabricants le « défi » de revoir à la hausse les

1 PARTIE

Remarque : 1 tonne de puissance frigorifique = 3,5 kW ou 12 000 Btu/h

1

PARTIE

spécifications de rendement en fixant un TREI d'au moins 18 pour les unités de 35 à 70 kW (10 à 20 tonnes). L'industrie a répondu favorablement, et un certain nombre de fabricants proposent désormais des unités conformes à cet objectif ambitieux, dont un grand nombre sont vendues sur le marché canadien.

Liste de mesures relatives au chauffage et au refroidissement (unités de toit)

Mesures de réaménagement

- ✓ Convertir le système à débit constant en système à débit variable avec ventilation selon la demande et un économiseur
- ✓ Ajouter un contrôle au compresseur pour diminuer le temps de fonctionnement
- ✓ Ajouter un registre d'économiseur
- ✓ Modifier les commandes pour effectuer une purge matinale durant la saison de refroidissement
- ✓ Modifier les commandes pour fermer les registres d'air extérieur lors du réchauffement matinal durant la saison de chauffage

Mesures de remplacement

- ✓ Remplacer les unités de toit

Le réaménagement des unités de toit pour faire des économies d'énergie se fait habituellement sous la forme de contrôles, plutôt que l'ajout d'un équipement conçu pour économiser l'énergie (comme un système de récupération de chaleur) ou le remplacement du moteur. Cependant, il existe des possibilités d'ajouter un équipement conçu pour économiser l'énergie dans certain cas. Dans la catégorie de **réaménagement**, les quatre mesures suivantes sont applicables :

- **Convertir le système à débit constant en système à débit variable avec ventilation selon la demande et un économiseur :** Dans le marché actuel, il existe deux technologies intégrées qui sont jugées acceptables par les services publics pour les programmes d'incitatifs à la conservation. Pour ce qui est des unités de toit à débit d'air constant (DAC) de plus de 17 kW (5 tonnes), on trouve sur le marché une trousse de réaménagement complètement intégrée du contrôle avancé d'unité de toit qui convertit un système à DAC en système à débit variable avec ventilation selon la demande et un économiseur. Une étude sur le terrain menée par le Pacific Northwest National Laboratory⁴³ a fourni une analyse indépendante de cette technologie, dont les résultats ont démontré une réduction de la consommation d'énergie annuelle normalisée des unités de toit variant entre 22 % et 90 %, avec une moyenne de 57 % pour toutes les unités.

⁴³ Advanced Rooftop Control (ARC) Retrofit: Field Test Results. http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-22656.pdf (en anglais seulement).

1

PARTIE

- **Ajouter un contrôle au compresseur pour diminuer le temps de fonctionnement :** Pour ce qui est des unités de toit plus petites que 17 kW, des contrôleurs intégrés qui réduisent la consommation d'énergie pour la climatisation de l'air sont disponibles. Ces appareils contrôlent les cycles du compresseur pour diminuer le temps de fonctionnement tout en continuant à offrir la capacité de refroidissement attendue de l'unité. Les systèmes de climatisation de l'air sont habituellement conçus pour répondre aux conditions de charge de pointe, plus une marge de sécurité, et fonctionnent continuellement jusqu'à ce que le point de consigne de température de la pièce est atteint. Cependant, dans la majorité des conditions opérationnelles, le rendement maximal n'est pas requis, et le système est surdimensionné pour la charge. De simples contrôleurs qui détectent la saturation thermodynamique de l'échangeur de chaleur éteignent le compresseur pour éviter le surrefroidissement. L'expérience de l'industrie a démontré qu'on peut faire des économies d'énergie de refroidissement de 20 % en moyenne.
- **Ajouter un registre d'économiseur :** Certains modèles d'unité de toit peuvent fonctionner avec un registre d'économiseur en tant qu'option du fabricant, afin de permettre de tirer profit du « refroidissement naturel » lorsque les conditions de l'air extérieur le permettent. (Pour de plus amples renseignements, consultez la phase [Commissioning des bâtiments existants](#).) Dans les cas où le registre n'était pas inclus dans le choix du produit original, l'ajout d'un économiseur permettra des économies d'énergie. S'il est impossible de poser un économiseur sur l'unité existante dans le cadre des travaux de réaménagement, il faut considérer un remplacement de l'unité de toit.
- **Modifier les commandes pour effectuer une purge matinale durant la saison de refroidissement :** Durant la saison de refroidissement, refroidissez le bâtiment à préalable avec de l'air extérieur à 100 % (lorsque les conditions le permettent) avant de démarrer le système de refroidissement mécanique. C'est le rôle du contrôleur, qui capte les conditions acceptables de l'air extérieur et achemine un signal prioritaire au registre d'air extérieur ou de l'économiseur pour activer l'ouverture complète. Durant ce mode opérationnel, la récupération de chaleur doit être désactivée pour tirer parti de ce refroidissement naturel.
- **Modifier les commandes pour fermer les registres d'air extérieur lors du réchauffement matinal durant la saison de chauffage :** Pour économiser de l'énergie, l'abaissement du point de consigne de la température des pièces pendant les périodes d'inoccupation au moyen de contrôles constitue une pratique courante. La température reprend le point de consigne pour la période d'occupation avant l'arrivée des occupants. Durant cette période de réchauffement, assurez-vous que les registres d'air extérieur sont complètement fermés. Ce geste permet d'économiser de l'énergie en chauffant l'air recirculé plutôt que l'air extérieur, plus froid.

Le Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) a créé un calculateur comparatif d'unités de toit (pnnl.gov/uac/costestimator/main.stm [en anglais seulement]), qui permet de comparer l'équipement à haute efficacité avec l'équipement standard relativement au coût du cycle de vie.

Cet outil de calcul en ligne fournit des estimations relatives au coût du cycle de vie, à la période de récupération, au rendement du capital investi et au rapport économies-investissements. Les simulations utilisent des emplacements aux États-Unis pour les conditions météorologiques; cependant, dans le cas des emplacements canadiens ayant les mêmes zones climatiques, l'outil peut fournir une estimation raisonnable de l'analyse coûts-avantages.

1

PARTIE

Les nouvelles unités de toit devraient être dotées d'un système de **récupération d'énergie**. Par exemple, les roues énergétiques ou enthalpiques permettent de récupérer la chaleur sensible et latente à partir du débit d'air vicié, puis de l'acheminer vers l'air de ventilation d'arrivée, plus froid et généralement plus sec. Les roues énergétiques affichent généralement un bon rendement en matière de récupération d'énergie, à savoir entre 60 et 72 % pour la chaleur sensible, et entre 50 et 60 % pour la chaleur latente.

L'analyse de rentabilisation se présente souvent favorable au **remplacement** des unités de toit existantes par de nouvelles unités à haute efficacité. Compte tenu du potentiel d'économies combinées sur le chauffage et le refroidissement de 50 % ou plus, il peut parfois être rentable de remplacer les unités de toit avant la fin de leur durée de vie attendue.

