



Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs

Bâtiments commerciaux et institutionnels



SUPERMARCHÉS



Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs

Bâtiments commerciaux
et institutionnels

SUPERMARCHÉS

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

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

N° de cat. M144-275/5-2018F-PDF

ISSN 978-0-660-28558-0

© 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 RÉAMÉNAGEMENT ÉCOÉNERGÉTIQUE DANS LES SUPERMARCHÉS | 1 |
| Aperçu des supermarchés | 2 |
| Appel à l'action | 2 |
| Possibilités et défis | 3 |
| Profil de consommation d'énergie | 5 |
| Progression du projet | 6 |
| Commissioning des bâtiments existants | 7 |
| Mise à niveau du système d'éclairage | 12 |
| Remplacement direct comparativement aux rénovations personnalisées. | 13 |
| Espace de vente | 14 |
| Entrepôt et aires réservées au personnel | 21 |
| Éclairage pour l'extérieur et le stationnement | 25 |
| Réduction supplémentaire de la charge | 26 |
| Charges électriques et équipement | 26 |
| Enveloppe du bâtiment | 29 |
| Amélioration des systèmes de distribution de l'air | 39 |
| Redimensionnement et remplacement de l'équipement de chauffage et de climatisation | 45 |
| Systèmes de réfrigération | 46 |
| Unités de toit | 55 |
| Chauffage d'entrepôts | 60 |
| Chauffe-eau domestique | 62 |
| L'ÉPICERIE KUDRINKO'S : UNE ÉTUDE DE CAS | 65 |
| LIGNES DIRECTRICES POUR L'ANALYSE DE RENTABILITÉ | 73 |
| Méthodologie de l'analyse de rentabilité | 73 |
| Exemples de mesures | 74 |
| Amélioration du système d'éclairage | 74 |
| Réduction de la charge supplémentaire | 76 |
| Redimensionnement et remplacement des appareils de chauffage et de réfrigération | 77 |
| MON INSTALLATION | 80 |

Figures

| | |
|--|----|
| Figure 1. Consommation d'énergie par sous-secteur commercial ou institutionnel..... | 2 |
| Figure 2. Consommation énergétique par source d'énergie..... | 5 |
| Figure 3. Consommation énergétique par utilisation finale..... | 5 |
| Figure 4. Isolant de conduit de système CVCA..... | 11 |
| Figure 5. Éclairage commercial de très grande hauteur..... | 16 |
| Figure 6. Coupole zénithale scellée..... | 19 |
| Figure 7. Puits à lumière tubulaire..... | 19 |
| Figure 8. Éclairage d'entrepôt..... | 21 |
| Figure 9. Éclairage à DEL d'aire de stationnement..... | 25 |
| Figure 10. Transmission de la chaleur par l'enveloppe du bâtiment..... | 29 |
| Figure 11. Repérage d'une fuite de chaleur autour d'une fenêtre grâce à l'imagerie infrarouge..... | 31 |
| Figure 12. Porte à grande vitesse..... | 35 |
| Figure 13. Sas de protection de quai..... | 35 |
| Figure 14. Caractéristiques d'une fenêtre écoénergétique..... | 36 |
| Figure 15. Rendement thermique des gaz de remplissage..... | 37 |
| Figure 16. Ventilation de cuisine contrôlée selon la demande..... | 42 |
| Figure 17. Présentoirs de supermarché..... | 47 |
| Figure 18. Chambre de réfrigération..... | 50 |
| Figure 19. Compresseurs de réfrigération..... | 52 |
| Figure 20. Unité de toit typique..... | 55 |
| Figure 21. Radiateur infrarouge..... | 60 |
| Figure 22. Martha et Neil Kudrinko..... | 65 |
| Figure 23. Présentation de produits alimentaires..... | 71 |

Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Recommandations en matière d'éclairage lumineux pour les commerces de détail..... | 14 |
| Tableau 2. Produits certifiés ENERGY STAR..... | 28 |
| Tableau 3. Rendement du compresseur classique comparativement au numérique..... | 54 |
| Tableau 4. Évolution des normes d'efficacité relatives aux unités de toit..... | 56 |
| Tableau 5. Données sur les émissions provenant de la consommation électrique de l'épicerie Kudrinko's..... | 70 |
| Tableau 6. Données sur les émissions totales du bâtiment de Kudrinko's..... | 70 |

POSSIBILITÉS DE RÉAMÉNAGEMENT ÉCOÉNERGÉTIQUE DANS LES SUPERMARCHÉS

1 PARTIE

Le module sur les supermarchés vient compléter les démarches de réaménagement écoénergétique décrites dans le module sur les principes directeurs. Le présent module, qui devrait être vu comme un document d'accompagnement au module sur les principes directeurs, aborde les stratégies, les priorités et les possibilités propres aux supermarchés.

Le module sur les supermarchés compte quatre sections :

- 1. Possibilités de réaménagement dans les supermarchés :** Cette section présente un aperçu des supermarchés canadiens. Ses sous-sections présentent de l'information de base sur chaque étape des travaux de réaménagement ainsi que les mesures écoénergétiques essentielles.
- 2. Étude de cas :** L'étude de cas met en valeur la réussite d'un projet de réaménagement écoénergétique d'envergure.
- 3. Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité :** Cette section présente des renseignements au sujet des coûts et des avantages des mesures écoénergétiques particulières associées à des exemples de travaux de réaménagement.
- 4. Mon installation :** Cette section détachable comprend un questionnaire sur les possibilités de réaménagement écoénergétique qui vous aidera à repérer les possibilités de réaménagement dans votre établissement.

DIRECTIVES SUR LES
RÉAMÉNAGEMENTS
ÉNERGÉTIQUES
MAJEURS : PRINCIPES

SUPERMARCHÉS

Les supermarchés peuvent être des bâtiments indépendants, des marchés à ciel ouvert, ou situés dans des centres commerciaux linéaires ou fermés. La surface de plancher comprend toutes les aires fonctionnelles, comme les cuisines, les salles de repos des employés, les entrepôts réfrigérés et non réfrigérés, les bureaux, les escaliers, les atriums et les entrées.