■ **Remplacer les unités de toit** : Le remplacement d'une unité de toit existante procurera de nombreux gains d'efficacité, surtout lorsque les unités à haute efficacité comportent des spécifications concernant les ventilateurs et les compresseurs à vitesse variable, la récupération d'énergie et le chauffage à condensation. Les unités de toit sont dimensionnées selon leur capacité de refroidissement (en kilowatts ou en tonnes), leurs capacités de chauffage nominales étant déterminées en fonction de cette capacité de refroidissement. Il faut porter une attention particulière aux spécifications des produits afin de déterminer les options de combustion des gaz à haut rendement. Le remplacement des unités de toit existantes par une nouvelle génération d'unités avancées procurera de nombreux gains d'efficacité et un confort accru des occupants grâce à un meilleur contrôle. Des percées importantes sur le plan du rendement des unités de toit ont été effectuées depuis 2011. Lors de la sélection d'équipement d'unité de toit, il est important de comprendre que les gains primaires d'efficacité proviennent de la récupération d'énergie et du contrôle de la demande, puis de l'efficacité du refroidissement, du chauffage et du moteur. De plus, lorsque vous considérez un remplacement de l'équipement, sa capacité devrait être revue pour s'assurer qu'elle sera appropriée. Voici quelques-unes des caractéristiques offertes par les unités de toit avancées de nouvelle génération :

- boîtiers isolés pour une efficacité énergétique et une acoustique améliorées;
- contrôle du chauffage multiétage ou à modulation avec taux de variation de débit de 10:1;
- moteurs de ventilateur à commutation électronique à vitesse variable;
- compresseurs à vis à vitesse variable offrant une efficacité supérieure à charge partielle;
- récupération de chaleur et d'énergie provenant de l'air évacué;
- contrôle de la ventilation selon la demande à l'aide de capteurs de CO₂;
- option de thermopompe;
- SEER jusqu'à 16,8; IEER jusqu'à 21;
- surveillance à distance de la consommation d'énergie et des opérations.

Les unités de toit à condensation avec un rendement énergétique annuel (AFUE, pour l'anglais, *annual fuel utilization efficiency*) jusqu'à 94 % sont une considération particulière pour les bâtiments dans des zones climatiques très froides. Peu de fabricants offrent ce type d'équipement, lequel n'est pas muni de caractéristiques de refroidissement à haute efficacité, telles qu'un SEER de 16,8 et un IEER de 21. Actuellement, il n'existe pas de fabricant qui fournit une unité de toit à la plus haute efficacité de chauffage et de refroidissement.

1

PARTIE

Consultez les [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages en lien avec deux exemples de telles améliorations.

Eau chaude domestique

Le chauffage de l'eau à usage domestique représente 7 % de l'énergie consommée par les commerces alimentaires canadiens, ce qui correspond à une charge relativement faible. Malgré cela, les possibilités d'économiser l'énergie sont nombreuses.

Liste de mesures en matière de chauffage et de refroidissement (eau chaude à usage domestique)

- ✓ Installer des aérateurs et des pommes de douche à faible débit
- ✓ Préchauffer l'eau domestique avec la chaleur récupérée à partir du refroidissement
- ✓ Remplacer le chauffe-eau existant par une unité à plus haut rendement énergétique
- ✓ Remplacer le système à accumulation par un système à la demande

- **Installer des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit :** réduire le débit à l'aide des robinets et des pommes de douche a pour effet de diminuer la consommation d'eau chaude. L'installation d'appareils économes en eau est la solution la moins onéreuse pour réduire la consommation d'énergie, et elle peut être réalisée sans difficulté par le personnel d'exploitation. Il existe des produits qui offrent un débit pouvant descendre jusqu'à 0,95 l/min pour les robinets, et 4,7 l/min pour les pommes de douche.
- **Préchauffer l'eau domestique avec la chaleur récupérée à partir du refroidissement :** les systèmes de réfrigération des commerces alimentaires évacuent de la chaleur de manière pratiquement continue. Cette chaleur peut être récupérée à partir du circuit de condensation au moyen d'échangeurs thermiques combinés au système d'eau d'appoint pour l'eau chaude à usage domestique. Reportez-vous à la section [Systèmes de réfrigération](#) pour en savoir plus.
- **Remplacer le chauffe-eau existant par une unité à plus haut rendement énergétique :** les chauffe-eau âgés de plus de 20 ans affichent un rendement allant de 60 à 80 %. Ils peuvent être remplacés par de nouvelles unités qui offrent un rendement allant jusqu'à 95 % (avec circuit de condensation). Consultez les [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages en lien avec un exemple d'une telle amélioration.

1 PARTIE

- **Remplacer le système à accumulation par un système à la demande :** les commerces alimentaires possèdent rarement plus d'une seule toilette. Ainsi, il est possible de remplacer le chauffe-eau central par un chauffe-eau électrique à la demande, à installer à proximité du point d'utilisation, ou par un chauffe-eau central à la demande alimenté au gaz. Les chauffe-eau à la demande ne contiennent pas de réservoir. Ils sont instantanés : l'eau est chauffée à mesure que celle-ci traverse l'échangeur thermique. Ce type de chauffe-eau présente un rendement supérieur de 20 % aux chauffe-eau à réservoir alimentés au gaz^{44,45}. Les économies réalisées sont attribuables à l'absence de pertes en cours de stockage, un phénomène propre aux systèmes à réservoir traditionnels.

Les chauffe-eau à la demande se classent en deux catégories de base. Les petites unités électriques installées à proximité du point d'utilisation se révèlent très utiles lorsque le bâtiment n'abrite qu'une ou deux toilettes. Les unités centralisées alimentées au gaz, de plus grande taille, sont davantage adaptées aux bâtiments qui abritent plusieurs toilettes. Les chauffe-eau à la demande sont généralement plus chers que les modèles à accumulation. À ce titre, il serait judicieux d'entreprendre une analyse du coût total de propriété pour déterminer si oui ou non il existe un avantage économique.

⁴⁴ Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique. Cote de rendement énergétique. http://oee.nrcan.gc.ca/pml-lmp/index.cfm?language_lingue=fr&action=app%2Esearch-recherche&appliance=WATERHEATER_T.

⁴⁵ Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique. Cote de rendement énergétique. http://oee.nrcan.gc.ca/pml-lmp/index.cfm?action=app.search-recherche&appliance=WATERHEATER_G.

1

PARTIE

IMPORTANT : La gestion de la Legionella dans les systèmes d'eau chaude et d'eau froide

La bactérie Legionella se trouve fréquemment dans l'eau et peut se multiplier là où les substances nutritives sont disponibles et lorsque les températures se situent entre 20 °C et 45 °C. La bactérie reste dormante sous 20 °C et ne survivra pas au-dessus de 60 °C. La maladie du légionnaire est un type de pneumonie potentiellement fatale, contractée en inhalant des gouttelettes d'eau en suspension dans l'air contenant la bactérie Legionella viable.