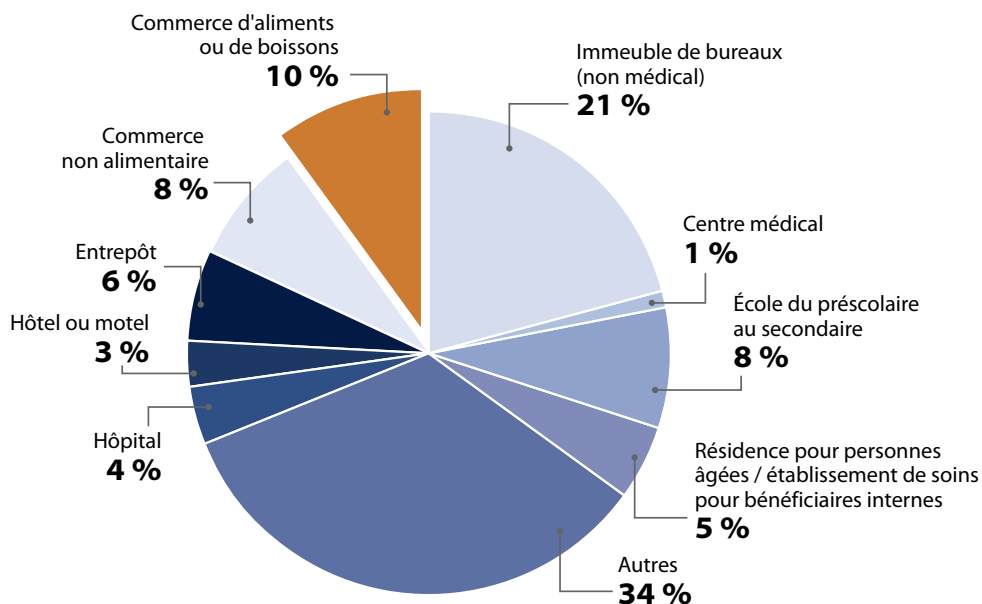
1 PARTIE

Aperçu des supermarchés

Appel à l'action

Les bâtiments commerciaux et institutionnels représentent environ un huitième de l'énergie consommée au Canada¹. On prévoit que l'ensemble des immeubles commerciaux affichera une croissance de plus de 60 % au cours des 20 prochaines années; et on s'attend à ce que 40 % des bâtiments existants soient rénovés durant la même période².

Figure 1. Consommation d'énergie par sous-secteur commercial ou institutionnel



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

La figure 1 illustre que, dans le sous-secteur des bâtiments commerciaux et institutionnels, les magasins d'aliments et de boissons arrivent au deuxième rang parmi les plus importants consommateurs d'énergie, représentant 10 % de la consommation d'énergie totale. Ce sous-secteur est divisé en deux catégories : les supermarchés et les magasins d'aliments (le présent module se concentrant sur la première catégorie).

Les propriétaires de supermarchés comprennent qu'ils doivent offrir un environnement invitant à leurs clients, tout en maintenant des conditions idéales pour la vente de produits alimentaires³. Heureusement, il existe de nombreuses

¹ Ressources naturelles Canada. 2013. *Guide de données sur la consommation d'énergie, 1990 à 2010*.

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

³ ASHRAE. 2015. *Advanced Energy Design guide for Grocery Stores*.

1 PARTIE

façons d'améliorer l'environnement à la fois pour les clients et la marchandise tout en optimisant l'efficacité énergétique. Par exemple, les contrôles de la température et de l'humidité doivent être réglés selon des valeurs de consigne précises afin de préserver la qualité et l'apparence des fruits et légumes tout en prévenant la condensation dans les présentoirs réfrigérés. Comme nous l'indiquons plus loin dans ce module, le réétalonnage du système de contrôle de l'humidité et l'installation d'un système de déshumidification par dessiccant pourraient améliorer les conditions dans votre établissement et vous permettre d'économiser de l'énergie.

Les supermarchés consomment beaucoup d'énergie, en partie en raison de leurs importantes charges frigorifiques et toute occasion de réaliser même une faible économie d'énergie pourrait influencer visiblement sur la consommation énergétique totale du bâtiment. Le présent module présente de nombreuses façons d'optimiser le rendement énergétique des présentoirs réfrigérés et des congélateurs-chambres.

Un autre aspect propre aux supermarchés concerne la chaleur qui peut être récupérée des compresseurs frigorifiques. Afin de maintenir les conditions de conservation des aliments dans les présentoirs et entrepôts réfrigérés, ces systèmes doivent fonctionner en permanence, et dégagent par conséquent une quantité importante de chaleur. Dans de nombreux établissements, il est possible de récupérer l'énergie de cette charge énergétique essentielle, mais importante, et de l'utiliser pour combler en partie la demande de chauffage de l'espace ou du chauffe-eau.

En adoptant une stratégie éprouvée en matière d'amélioration écoénergétique, en commençant par une évaluation comparative à l'aide de l'outil ENERGY STAR Portfolio Manager, il est possible d'améliorer le résultat net de votre établissement.

Possibilités et défis

Les avantages financiers associés aux bâtiments écoénergétiques sont largement reconnus. L'énergie constitue l'une des dépenses les plus faciles à contrôler, et peut facilement être réduite sans nuire à vos activités. De plus en plus d'organisations investissent dans des systèmes écoénergétiques afin d'améliorer l'environnement de leurs employés et de leurs clients, d'optimiser tant le rendement du bâtiment que le rendement financier, de réduire les coûts énergétiques et pour démontrer leur engagement envers la durabilité.

De nombreuses raisons pourraient vous inciter à entreprendre des rénovations d'envergure dans votre établissement. Il est possible que vos clients se plaignent davantage de la température dans les rayons des produits congelés ou du manque d'aliments préparés offerts dans votre magasin. Il se peut que les infrastructures de votre bâtiment, ou que des biens d'équipement importants, comme vos systèmes frigorifiques ou votre toit, pourraient approcher la fin de leur vie utile. Vous pourriez aussi avoir des problèmes sur le plan du contrôle de votre équipement (p. ex., si vous devez contrôler individuellement de nombreuses unités de toit) ou éprouver

Repérez les éléments importants dans votre établissement qui méritent d'être réaménagés afin d'optimiser le calendrier de vos travaux et d'incorporer l'efficacité énergétique à la planification de vos dépenses en capital. Pour de plus amples renseignements, consultez la section 2 du module sur les principes directeurs.