Le risque que pose la Legionella peut être contrôlé au moyen de la température de l'eau. Le stockage de l'eau chaude devrait atteindre au moins 60 °C. L'eau chaude devrait être distribuée à 50 °C ou plus (à l'aide de vannes mélangeuses à trois voies thermostatiques pour prévenir l'ébouillantage). Ces critères de température devraient être respectés au moment de concevoir tout réaménagement à votre système d'eau chaude domestique.

Pour en savoir plus, consultez *American Society of Plumbing Engineers (ASPE) 2005 Data Book - vol.2*, chap. 6 - Domestic Water Heating Systems Fundamentals.

Ressources naturelles Canada offre plusieurs ressources et conseils pour vous aider à améliorer l'efficacité énergétique de vos bâtiments.

- *Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments*
- *Guide des pratiques exemplaires en matière de gestion de l'énergie*
- *Guide sur la formation en gestion de l'énergie*
- *Améliorer le rendement énergétique de votre bâtiment : introduction à l'analyse comparative énergétique*
- *Analyse comparative énergétique pour les supermarchés et les commerces alimentaires*

Pour accéder aux ressources susmentionnées et à d'autres ressources, rendez-vous sur notre site Web à l'adresse <http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/13563>

Courriel : nrcan.buildings-batiments.rncan@canada.ca

Numéro sans frais : 1-877-360-5500

2

PARTIE

COUCHE-TARD (QUÉBEC) : ÉTUDE DE CAS

**Figure 23. Dépanneur
couche-tard**



Un dépanneur Couche-Tard « standard » consomme en moyenne plus de 150 000 kWh d'électricité par an.

Photo aimablement fournie par Couche-Tard.

Couche-Tard exploite plus de 1800 magasins au Canada, sous forme de dépanneurs, de restaurants et de stations-service.

Surtout connue pour ses marques Couche-Tard®, Mac's® et Circle K®, Couche-Tard est un des leaders de l'industrie de dépanneurs en Amérique du Nord. L'entreprise est née en 1980 avec l'ouverture d'un premier magasin à Laval, au Québec. Aujourd'hui présente à l'échelle internationale, Couche-Tard exploite un réseau de près de 1850 magasins dans tout le Canada, de plus de 8000 magasins sur l'ensemble de l'Amérique du Nord, et de près de 2200 magasins dans certaines régions de Scandinavie et d'Europe de l'Est. Par ailleurs, près de 4700 magasins sont gérés par des exploitants indépendants sous la marque Circle K dans 14 autres pays ou régions dans le monde.

À l'instar de nombreuses chaînes de commerces alimentaires, Couche-Tard s'est heurtée à plusieurs obstacles lorsqu'elle a entrepris d'améliorer le rendement énergétique de ses magasins. Par exemple, cela a été le cas dans les magasins loués, en raison de la réticence du propriétaire du bâtiment à apporter certains changements, ou encore de la grande diversité des équipements utilisés dans les magasins, en fonction des services proposés. L'accès aux capitaux a été un défi particulièrement ardu à relever pour Couche-Tard, car toutes les décisions en matière de financement étaient prises au niveau du siège social. Au vu de l'étendue du portefeuille de magasins, il a souvent été difficile de plaider en faveur de petites réaménagements en raison de la longue période de récupération qui leur était adossée.

Malgré tout, Couche-Tard a décidé, il y a plus de dix ans, d'emprunter la voie de l'efficacité énergétique pour réduire ses dépenses, limiter son impact environnemental et améliorer l'expérience de la clientèle en lui proposant des établissements mieux éclairés. L'entreprise a intensifié ses efforts en 2010 avec le lancement d'un programme complet de gestion de l'énergie.

2

PARTIE

Principaux avantages

- ✓ Entre 2012 et 2015, Couche-Tard a réduit sa consommation globale d'électricité de 11,4 % en Amérique du Nord.
- ✓ La réaménagement d'un magasin a coûté en moyenne plusieurs dizaines de milliers de dollars et a généré chaque année entre 5 et 10 % d'économies d'énergie.
- ✓ Depuis 2010, la consommation d'électricité a été réduite de plus de 1 milliard de kWh, ce qui correspond plus ou moins à la consommation d'électricité de plus de 90 000 foyers.
- ✓ L'objectif de baisse de la consommation énergétique annuelle fixé par Couche-Tard (actuellement 3 %) est appuyé par un programme de gestion de l'énergie déployé à travers l'ensemble de l'entreprise.

S'informer

En 2004, Couche-Tard a fait appel à une société de services énergétiques (TST Energy) pour entreprendre des audits énergétiques dans cinq de ses magasins.

« Bien qu'un grand nombre de magasins Couche-Tard au Québec sont loués, c'est l'entreprise qui supporte toutes les factures énergétiques et, après la masse salariale, l'énergie constitue l'un des premiers postes de dépenses », explique Janick Hardy, gestionnaire de projets écoénergétiques à Couche-Tard. Ainsi, l'objectif des audits était de trouver des solutions permettant de réduire la consommation énergétique sur trois domaines particuliers : l'éclairage, la réfrigération et le système de CVCA.

Les audits ont permis à l'entreprise de recueillir les renseignements de base nécessaires pour recenser les magasins affichant le plus grand potentiel de réaménagement, ainsi que le type d'équipement utilisé et les services complémentaires proposés, par exemple un restaurant, une station-service, ou les deux.

« Nous avons essayé un grand nombre de produits DEL, et passé en revue de nombreuses sociétés lorsque nous avons commencé les modernisations énergétiques », indique Hardy. Elle fait néanmoins remarquer qu'à ce moment-là, les produits DEL étaient beaucoup plus chers, et que la période de récupération estimée était supérieure à 10 ans.

Robert Cummins, cofondateur et directeur général de TST Energy, explique que Couche-Tard s'appuie sur une organisation décentralisée, avec différents types de magasins répartis sur de nombreux territoires. « Les projets de réaménagement ont été difficiles à organiser à cause de cela », explique-t-il, ajoutant qu'il a fallu un certain temps à l'entreprise pour aboutir à un consensus sur les produits à utiliser, les magasins à réaménager et le mode de financement de ces réaménagements.

PARTIE 2

Répartition typique de la consommation d'énergie par magasin

Éclairage intérieur/extérieur	30 %
Réfrigération	30 %
Système de CVCA.....	20 %
Charges enfichées/supplémentaires.....	20 %

Bien que certains magasins eussent commencé à mettre en œuvre certaines mesures, Couche-Tard a fini par réaliser qu'il était possible de bénéficier d'économies d'échelle et de périodes de récupération plus avantageuses si toutes les décisions en matière de réaménagement étaient prises par le siège social.

Il convient également de noter qu'en 2004, en raison de leur petite taille et de leur consommation énergétique relativement basse, les magasins Couche-Tard n'étaient pas admissibles aux programmes de remises mis en place par Hydro-Québec. À cette période, Hydro-Québec n'autorisait pas les entreprises à soumettre une demande de participation au nom de plusieurs établissements. Dans le cadre d'un groupe de discussion organisé avec Hydro-Québec, Couche-Tard a fait remarquer à la compagnie de services publics qu'elle manquait des occasions de faire baisser la consommation énergétique en n'autorisant pas les établissements à se regrouper sous une demande de participation unique. Au total, les coûts énergétiques annuels de Couche-Tard s'élevaient à environ 10 millions de dollars pour l'ensemble de ses magasins au Québec. « Vue sous cet angle, l'idée de réduire la consommation énergétique de quelques points de pourcentage leur est soudainement apparue très intéressante », remarque Cummins. C'est en partie grâce aux efforts de Couche-Tard qu'Hydro-Québec a modifié son processus de participation afin que les entreprises possédant plusieurs établissements de petite taille puissent participer à ses programmes.

Forte de cette approche centralisée, Couche-Tard a noué en 2010 un partenariat avec Ecova, une société de gestion de l'énergie et du développement durable. L'idée, à ce moment-là, était de gérer les factures énergétiques de l'entreprise et de rendre compte de sa consommation d'énergie.

Un an plus tard, Couche-Tard a lancé son programme énergétique « One-Touch ». Celui-ci prévoit notamment des investissements de capitaux pour les réaménagements ainsi que des initiatives de sensibilisation des employés. Il est supervisé par une équipe « énergie » du siège social, qui se réunit régulièrement pour mettre en commun les pratiques exemplaires. L'équipe est formée de représentants de toutes les divisions du Canada, des États-Unis et d'Europe. Chaque division dispose d'un budget annuel pour réaliser des économies d'énergie.

Les réaménagements

Avant d'allouer des capitaux à un projet de réaménagement, Couche-Tard prend en considération plusieurs critères, notamment les programmes de remises ou d'incitatifs financiers offerts par le gouvernement ou les services publics, le type de systèmes de bâtiment et d'équipements d'exploitation utilisés, le rendement des capitaux investis et les dates de fin de baux.

Éclairage

De toutes les mesures de réaménagement adoptées par Couche-Tard, l'installation d'un éclairage extérieur DEL est celle qui a assuré le meilleur rendement du capital investi (RCI), avec une moyenne d'un an et demi à trois ans. Plus de 250 magasins Couche-Tard au Québec ont vu leur éclairage intérieur ou extérieur passer à la technologie DEL (signalisation, plafonniers, chambres froides, auvents de station-service, éclairage périmétrique et éclairage des postes de lavage d'automobiles). L'éclairage extérieur est commandé par cellule photo-électrique : les lumières sont allumées uniquement lorsque c'est nécessaire. Des détecteurs de mouvements ont été installés dans les toilettes et les locaux de service pour réduire davantage la consommation d'électricité.

Réfrigération

Des ventilateurs-évaporateurs à deux vitesses dotés de moteurs à commutation électronique (MCE) ont été installés sur l'équipement de réfrigération dans plus de 100 magasins. À pleine charge, les MCE peuvent générer un rendement supérieur à 70 %, contre 25 à 50 % pour les moteurs standards.

Système de CVCA

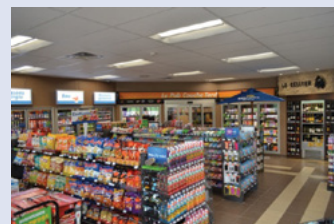
Couche-Tard a essayé et installé des systèmes de commande des appareils CVCA comme les thermostats programmables et les détecteurs de mouvements pour les portes arrière dans environ 50 de ses magasins.

Programmes à l'attention des employés

Couche-Tard s'est associée à Ecova pour publier un bulletin trimestriel faisant état des initiatives et des pratiques exemplaires de l'entreprise, ainsi que des progrès accomplis vers la réduction de la consommation d'énergie et des gaz à effet de serre. « Le succès des initiatives de réduction de la consommation d'énergie est largement imputable aux établissements », explique Hardy. « Pour ce faire, nous veillons à ce que les pratiques exemplaires soient transmises, et à ce que tout le monde travaille dans le même sens. »

2 PARTIE

Figure 24. Éclairage intérieur



Plus de 130 magasins Couche-Tard ont remplacé l'éclairage intérieur par des lampes DEL.

Photo aimablement fournie par Couche-Tard.

PARTIE 2

Financement

En moyenne, la réaménagement de chaque magasin a coûté plusieurs dizaines de milliers de dollars (en fonction des mesures appliquées) et les économies d'énergie ont, en moyenne, oscillé entre 5 et 10 % par magasin. La période de rendement cible fixée par Couche-Tard est de quatre ans ou moins.

Les renseignements liés aux investissements actuels de l'entreprise sont confidentiels. Néanmoins, en 2011, soit la première année du programme « One-Touch », Couche-Tard a investi cinq millions de dollars pour remplacer l'éclairage des auvents des stations-service et l'éclairage périmétrique par des luminaires DEL.

Dans le cadre du partenariat noué avec Ecova, Couche-Tard a pu obtenir des fonds incitatifs au travers d'un programme lancé par le service public local en vue de compenser le coût de ces améliorations. Les incitatifs ainsi obtenus comptent pour environ 15 % du coût total des projets et, combinés aux économies d'énergie rendues possibles grâce à l'approche globale, la période de récupération simple des projets de réaménagement est généralement inférieure à cinq ans.

« Avec le programme One-Touch, nous combinons toutes les mesures pour chaque magasin et faisons réaliser tous les changements en même temps », explique Hardy. En planifiant ses réaménagements de la sorte, ajoute Hardy, Couche-Tard économise de l'argent en faisant appel à tous les sous-traitants au même moment pour effectuer les travaux de modernisation.

Surveillance

Ecova assure le suivi des données énergétiques de tous les magasins nord-américains de Couche-Tard, règle les factures énergétiques au nom de l'entreprise, et s'appuie sur les talents et les connaissances de ses employés pour recommander des solutions pour mieux utiliser les ressources, ce qui, à terme, permettra de réduire les coûts supportés par Couche-Tard.

À l'heure actuelle, Couche-Tard ne compare pas le rendement de ses magasins par rapport à ses concurrents du secteur, mais compare la consommation énergétique de ses magasins du Québec.

Hardy explique que les rapports mensuels de rendement énergétique (RRE) remis par Ecova aident Couche-Tard à comparer les hausses ou les baisses de consommation d'énergie par mètre carré pour chaque magasin. Les RRE visent à analyser les données relatives à la consommation et aux coûts. Les rapports d'examen des anomalies énergétiques établis par Ecova se fondent sur les données des RRE pour recenser les magasins qui s'écartent de la moyenne en matière de consommation d'énergie et d'eau et de gestion des déchets.