Vous devriez également envisager de satisfaire (idéalement de surpasser) aux exigences minimales relatives au rendement énoncées dans la dernière version du *Code national de l'énergie pour les bâtiments* (CNÉB).

1 PARTIE

des problèmes de fonctionnement attribuables à des travaux d'entretien ayant été retardés. Des ajouts isolés ou des modifications importantes à l'organisation spatiale pourraient également entreprendre des travaux de rénovation.

Possibilités

Les économies d'énergie sont l'un des principaux avantages que peut procurer un projet de réaménagement. En raison de la mince marge bénéficiaire dans l'industrie, une économie d'énergie de 1 \$ équivaut généralement à une croissance des ventes de l'ordre de 50 \$⁴. Une réduction de votre consommation énergétique réduit également votre vulnérabilité aux fluctuations du prix de l'énergie tout en diminuant vos émissions de gaz à effets de serre.

Dans certains cas, la valeur actualisée nette des actifs et des frais d'exploitation d'un nouveau système de réfrigération écoénergétique est inférieure aux frais d'exploitation continus d'un système inefficace. Par exemple, l'installation de nouveaux présentoirs réfrigérés peut entraîner une réduction considérable des besoins de chauffage des locaux et sur le plan de la capacité du compresseur et du condenseur de refroidissement.

Au-delà des économies en énergie, les rénovations écoénergétiques importantes améliorent souvent l'image de l'entreprise et de la collectivité dans laquelle elle exerce ses activités. Les supermarchés font partie intégrante de chaque collectivité et peuvent entreprendre des changements pour améliorer leur apport à titre de citoyens de leurs communautés. Par exemple, l'atténuation de l'éclairage extérieur et le fonctionnement réduit des équipements lorsqu'ils ne sont pas nécessaires permettent respectivement de réduire la pollution lumineuse et sonore.

Défis

Les rénovations écoénergétiques dans les supermarchés peuvent poser diverses difficultés :

- Environnements intérieurs uniques : Après les frais de main-d'œuvre⁵, les dépenses énergétiques élevées représentent la portion la plus importante des coûts d'exploitation de la plupart des supermarchés. Une des raisons que les dépenses énergétiques des supermarchés sont généralement si importantes revient au fait que ces établissements doivent contrôler rigoureusement la température et l'humidité du magasin de manière à offrir un environnement invitant à leurs clients tout en réduisant les pertes et en satisfaisant aux exigences relatives à la salubrité.
- Variation de l'offre de produits : Les tendances en matière de présentation des marchandises incitent les supermarchés à consommer encore plus d'énergie que par le passé, alors que les magasins offrent davantage de produits frais, les rayons de produits congelés sont plus vastes et la demande pour des aliments préparés augmente.

⁴ Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008. *ENERGY STAR® Building Upgrade Manual*.

⁵ Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008. *ENERGY STAR® Building Upgrade Manual*.

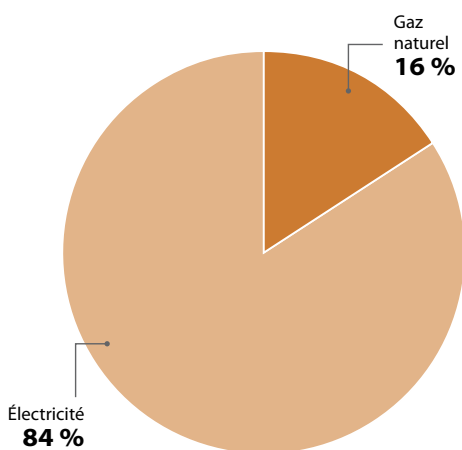
1 PARTIE

- **Accès à des capitaux :** La concurrence pour le financement représente un véritable défi pour les supermarchés, 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 rénovation 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.

Profil de consommation d'énergie

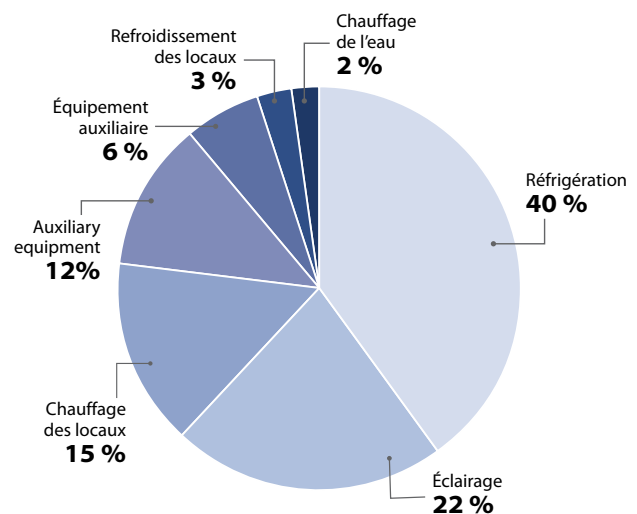
Lors de la planification de votre important projet de rénovation, tenez compte du profil de consommation d'énergie d'un supermarché canadien typique. Même si les profils de consommation d'énergie varient en fonction des services offerts sur place, l'exemple ci-dessous peut vous offrir une idée générale de votre consommation énergétique.

Figure 2. Consommation énergétique par source d'énergie



Données IBE et écoÉNERGIE (Ressources naturelles Canada)

Figure 3. Consommation énergétique par utilisation finale



Données IBE et écoÉNERGIE (Ressources naturelles Canada)

1 PARTIE

Remarque : Un gigajoule (GJ) correspond à 278 équivalents kilowattheure (ekWh), ou au contenu énergétique d'environ 27 mètres cubes (m³) de gaz naturel.

Pour de nombreux types de bâtiments commerciaux et institutionnels, y compris les supermarchés, l'outil ENERGY STAR Portfolio Manager fournit une cote ENERGY STAR sur une échelle de 1 à 100 du rendement énergétique en comparaison par rapport à des bâtiments similaires.

Une cote ENERGY STAR est un aperçu du rendement énergétique de votre bâtiment. En revanche, la cote même n'explique pas le rendement d'un bâtiment, ni comment l'améliorer. Elle vous permet cependant d'évaluer le rendement de votre bâtiment en comparaison avec des bâtiments du même type et de repérer quels établissements de votre parc immobilier présentent les meilleures possibilités d'amélioration.

La figure 2 répartit la consommation d'énergie selon la source d'énergie. Dans cet exemple, l'électricité fournit plus de 80 % des besoins énergétiques de l'établissement. La figure 3 présente une répartition de la consommation d'énergie en fonction de son utilisation finale. La réfrigération représente généralement l'utilisation la plus énergivore, et est suivie de l'éclairage, du chauffage des locaux et du fonctionnement des équipements auxiliaires (p. ex., équipement de restauration, autres charges, équipement informatique).

Sur le plan de l'intensité énergétique par emplacement pour les supermarchés canadiens, la médiane nationale est de 3,1 GJ par mètre carré⁶. C'est-à-dire que la moitié des supermarchés canadiens consomment plus de 3,1 GJ par mètre carré, et l'autre moitié en consomme moins. Alors que la médiane de l'intensité énergétique par emplacement peut s'avérer un indicateur utile à des fins de comparaison, il faut noter que l'intensité énergétique peut varier énormément d'un supermarché à l'autre. Cette variation dépend des conditions météorologiques, des caractéristiques propres à l'établissement et à ses activités (notamment en ce qui concerne le nombre d'employés présents pendant le quart de travail principal, le nombre de caisses enregistreuses, le nombre d'ordinateurs et la taille des présentoirs réfrigérés ou congelés)⁷.

Les gestionnaires des installations dans les supermarchés sont invités à réaliser des analyses comparatives et à faire le suivi de leur rendement énergétique en utilisant l'ENERGY STAR Portfolio Manager, le seul outil normalisé d'analyse comparative du rendement énergétique au Canada, et le plus complet. Les analyses comparatives vous permettent de comparer votre consommation d'énergie actuelle à votre rendement antérieur ou au rendement de bâtiments semblables. Les résultats de ces analyses fournissent des données de base pour évaluer l'effet des travaux de réaménagement effectués pour améliorer l'efficacité énergétique et les économies d'eau; ils servent également de source de motivation puissante pour l'optimisation de la performance énergétique.

Progression du projet

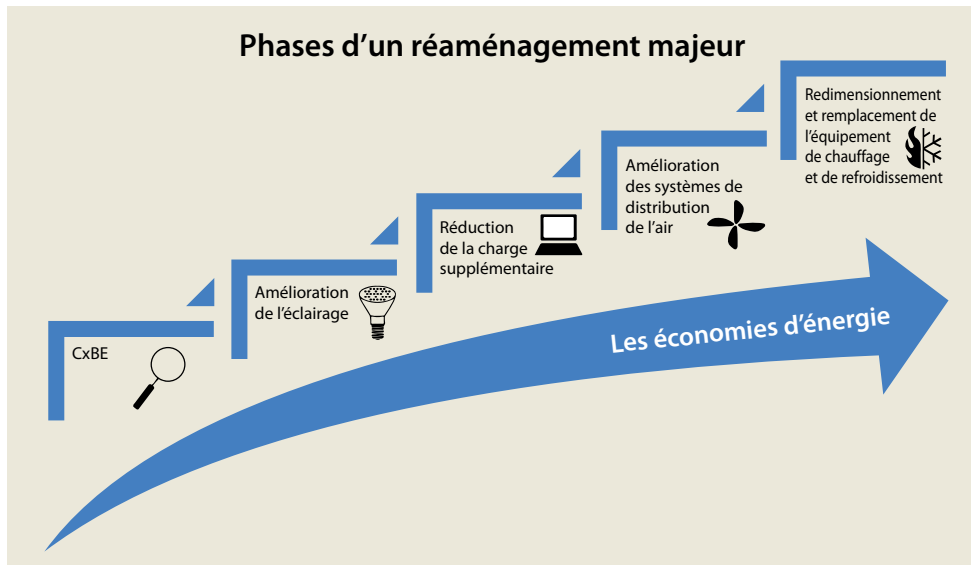
Comme l'énoncent les principes directeurs, l'approche par étapes est la manière la plus efficace d'effectuer des travaux de réaménagement importants destinés à optimiser le rendement énergétique.

Chaque étape comprend des modifications qui auront des répercussions sur les travaux entrepris aux étapes ultérieures, de manière à maximiser les économies énergétiques et financières.

⁶ Environmental Protection Agency des États-Unis. 2014. *Intensité énergétique par type de propriété au Canada*.

⁷ Environmental Protection Agency des États-Unis. 2015. *Cote ENERGY STAR pour les supermarchés et les commerces alimentaires au Canada*.

1 PARTIE



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

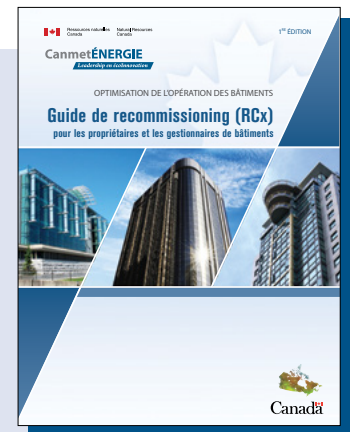
Commissioning des bâtiments existants

Le commissioning (ou mise en service optimale des systèmes électromécaniques) figure parmi les premières étapes en vue de l'amélioration du rendement énergétique d'un bâtiment existant. Les résultats sur le terrain ont montré qu'il peut permettre des économies d'énergie de 5 à 20 %, avec une période de rentabilisation de deux ans ou moins⁸.

Les économies résultant de la mise en service sont issues de l'optimisation du fonctionnement du bâtiment et de la restructuration des procédures d'entretien. Le *Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments*⁹ de Ressources naturelles Canada explique comment réduire les dépenses et accroître les revenus grâce à l'optimisation du fonctionnement du bâtiment.

Nous avons expliqué à la section 1 sur les principes directeurs comment un programme de mise en service comportait quatre étapes : évaluation, étude, mise en œuvre et transfert.