PARTIE

« Chaque année, nous définissons un objectif de réduction qui est suivi de très près tout au long de l'année », explique Hardy. « Les rapports mensuels nous aident à voir si nous allons dans la bonne direction et à rectifier le tir si cela est nécessaire. »

Par ailleurs, trois magasins au Québec ont été équipés d'un système de compteurs divisionnaires pour mesurer la consommation énergétique et le rendement de tous les disjoncteurs. Les données recueillies ont permis à Couche-Tard d'essayer différentes mesures d'économie d'énergie pour cerner les plus prometteuses, de mesurer le rendement global des magasins et d'apporter les améliorations ou corrections nécessaires.

Enseignements tirés

Hardy explique que l'anticipation, le suivi et la compréhension des avancées technologiques font partie des points les plus importants qu'elle considère avant de s'engager dans un projet d'économie d'énergie. Toutefois, la plus grande difficulté réside dans la préparation de l'analyse de rentabilisation. « Tous nos projets d'économie d'énergie doivent répondre à des critères de qualité bien précis », indique-t-elle. « Le rendement du capital investi reste le plus grand défi. »

« [Dans nos magasins du Québec] nous avons commencé par les mesures les plus simples à mettre en œuvre », explique Hardy. Bien qu'avec son programme « One-Touch », l'entreprise dispose désormais d'un processus décisionnel en ce qui concerne les réaménagements, le défi qui se pose, explique Hardy, consiste à trouver les moyens de financer les mesures de réaménagement plus onéreuses ou plus complexes (adossées à des périodes de récupération potentiellement plus longues), dans une province où les coûts d'électricité demeurent relativement faibles.

Ceci étant dit, Couche-Tard a utilisé à des fins stratégiques les programmes de remises et d'incitatifs financiers disponibles non seulement au Québec, mais aussi dans de nombreux autres territoires où l'entreprise est implantée. Ecova et TST surveillent ces programmes pour le compte de l'entreprise et soumettent des demandes de subvention pour les réaménagements qui répondent aux critères définis. Sans le type de financement offert par ces multiples entités (comme Hydro-Québec), observe Hardy, Couche-Tard aurait eu beaucoup de mal à réaliser un grand nombre de ses projets.

3 PARTIE

LIGNES DIRECTRICES POUR L'ANALYSE DE RENTABILITÉ

Chaque bâtiment et chaque situation de réaménagement sont uniques. À cet égard, les bâtiments doivent être adéquatement évalués par un spécialiste en consommation énergétique avant qu'une quelconque décision de réaménagements ne soit prise. Reportez-vous à la section 2 du Module sur les principes pour savoir comment évaluer de manière indépendante l'analyse de rentabilisation liée aux mesures de réaménagements de votre établissement.

Cette partie offre des informations d'ordre général sur les coûts et avantages de certaines mesures de réaménagement en s'appuyant sur des scénarios de modernisation.

Méthodologie d'analyse de rentabilisation

Les données sur les coûts et avantages ont été calculées ou modélisées pour chaque mesure de réaménagement en s'appuyant sur un certain nombre d'hypothèses générales. Pour calculer les **économies annuelles estimatives**, les mesures de modernisation ont été analysées en se basant sur les conditions typiques d'un magasin d'alimentation vieux de 30 ans et d'une superficie de 500 m². Des modèles énergétiques ont été créés sur eQUEST (Quick Energy Simulation Tool) v 3.65 pour évaluer l'incidence d'une mesure préconisée sur l'ensemble du bâtiment au cours de l'année entière. Par exemple, les modèles de référence s'appuient sur les critères minimaux de conception de l'enveloppe du bâtiment (par exemple, valeurs U) définis par le Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNEB), tandis que les mesures liées à l'enveloppe du bâtiment sont modélisées sur la base des exigences du Code national de l'énergie pour les bâtiments (CNEB 2011). Les modèles utilisent les données climatiques de Vancouver, d'Edmonton et de Montréal pour représenter les conditions climatiques canadiennes typiques.

Pour calculer les **coûts estimatifs** des mesures, les données sur les coûts ont été collectées à partir de guides tarifaires acceptés par l'industrie et au cours de discussions avec les fabricants. Dans la plupart des cas, les augmentations de coût entre un « cas standard » et un « cas de modernisation » (coûts différentiels) sont présentées et utilisées dans l'analyse coûts-avantages, tandis que les coûts totaux de modernisation sont précisés pour apporter un éclairage supplémentaire. Si l'option « standard » n'est pas applicable, seuls les coûts totaux de modernisation sont considérés.

Enfin, pour calculer les estimations liées à la valeur actualisée nette (**VAN**), au taux de rendement interne (**TRI**) et à la **période de récupération simple**⁴⁶, les données sur les taux d'utilité marginale ont été recueillies auprès des trois villes susmentionnées⁴⁷. Dans le cadre de cette analyse, on part du principe que l'équipement existant a été remplacé au terme de sa durée de vie. Pour certaines mesures associées à un fort taux de rendement interne, il peut être judicieux d'envisager un remplacement anticipé.

Exemples de mesures

Les coûts, les économies et les paramètres financiers sont présentés sous forme de tableau pour chaque exemple de mesure. Des hypothèses et remarques particulières figurent sous chaque tableau.

Même si certaines mesures ci-dessous semblent être adossées à des paramètres financiers médiocres pour les cas analysés, cela ne signifie pas que ces mesures ne méritent pas d'être considérées dans certains cas, ou dans le cadre d'une réaménagement complète. Dans le cas d'un projet complet de réaménagement majeure, il peut être nécessaire d'évaluer la rentabilisation en réalisant une analyse coûts-avantages pour le projet dans son ensemble ou pour un ensemble de mesures interdépendantes.

Amélioration de l'éclairage

Remplacer les lampes incandescentes et fluorescentes par des lampes DEL (par luminaire)

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût différentiel estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple différentielle (en années)
Vancouver	0,7	7 \$	18 \$	219 \$	258 %	0,4
Edmonton	0,7	7 \$	15 \$	178 \$	210,9 %	0,5
Montréal	0,7	7 \$	11 \$	133 \$	160,5 %	0,6

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- estimations basées sur le remplacement de lampes MR16 de 50 W par des lampes DEL de 11 W
- 13 heures par jour, 357 jours par an
- coût total de remplacement estimé à 12 \$

⁴⁶ Consultez la section 2, sur la planification de la gestion énergétique d'un bâtiment dans le Module sur les principes pour obtenir la définition de la VAN, du TRI et de la période de récupération simple.

⁴⁷ Vancouver : 0,000 356 \$ par GJ d'électricité différentiel, et 7,367 \$ par GJ de gaz naturel différentiel.
Edmonton : 0,000 291 \$ par GJ d'électricité différentiel, et 5,296 \$ par GJ de gaz naturel différentiel.
Montréal : 0,000 221 \$ par GJ d'électricité différentiel, et 10,399 \$ par GJ de gaz naturel différentiel.

Remplacer les enseignes de sortie incandescentes et fluorescentes par des modèles de type DEL (par luminaire)

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût différentiel estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple différentielle (en années)
Vancouver	0,3	25 \$	9 \$	85 \$	36,4 %	2,9
Edmonton	0,3	25 \$	7 \$	65 \$	29,7 %	3,5
Montréal	0,3	25 \$	5 \$	43 \$	22,1 %	4,6

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- estimations basées sur le remplacement de lampes CFL de 11 W par des lampes DEL de 1 W
- 24 heures par jour, 365 jours par an
- coût total de remplacement estimé à 50 \$

Remplacer de l'éclairage extérieur du bâtiment et du parc de stationnement par des lampes DEL (par luminaire)

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût différentiel estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple différentielle (en années)
Vancouver	5,1	165 \$	141 \$	1 621 \$	87,7 %	1,2
Edmonton	5,1	165 \$	115 \$	1 293 \$	71,9 %	1,4
Montréal	5,1	165 \$	88 \$	941 \$	55 %	1,9

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- estimations basées sur le remplacement de lampes HPS de 400 W (lampes à sodium à haute pression) par des lampes DEL de 138 W
- 12 heures par jour, 365 jours par an
- coût total de remplacement estimé à 850 \$

Ajouter des commandes par cellule photo-électrique et par minuterie pour l'éclairage extérieur

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût total estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple (en années)
Vancouver	21,8	1 630 \$	598 \$	5 930 \$	38,3 %	2,7
Edmonton	21,8	1 630 \$	488 \$	4 540 \$	31,3 %	3,3
Montréal	21,8	1 630 \$	370 \$	3 051 \$	23,4 %	4,4

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- estimations basées sur l'ajout d'une minuterie en série associée à une commande par cellule photo-électrique pour vingt luminaires DEL de 138 W
- économies de 6 heures par jour, 365 jours par an

Réduction de la charge supplémentaire

Isolation des parois, insolation des bords de dalle, réduction de l'infiltration

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût total estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple (en années)
Vancouver	150,6	35 610 \$	1 370 \$	-5 364 \$	2,8 %	26,0
Edmonton	197,6	36 839 \$	1 369 \$	-6 620 \$	2,6 %	26,9
Montréal	180,3	35 678 \$	1 971 \$	7 830 \$	5,5 %	18,1

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- Vancouver – amélioration de l'isolation des parois : la valeur RSI passe de 1,233 (R-7) à 3,170 (R-18)
- Edmonton – amélioration de l'isolation des parois : la valeur RSI passe de 2,078 (R -11,8) à 4,755 (R-27)
- Montréal – amélioration de l'isolation des parois : la valeur RSI passe de 1,814 (R -10,3) à 4,051 (R-23)
- amélioration de l'isolation des bords de dalle : la valeur RSI passe de nulle (pas d'isolation) à 1,409 (R-8) sur 1,2 m
- réduction de l'infiltration : passage de 1 l/s par m² de surface murale (0,2 pied cube par minute par pied carré de surface murale) à 0,2975 l/s par m² de surface murale (0,0595 pied cube par minute par pied carré de surface murale)

Isolation de la toiture

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût total estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple (en années)
Vancouver	44,4	5 052 \$	512 \$	6 260 \$	11,4 %	9,9
Edmonton	36,4	5 134 \$	244 \$	258 \$	4,4 %	21,0
Montréal	23,9	4 919 \$	262 \$	867 \$	5,2 %	18,8

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- Vancouver – amélioration de l'isolation de la toiture : la valeur RSI passe de 2,133 (R-12) à 3,698 (R-21)
- Edmonton – amélioration de l'isolation de la toiture : la valeur RSI passe de 3,452 (R -19,6) à 6,173 (R-35)
- Montréal – amélioration de l'isolation de la toiture : la valeur RSI passe de 3,452 (R -19,6) à 5,464 (R-31)

Fenêtres

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût total estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple (en années)
Vancouver	8,6	5 621 \$	75 \$	-3 964 \$	-3,3 %	74,9
Edmonton	13,2	5 672 \$	80 \$	-3 915 \$	-3,1 %	71,3
Montréal	12,1	5 411 \$	130 \$	-2 544 \$	-0,2 %	41,7

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- optimisation de la valeur U des fenêtres – passage de 3,5 W/m² K (0,62 Btu/h-pi² °F) à 2 W/m² K (0,35 Btu/h-pi² °F)

Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement

Chambres froides et présentoirs (à commandes et à refroidissement naturel)

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût total estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple (en années)
Vancouver	140,2	24 039 \$	3 856 \$	24 673 \$	15,6 %	6,2
Edmonton	165,9	24 039 \$	3 724 \$	23 005 \$	14,9 %	6,5
Montréal	160,7	24 039 \$	2 736 \$	10 533 \$	9,4 %	8,8

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- équipement : une chambre froide et cinq présentoirs à température moyenne
- cas de réaménagement : refroidissement naturel, moteurs de ventilateur-évaporateur (MCE), éclairage DEL, commandes pour appareils de chauffage anticondensation (environnement intérieur : 55 % d'humidité relative)

Unités de toit avec chauffage à condensation

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût différentiel estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple différentielle (en années)
Vancouver	99,7	45 932 \$	812 \$	-35 668 \$	-11,7 %	56,5
Edmonton	177,3	45 932 \$	1 129 \$	-31 664 \$	-8,9 %	40,7
Montréal	191,0	45 932 \$	2 003 \$	-20 626 \$	-3,2 %	22,9

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- applicabilité : particulièrement adapté aux zones climatiques 7A-8 et aux applications avec taux d'apport d'air extérieur élevé
- équipement : unité de traitement de l'air sur toiture de 35 kW (10 tonnes)
- cas de référence : rendement du chauffage de 80 %, TREI de 12,1
- cas de mesure : rendement de chauffage de 91 %, TREI de 12,1, roue enthalpique, VCD, économiseur à double enthalpie
- coût total de remplacement estimé à 66 410 \$

Unités de toit à haute efficacité énergétique

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût différentiel estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple différentielle (en années)
Vancouver	90,1	8 320 \$	1 230 \$	7 217 \$	14,0 %	6,8
Edmonton	163,1	8 320 \$	1 441 \$	9 882 \$	17,1 %	5,8
Montréal	165,6	8 320 \$	1 847 \$	15 017 \$	22,8 %	4,5