Durant les étapes d'évaluation et d'étude, un relevé détaillé est effectué des systèmes existants (consignant notamment la configuration et la séquence des activités). Il est en résulte un recueil de connaissances opérationnelles et une liste des mesures à prendre pour corriger les failles.



Pour en savoir plus sur le commissioning des bâtiments existants, consultez le **Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments** de RNCAN. Vous y apprendrez comment réduire vos dépenses et augmenter votre revenu grâce à un fonctionnement amélioré des bâtiments.

⁸ 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.

⁹ 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

Durant la mise en œuvre, les failles sont corrigées et les économies possibles qui ont été repérées au cours des étapes d'évaluation et d'étude peuvent être instaurées. Les travaux effectués à cette étape ont pour but de s'assurer que tous les contrôles des systèmes, des équipements et du bâtiment sont configurés adéquatement et que leur fonctionnement est optimal.

Les mesures décrites ci-dessous représentent certaines des améliorations caractéristiques d'une mise en service typique. Ces améliorations sont basées sur les systèmes que l'on retrouve normalement dans un supermarché, comme les unités de chauffage, ventilation et climatisation de toiture (CVCA) à volume constant et zone unique. Pour des améliorations optimales des systèmes, il est important que toutes les mesures soient mises en services convenablement¹⁰.

Liste des mesures de CxBE

- ✓ Confirmer la correspondance de l'horaire de contrôle de l'éclairage
- ✓ Confirmer que l'horaire du système de traitement de l'air correspond à l'occupation du bâtiment
- ✓ Employer une remise du 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 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 afin de prévenir les fuites
- ✓ Déterminer l'origine des fuites de réfrigérant et les colmater
- ✓ Vérifier et régler les contrôles de température des présentoirs.
- ✓ Optimiser le cycle de dégivrage.
- ✓ Inspecter les systèmes de récupération de chaleur

¹⁰ La norme Z320-F11 de l'Association canadienne de normalisation fournit des lignes directrices sur la mise en service des bâtiments et de tous les systèmes afférents, et a été mise au point afin de traiter les bâtiments et leurs principaux systèmes comme un tout plutôt que comme des composantes individuelles. Elle peut être appliquée tant aux nouvelles constructions qu'aux travaux de rénovation d'installations ou de bâtiments existants. <http://shop.csa.ca/fr/canada/building-systems/z320-11-/invnt/27032582011>.

1 PARTIE

- **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 possibilité de réduction des heures de fonctionnement en diminuant ou en éliminant les activités après les heures normales d'ouverture (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.
- **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. Vérifier 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 incorrects¹¹.

Exemple concret : Thrifty Foods

Thrifty Foods a adopté une variété de mesures écoénergétiques, notamment l'emploi de nouvelles lampes DEL, l'installation d'un système de récupération de la chaleur de l'eau chaude, l'ajout de contrôles numériques pour l'équipement de CVCA et l'installation de présentoirs frigorifiques plus efficaces. Depuis 2010, l'entreprise a réduit sa consommation d'énergie de 18 %.

Source : BC Hydro, <https://www.bchydro.com/news/conservation/2013/thrifty-foods.html> (en anglais seulement)

¹¹ New Buildings Institute, *Review of Recent Commercial Roof To Unit Field Studies in the Pacific Northwest and California*, 8 octobre 2004. [http://rtf.nwcouncil.org/NWPCC_SmallHVAC_Report\(R3\)Final.pdf](http://rtf.nwcouncil.org/NWPCC_SmallHVAC_Report(R3)Final.pdf) (en anglais seulement).

1 PARTIE

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 un consommation d'énergie accrue, attribuable au fonctionnement du ventilateur, au refroidissement et au chauffage.

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 kWh¹².

- **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 occupants¹³. Par ailleurs, maintenir l'humidité relative entre 40 % et 45 % permet de réaliser des économies de 10 % à 15 % sur l'exploitation des présentoirs¹⁴.
- **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 %¹⁵. 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 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.

¹² Taylor, S. and Cheng, C. « Why Enthalpy Economizers Don't Work ». *ASHRAE Journal*. Novembre 2010. http://www.nxtbook.com/nxtbooks/ashrae/ashraejournal_201011/index.php?startid=79 (en anglais seulement).

¹³ 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 %.

¹⁴ *Supermarket Application & Product Guide*, Munters Corporation, www.munters.us (en anglais seulement).

¹⁵ Stamper, Koral. *Handbook of Air Conditioning, Heating and Ventilating*.

1 PARTIE

- **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.
- **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 conduites 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 supermarchés, 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 d'air par le vide du plafond.
- **Déterminer l'origine des fuites de réfrigérant et les colmater :** Les systèmes frigorifiques des supermarchés renferment généralement 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 année¹⁶. 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 frigorifiques étanches dans le document *Best Practices Guideline : Ensuring Leak-Tight Installations of Refrigeration Equipment* mis au point par GreenChill¹⁷.

Figure 4. Isolant de conduit de système CVCA



Le nettoyage régulier des surfaces de l'évaporateur et des serpentins du condenseur dans le cadre de l'entretien continu du système de réfrigération est une bonne habitude à adopter.

¹⁶ http://www.epa.gov/greenchill/downloads/EPASupermarketReport_PUBLIC_30Nov05.pdf (en anglais seulement).

¹⁷ <http://www.epa.gov/greenchill/downloads/LeakGuidelines.pdf> (en anglais seulement).

1 PARTIE

Répercussions des mises à niveau du système d'éclairage intérieur sur le système de CVCA

Les systèmes d'éclairage ne convertissent qu'une partie de l'électricité qu'ils consomment en éclairage utile; ce qui reste est libéré sous forme de chaleur. Toute mise à niveau du système d'éclairage qui entraîne une réduction de la puissance consommée entraîne également une réduction de la chaleur dont doit se débarrasser le système de CVCA.

Toutefois, bien que cette diminution réduise les besoins en matière de climatisation en été, elle réduit également la chaleur disponible en hiver. Les effets particuliers d'une mise à niveau sur un bâtiment donné peuvent être déterminés au moyen d'une simulation par ordinateur. Dans l'ensemble, l'installation d'un système d'éclairage écoénergétique constitue une mesure efficace pour réduire la demande électrique en période de pointe, la consommation énergétique et les coûts associés aux services publics.