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- équipement : unité de traitement de l'air sur toiture de 35 kW (10 tonnes)
- cas de référence : rendement du chauffage de 80 %, TREI de 12,1
- cas de mesure : rendement de chauffage de 81 %, TREI de 19,1, roue enthalpique, VCD, économiseur à double enthalpie
- coût total de remplacement estimé à 28 798 \$

Réservoir de stockage d'eau chaude domestique

Ville type	Économies annuelles estimatives (GJ)	Coût différentiel estimatif	Économies annuelles sur les coûts d'énergie	VAN estimative	TRI estimatif	Période de récupération simple différentielle (en années)
Vancouver	54,3	5 290 \$	392 \$	-332 \$	3,1 %	13,5
Edmonton	59,1	5 290 \$	307 \$	-1 412 \$	0 %	17,2
Montréal	63,9	5 290 \$	652 \$	2 953 \$	10,7 %	8,1

Hypothèses et remarques visant la mesure :

- équipement : chauffe-eau domestique de 450 litres (au gaz)
- cas de référence : rendement thermique de 80 %
- cas de mesure : rendement thermique de 97 %
- coût total de remplacement estimé à 14 045 \$

4

PARTIE

MON INSTALLATION

La section suivante, sous forme de questionnaire, offre un récapitulatif des mesures de réaménagement applicables aux commerces alimentaires. Cet outil complète ENERGY STAR Portfolio Manager en vous expliquant comment définir des objectifs d'amélioration en fonction de votre cote ENERGY STAR.

La suite à donner à votre établissement sera fonction de votre cote ENERGY STAR :

- Si votre installation obtient une **cote faible**, il est sans doute approprié de réaliser un **investissement** dans un projet de réaménagement majeure. Investir dans une série de réaménagements majeures et adopter une approche progressive aura probablement la plus grande incidence sur vos résultats nets.
- Si votre installation obtient une **cote moyenne**, il est sans doute indiqué de procéder à un **changement**. Dans votre installation, ces changements peuvent se traduire par une série de mesures de réaménagement majeure, par des mesures de modernisation moins complexes, et l'adoption de pratiques de fonctionnement et d'entretien optimisées.
- Si votre installation obtient une **cote élevée**, vous devez vous efforcer de **maintenir** votre cote. Outre le maintien de votre rendement par une optimisation continue du bâtiment, vous devez régulièrement étudier les occasions d'entreprendre des réaménagements majeures, en particulier en ce qui concerne la gestion de vos actifs.

Le **questionnaire** est organisé par :

Phase des réaménagements : Chaque colonne de questions représente une phase précise des réaménagements. Les phases sont présentées de gauche à droite selon l'ordre de l'approche par phases recommandée dans les *Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs* de RNCAN : Module sur les principes.

Intensité énergétique du site : Chaque colonne comporte des mesures représentées par des symboles de forme et de couleur uniques :

□ **ENTRETENIR**

○ **AJUSTER**

◇ **INVESTIR**

Les installations qui sont de bons candidats pour les investissements devraient considérer toutes les mesures; les installations qui sont de bons candidats pour les ajustements peuvent choisir de concentrer leurs efforts sur les mesures Ajuster ou Entretenir; les installations souhaitant maintenir leur rendement peuvent décider de se concentrer principalement sur les mesures Entretenir.

4

PARTIE

Instructions

1. Faites l'analyse comparative de votre installation à l'aide d'ENERGY STAR Portfolio Manager et déterminez votre IE.
2. Évaluez la nature des possibilités pour votre installation en répondant au questionnaire par oui, non ou sans objet. Le résultat devrait être une liste des possibilités pertinentes pour votre installation.
3. Consultez les sections du présent module pour en savoir plus sur les mesures pertinentes et confirmer leur applicabilité. Une fois que vous avez examiné ces détails, il se peut que vous trouviez que certaines possibilités ressorties dans cette liste devraient être marquées comme étant sans objet, ou qu'elles ne présentent aucun intérêt pour votre organisation.

Installation des coûts rattachés aux mesures

Le rendement du capital investi pour des mesures précises varie considérablement en fonction de nombreux facteurs propres à l'installation et à son emplacement. Vous devriez toujours analyser les coûts et les économies en fonction de votre situation particulière. Cependant, les mesures marquées comme étant :

- ❑ **ENTRETENIR** comportent en général des mesures à faibles coûts avec des périodes de récupération de moins de trois ans.
- **AJUSTER** comportent en général des mesures à faibles ou moyens coûts avec des périodes de récupération pouvant aller jusqu'à cinq ans.
- ◇ **INVESTIR** comportent souvent des mesures de remplacement à coûts élevés. Les périodes de récupération de ces mesures dépassent généralement cinq ans et, dans certains cas, peuvent devoir être justifiées par des travaux associés au renouvellement (p. ex. une amélioration de l'isolation du toit au moment de son remplacement en fin de vie utile). Ces mesures nécessitent dans l'ensemble des analyses financières détaillées pour assurer une bonne analyse de rentabilisation.

Mon installation – Résultats de l'analyse comparative

INTRANTS DE PORTFOLIO MANAGER

Superficie brute : _____
Nombre de travailleurs (quart principal) : _____
Longueur des présentoirs : _____
Nombre de caisses enregistreuses : _____
Nombre d'ordinateurs : _____

EXTRANTS DE PORTFOLIO MANAGER

Cote ENERGY STAR : _____
IE du site : _____
IE à la source : _____
IE médiane de la propriété : _____