- **Vérifier et régler les contrôles de température des présentoirs :** Le réglage des thermostats à des températures de consigne inutilement basses force les compresseurs à travailler davantage pour maintenir la température à l'intérieur du présentoir. Vérifier et respecter les politiques relatives aux températures de consigne propres au type de réfrigération employé et au climat requis dans la zone. Collaborer avec un expert en gestion de l'énergie et en contrôle de la réfrigération, de sorte que les températures de consigne définies soient conformes en tout temps aux régulations relatives à la salubrité des aliments.
- **Optimiser le cycle de dégivrage :** Une quantité considérable d'énergie est nécessaire au dégivrage des évaporateurs des présentoirs réfrigérés. Il existe plusieurs méthodes de dégivrage :
 - ▶ Interruption de l'écoulement du fluide frigorigène vers l'évaporateur
 - ▶ Convecteurs à résistance électrique
 - ▶ Dégivrage par gaz chauds (les vapeurs du fluide frigorigène à température élevée provenant des émissions du compresseur sont redirigées dans l'évaporateur)

Le dégivrage réchauffe les présentoirs réfrigérés et le système de réfrigération doit donc les refroidir à nouveau à la fin du cycle de dégivrage. Les cycles de dégivrage réduisent la durée de vie des aliments et doivent donc être limités au minimum.

Le plus souvent, les cycles de dégivrage sont programmés tous les six à huit heures et définis par la température, avec une commande horaire de sécurité intégrée. Le contrôle de la température définit la durée du cycle; s'il est adéquatement programmé, il peut entraîner des économies d'énergie. Un rapport publié par l'ASHRAE indique que les dégivreurs électriques peuvent représenter jusqu'à 25 % de la consommation énergétique totale des présentoirs réfrigérés¹⁸.

- **Inspecter les systèmes de récupération de chaleur :** Le cas échéant, vérifier que les conditions de fonctionnement des échangeurs de chaleur du circuit du condenseur frigorifique correspondent aux paramètres de conception afin d'en optimiser le rendement.

Mise à niveau du système d'éclairage

L'éclairage accapare plus de 20 % de l'énergie consommée par les supermarchés canadiens. Ses besoins en électricité et la chaleur résiduelle qu'il produit influent même sur les autres systèmes du bâtiment. La mise à niveau du système d'éclairage, avec l'adoption de sources lumineuses, d'appareils et de commandes écoénergétiques, entraîne une réduction de la consommation d'énergie, améliore l'environnement visuel et peut même avoir une incidence sur les dimensions des systèmes électriques et du CVCA à mettre en place.

¹⁸ Meij, 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

Les mises à niveau du système d'éclairage représentent souvent des investissements dignes d'intérêt, avec des dépenses initiales relativement faibles et une courte période de rentabilisation. Même de légères améliorations peuvent réduire de 10 à 85 %¹⁹ la consommation d'énergie du système d'éclairage tout en améliorant l'expérience du client. Étant donné que les densités de puissance d'éclairage (DPE) des codes antérieurs sont au moins deux fois plus élevées que les DPE prescrites de nos jours, une économie d'environ 50 % peut être réalisée sans l'adoption de mesures additionnelles.

Remplacement direct comparativement aux rénovations personnalisées

Les rénovations par remplacement direct ne nécessitent que peu d'analyse et, comme le nom l'indique, se résument au remplacement de chaque source lumineuse ou dispositif de commande par un autre. Par exemple, une nouvelle lampe à diode électroluminescente (DEL) de 11 W peut remplacer une lampe à incandescence halogène de type MR16 de 50 W.

Par contre, les rénovations personnalisées exigent une analyse et une conception personnalisée qui feront en sorte que l'organisation de l'éclairage et les stratégies de commande répondront aux besoins des occupants du bâtiment et produiront une expérience client agréable. La conception de l'éclairage doit examiner des aspects importants comme les rapports de luminance, les reflets et la qualité des couleurs, en plus du nombre de luminaires nécessaires. Il faut également consulter le CNEB afin de s'assurer que les DPE maximales ne soient pas dépassées.

Les principes suivants s'appliquent à l'apport de modifications à un système d'éclairage déjà en place :

- Organisez l'éclairage conformément aux principes décrits dans les normes de l'IESNA (Illuminating Engineering Society of North America).
- Assurez-vous que les DPE sont égales ou inférieures à celles qui sont prescrites dans le CNEB.
- Employez la source lumineuse la plus efficace pour une utilisation donnée. L'efficacité et la qualité de la couleur des luminaires DEL évoluent rapidement et sont en voie de devenir la meilleure option de remplacement pour les luminaires à incandescence, les tubes fluorescents et les lampes à décharge à haute intensité.
- Recourez autant que possible à la lumière naturelle, mais évitez l'ensoleillement direct, car celui-ci amène des problèmes d'éblouissement. Installez des dispositifs de commande qui ajustent l'utilisation des lampes électriques en fonction de l'ensoleillement.
- Employer des dispositifs de commande automatisés pour éteindre ou tamiser les lumières comme il convient.

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.

¹⁹ 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>.

1 PARTIE

- Planifier et réaliser la mise en service de tous les systèmes d'éclairage afin d'assurer que le rendement répond aux besoins. Planifier une optimisation des systèmes de manière périodique.

Tableau 1. Recommandations en matière d'éclairage lumineux pour les commerces de détail

| Application et destination | Niveau d'éclairage visé (lux) ²⁰ |
|----------------------------|---|
| Commerce général | 500 ²¹ |
| Expédition et organisation | 300 |
| Entrepôts | 300 |

Les mesures de l'éclairage sont abordées selon les trois environnements d'un supermarché typique : l'espace de vente, l'entrepôt et les aires réservées au personnel, ainsi que l'extérieur et le stationnement.

Espace de vente

L'éclairage d'un commerce est conçu pour attirer les clients, fournir suffisamment de lumière pour l'évaluation des marchandises et faciliter les ventes. De plus, l'éclairage peut constituer un élément clé de l'ambiance d'un magasin et aide à communiquer l'image de marque du détaillant.

Conquête de la clientèle et accent sur les produits

Une fois que les clients sont entrés dans le magasin, l'éclairage est utilisé pour diriger leur attention vers les présentoirs de produits. Les êtres humains présentent des propriétés phototropes, c'est-à-dire que leurs mouvements peuvent être contrôlés par le placement intentionnel de l'éclairage, tout comme un papillon de nuit est attiré par la lumière. En plus de diriger les gens vers les présentoirs de produits, l'éclairage est aussi utilisé pour contrôler l'achalandage d'une façon particulière.

Ambiance et image de marque

Les détaillants en alimentation utilisent l'éclairage non seulement pour vendre leurs produits, mais aussi pour créer une ambiance qui reflète leur image de marque :

- Les détaillants qui vendent des produits haut de gamme ou exclusifs et qui offrent des services spécialisés mettront l'accent sur un éclairage qui reflète leur image. Les sources d'illumination chaudes qui produisent un niveau d'éclairage ambiant faible et l'éclairage d'accentuation à haute intensité sont souvent combinés pour créer une ambiance agréable qui incite les clients à butiner et à passer plus de temps dans le magasin, ce qui les amène généralement à dépenser davantage.

Il est nécessaire d'installer les **principaux appareils d'éclairage** dans les surfaces de vente de façon à permettre une circulation fluide à travers les allées et près des caisses, à la sortie de l'établissement. Cette installation est généralement effectuée au moyen d'un système d'éclairage fixe, tel qu'un tracé des luminaires fluorescents ou à haute intensité suspendus au plafond.

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

²¹ Les niveaux pour les commerces de détail en général peuvent varier en fonction du type de marchandise et du degré d'éclairage de présentation ou d'accentuation.

1 PARTIE

- Les détaillants qui favorisent les bas prix et un large éventail de marchandises utiliseront plutôt des systèmes d'éclairage de base avec des niveaux de luminosité uniformes et des températures de couleur froides. Ce type d'éclairage envoie le message aux clients qu'ils bénéficient des meilleures offres et que le prix qu'ils paient ne reflète pas des coûts indirects élevés du détaillant.

Réflectance des surfaces intérieures

L'efficacité de l'éclairage dépend beaucoup de la réflectance des surfaces intérieures, telles que les murs, les plafonds, les planchers, les étagères et la marchandise. La lumière ne sera pas réfléchiée dans la même mesure sur un mur ou un plafond noir ou de couleur foncée que sur un mur blanc. Par exemple, un local avec deux murs bruns et deux murs blancs peut nécessiter six luminaires pour atteindre les niveaux d'éclairage souhaités. Toutefois, le même local avec quatre murs blancs pourrait n'avoir besoin que de quatre luminaires. Garder à l'esprit que les surfaces brillantes seront plus éblouissantes que les finis mats (que la couleur soit pâle ou foncée) et qu'elles refléteront également la lumière, tandis que la marchandise et les contenants de couleur foncée absorberont la lumière.

Éclairage et 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.

L'éclairage des présentoirs ou d'accentuation

est conçu pour attirer les clients et faciliter l'évaluation des produits. L'éclairage d'accentuation nécessite plus de lumière (au moins cinq fois plus) que les aires environnantes pour créer un contraste selon la texture et la couleur de la marchandise présentée.

Les systèmes d'éclairage des présentoirs et d'accentuation doivent être modulables, comme un système d'éclairage sur rail, pour s'adapter aux besoins changeants de l'éclairage des présentoirs. Pour assurer une conception appropriée, il faut porter une attention particulière lors de la mise au point du système d'éclairage en vue de minimiser l'éblouissement direct ou réfléchi vers les yeux des clients.

1 PARTIE

Technologies pour l'éclairage de très grande hauteur et de faible hauteur

Les bâtiments commerciaux avec des plafonds ouverts de plus de 6,1 m de haut sont considérés de très grande hauteur et ceux de moins de 6,1 m de haut sont considérés comme étant de faible hauteur.

Figure 5. Éclairage commercial de très grande hauteur



L'éclairage commercial de très grande hauteur prend traditionnellement la forme de luminaires aux halogénures métalliques (HM) à décharge à haute intensité (DHI), lesquels sont généralement munis d'un réflecteur ouvert. Les luminaires de faible hauteur peuvent également être aux HM, mais ils doivent être équipés de diffuseurs. Ces dernières années, l'éclairage standard à DHI a été remplacé par les luminaires fluorescents ou les nouvelles lampes aux HM en céramique. Encore plus récemment, des luminaires à DEL de très grande hauteur et de faible hauteur ont également fait leur apparition sur le marché. Il y a plusieurs facteurs à considérer dans le choix des luminaires :

- Flux lumineux : Le flux lumineux (en lumens) est mesuré au départ et à la moitié de la durée de vie de la lampe, c'est-à-dire au moment où elle atteint 40 % de sa durée de vie. Les luminaires aux HM émettent seulement de 65 à 80 % de leurs lumens initiaux au moment où ils atteignent la moitié de leur durée de vie et seulement 40 % de leurs lumens initiaux à la fin de leur vie. Les lampes fluorescentes conservent de 90 à 94 % de leurs lumens initiaux jusqu'à la fin de leur durée de vie (9 000 heures). Les lampes à DEL, quant à elles, conservent plus de 90 % de leur rendement après 60 000 heures²².

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

1

PARTIE

- **Efficacité du luminaire :** L'efficacité du luminaire dépend de sa conception et de sa capacité à projeter le flux lumineux disponible des lampes. La plupart des luminaires existants à DHI ont une efficacité générale entre 60 et 70 %. Les luminaires fluorescents de très grande hauteur ont des rendements supérieurs à 90 % en raison de l'excellent pouvoir réfléchissant des réflecteurs et de l'absence de diffuseurs. Il n'y a pas beaucoup de données disponibles sur l'efficacité des luminaires à DEL, car de nombreuses conceptions de DEL à flux lumineux direct n'ont pas de réflecteur ou de diffuseur. Dans bien des cas, l'efficacité du luminaire est la même que celle du panneau à DEL.
- **Cycle marche-arrêt :** La durabilité de la lampe dépend du nombre de cycles marche-arrêt et de la durée de chacun d'entre eux. La durée de vie de la lampe est plus grande lorsque l'on diminue la fréquence des cycles marche-arrêt et que l'on espace les laps de temps entre chacun d'entre eux (c'est-à-dire allumer et éteindre les lumières moins souvent au cours d'une même journée). Ce n'est pas le cas pour la technologie à DEL.