CIBLES

Cote ENERGY STAR cible : _____
IE du site cible : _____

Commerces alimentaires – Questionnaire sur les possibilités

CxBE	Amélioration de l'éclairage	Réduction des charges supplémentaires	Amélioration des systèmes de distribution de l'air	Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement
Intérieur	Charges électriques et équipements	Unités de toit		
<input type="checkbox"/> Les calendriers de contrôle de l'éclairage et d'occupation correspondent-ils? [page 11]	<input type="radio"/> Les lampes ou les luminaires existants ont-ils été remplacés par des lampes DEL? [page 22]	<input type="radio"/> L'équipement est-il éteint lorsqu'il n'est pas requis? [page 25]	<input type="radio"/> Des diffuseurs d'air à jets rotatifs à haute induction ont-ils été installés dans les aires de vente au détail? [page 41]	<input type="radio"/> Une purge manuelle est-elle effectuée régulièrement durant la saison de refroidissement? [page 55]
<input type="checkbox"/> Le système de traitement de l'air fonctionne-t-il selon un calendrier? [page 10]	<input type="radio"/> Les panneaux Sortie à éclairage incandescent ont-ils été remplacés par des panneaux à DEL? [page 22]	<input type="radio"/> L'équipement ENERGY STAR est-il utilisé, s'il y a lieu? [page 25]	<input type="radio"/> Le chauffage a-t-il été éliminé des vestibules d'entrée? [page 41]	<input type="radio"/> Les registres d'air extérieur sont-ils fermés lors du réchauffement matinal durant la saison de chauffage? [page 55]
<input type="checkbox"/> Les points de consigne de températures de zones sont-ils abaissés ou rehaussés durant les heures d'inoccupation? [page 11]	<input type="radio"/> Les interrupteurs muraux installés dans les pièces cloisonnées ont-ils été remplacés par des capteurs d'occupation et d'inoccupation? [page 23]	<input type="radio"/> Un programme de sensibilisation des employés à la consommation d'énergie a-t-il été mis en œuvre? [page 27]	<input checked="" type="radio"/> Est-ce qu'il y a un système de VSD? [page 39]	<input checked="" type="radio"/> Le système à DAC a-t-il été converti en système à DAV avec contrôle selon la demande et un économiseur? [page 54]
<input type="checkbox"/> L'unité de toit est-elle dotée d'un économiseur en bon état pour permettre le refroidissement naturel? [page 11]	<input checked="" type="radio"/> Des contrôles de l'éclairage en fonction des sources de lumière naturelle ont-ils été installés? [page 23]	<input checked="" type="radio"/> L'équipement de cuisine a-t-il été remplacé par des appareils et accessoires à haute efficacité? [page 26]	<input checked="" type="radio"/> Le système de déshumidification à DX a-t-il été remplacé par un produit déshydratant? [page 41]	<input checked="" type="radio"/> Des contrôleurs de compresseurs ont-ils été installés sur les unités de toit pour réduire le temps de fonctionnement? [page 55]
Extérieur/parc de stationnement	Enveloppe			
<input type="checkbox"/> La température de l'air d'alimentation est-elle réinitialisée en fonction des conditions extérieures? [page 12]	<input type="radio"/> L'éclairage extérieur, des auvents de station-service et des stationnements a-t-il été remplacé par un éclairage DEL? [page 24]	<input type="radio"/> Les problèmes d'infiltration ont-ils été réglés? [page 28]		
	<input checked="" type="radio"/> Des contrôles à photocellules ou à minuteries sont-ils utilisés? [page 24]	<input checked="" type="radio"/> Un pare-air a-t-il été ajouté, ou, s'il y en avait déjà un, amélioré? [page 30]		
		<input checked="" type="radio"/> Les niveaux d'isolation du toit et des murs répondent-ils aux exigences du CNEB? [Page 31]		
		<input checked="" type="radio"/> Les portes et fenêtres ont-elles été améliorées? [page 31]		
		<input checked="" type="radio"/> Le bâtiment a-t-il un « toit blanc »? [page 36]		
		<input checked="" type="radio"/> Un vestibule a-t-il été ajouté à l'entrée principale? [page 36]		

- ☐ Le système de régulation de l'humidité a-t-il été calibré? [page 12]
- ☐ Les courroies et poulies des ventilateurs fonctionnent-elles à une tension appropriée? [page 12]
- ☐ Les capteurs des systèmes de contrôle automatique de bâtiment ont-ils été calibrés récemment? [page 12]
- ☐ Les déséquilibres entre l'air d'alimentation et l'air évacué ont-ils été corrigés? [page 13]
- ☐ A-t-on réparé l'isolation endommagée des conduits ou remplacé celle qui est manquante? [page 13]
- ☐ Les joints des conduits ont-ils été scellés pour prévenir les fuites? [page 13]
- ☐ L'origine des fuites de fluide frigorigène a-t-elle été déterminée, et les fuites colmatées? [page 13]
- ☐ Les commandes de température des présentoirs ont-elles été vérifiées et ajustées? [page 13]
- ☐ Le cycle de dégivrage a-t-il été optimisé? [page 14]

Systèmes de réfrigération

Présentoirs

- ☐ Des rideaux de nuit sont-ils utilisés sur les présentoirs ouverts à température moyenne durant les heures d'occupation? [page 44]
- ☐ Les appareils de chauffage anticondensation sont-ils contrôlés de manière à effectuer le cycle de chauffage en fonction du point de rosée? [page 44]
- ☐ L'éclairage a-t-il été remplacé par des lampes DEL? [page 45]
- ☐ Des portes ont-elles été installées sur les présentoirs à température moyenne? [page 43]
- ☐ Le dégivrage selon la demande est-il utilisé? [page 44]
- ☐ Les compresseurs ont-ils été regroupés à l'écart des aires de vente? [page 45]
- ☐ Les moteurs des ventilateurs des évaporateurs ont-ils été remplacés par des MCE? [page 46]

Chambres de réfrigération et de congélation

- ☐ Les ventilateurs sont-ils éteints lorsque les portes sont ouvertes? [page 47]
- ☐ Des portes à lanières sont-elles utilisées? [page 48]
- ☐ Les compresseurs sont-ils éteints lorsque les portes sont ouvertes? [page 48]
- ☐ Des dispositifs de fermeture de portes ont-ils été ajoutés? [page 48]
- ☐ Les dégivreurs à air sont-ils utilisés dans les chambres de réfrigération à température moyenne? [page 48]
- ☐ Les luminaires ont-ils été remplacés par des appareils à DEL? [page 48]
- ☐ L'isolation a-t-elle été améliorée? [page 46]
- ☐ Un système avancé de contrôle électrique du dégivrage est-il utilisé pour les chambres de congélation à basse température? [page 47]
- ☐ Des ventilateurs à deux vitesses ont-ils été installés sur les évaporateurs? [page 47]
- ☐ Les moteurs des ventilateurs des évaporateurs ont-ils été remplacés par des MCE? [page 47]
- ☐ Un système de refroidissement naturel a-t-il été installé? [page 47]

Systèmes de compression

- ☐ La chaleur est-elle récupérée du circuit de condensation? [page 49]
- ☐ La pression de refoulement flottante est-elle contrôlée? [page 50]
- ☐ Des DE ont-ils été installés? [page 50]
- ☐ Le système à condensation a-t-il été converti en système hybride? [page 49]
- ☐ Des ventilateurs à vitesse variable ont-ils été installés sur les condensateurs à basse température? [page 50]
- ☐ Le sous-refroidissement du réfrigérant a-t-il été incorporé aux circuits de condensation? [page 51]
- ☐ Les compresseurs ont-ils été remplacés par de nouvelles commandes et un nouvel équipement numériques? [page 51]

- ☐ Un registre d'économiseur a-t-il été ajouté? [page 55]
 - ☐ Les unités de toit âgées ont-elles été remplacées par de nouvelles unités à haute efficacité? [page 56]
- Eau chaude domestique**
- ☐ Des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit ont-ils été installés? [page 57]
 - ☐ L'eau est-elle préchauffée avec la chaleur récupérée du circuit de refroidissement? [page 57]
 - ☐ Les chauffe-eau ont-ils été remplacés par des unités à haut rendement? [page 57]
 - ☐ Les systèmes de distribution d'eau chaude à stockage ont-ils été remplacés par des systèmes à la demande? [page 58]