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 d'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 une rénovation 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

- **Couleur** : L'indice de rendu des couleurs (IRC) est une mesure quantitative de la justesse avec laquelle il est possible de déterminer la couleur d'un objet sous éclairage par une source lumineuse donnée, comparativement à l'éclairage naturel; plus l'indice est élevé, meilleur est le rendu des couleurs. L'IRC de l'halogénure métallique est de 65, alors que l'IRC d'une lampe fluorescente à flux élevé varie de 80 à 85. L'IRC peut dépasser 90 pour les lampes à DEL, ce qui en fait un éclairage de choix pour la précision des couleurs. Comme nous l'avons vu précédemment, l'industrie de l'éclairage à DEL évolue rapidement et de plus en plus d'options avec un IRC élevé sont en cours de développement.
- **Période de réchauffement et commutation** : Les lampes fluorescentes nécessitent généralement moins de 1,5 seconde pour se réchauffer, tandis que les lampes aux HM se réchauffent en près de 3 minutes. De même, les lampes fluorescentes se rallumeront après s'être éteintes (réamorçage) en moins de 1,5 seconde, alors que les lampes aux HM prendront environ 17 minutes. Il s'agit d'un facteur important à considérer lors de l'implémentation de stratégies en matière d'éclairage naturel et d'autres techniques de contrôle de la lumière. Par exemple, les jours où la lumière du jour est très variable, la réponse différée des luminaires aux HM pourrait causer des conditions d'éclairage défavorables. Les lampes à DEL s'allument instantanément et ne nécessitent pas de période de réchauffement.

Apport d'éclairage naturel

L'apport d'éclairage naturel exploite la lumière du jour comme source d'éclairage lumineux. Les bâtiments qui utilisent la lumière du jour (et qui peuvent donc éteindre les lumières ou diminuer l'intensité de l'éclairage) ont le potentiel de réduire leur consommation d'énergie, de diminuer la demande d'électricité aux périodes de pointe et de créer un environnement intérieur plus favorable. Cependant, une planification minutieuse est nécessaire pour pouvoir profiter des avantages potentiels d'un système d'éclairage naturel, et l'exploitation d'un tel système peut se révéler difficile pour les bâtiments existants où les fenêtres et les autres baies d'éclairage sont déjà installées.

Un système d'éclairage naturel réussi offre des avantages considérables en matière de confort et de satisfaction des occupants, d'économie d'énergie et d'augmentation des ventes dans un espace commercial. Une mauvaise conception du système d'éclairage naturel peut toutefois amener des problèmes d'éblouissement et de luminance irrégulière et, somme toute, l'insatisfaction des occupants et l'éclairage inapproprié des marchandises. Lors du réaménagement de l'éclairage, la première étape du processus devrait être la conception d'un système de lumière naturelle. La conception du système d'éclairage électrique devrait ensuite être axée sur la complémentarité de la lumière naturelle pendant la journée et la fourniture d'un éclairage lumineux approprié pendant la nuit. Les commandes d'éclairage qui réagissent aux différents niveaux de lumière du jour

1 PARTIE

en diminuant d'intensité ou en s'éteignant devraient rajuster graduellement les niveaux des lampes électriques afin que les produits continuent d'être présentés correctement et pour fournir un environnement favorable aux occupants.

Les puits de lumière permettent de faire passer la lumière naturelle sans pour autant réduire le précieux espace mural dédié à la présentation des marchandises. Pour comprendre l'impact de la lumière du jour sur les ventes au détail, une étude a été réalisée auprès d'une chaîne de détaillants de 108 magasins presque identiques. Deux tiers des magasins avaient des puits de lumière et un tiers n'en avait pas. En utilisant des luminaires fluorescents comme source d'éclairage général, les puits de lumière fournissaient deux à trois fois les niveaux d'éclairage souhaités. Les résultats de l'étude ont démontré une corrélation positive entre la présence de puits de lumière et des ventes plus élevées de 40 %²³.

Économie d'énergie de l'éclairage naturel

Une économie d'énergie peut être réalisée lorsqu'un système d'éclairage naturel bien conçu est jumelé à un système de contrôle d'éclairage adapté à la lumière du jour. Lorsque la lumière du jour seule fournit un éclairage ambiant adéquat, ce système peut contribuer à réduire la puissance d'éclairage électrique d'un bâtiment donné. D'autres avantages comprennent :

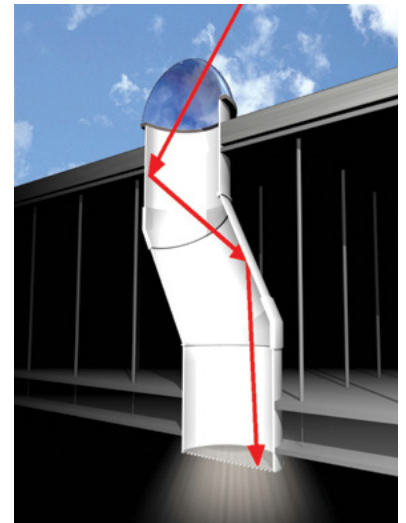
- *Une réduction des charges de refroidissement.* Comparée à l'éclairage électrique, l'énergie qui se dégage de la lumière du jour prend davantage la forme de lumière visible que de chaleur. Par conséquent, la lumière du jour peut réduire les charges de refroidissement lorsqu'elle remplace la lumière électrique. Cependant, les avantages de la lumière du jour sont plus complexes à mesurer et certains facteurs doivent être pris en compte avant d'installer un tel système, comme les pertes et les gains thermiques à travers le vitrage. Le contrôle de l'ombrage peut réduire les gains de chaleur et un vitrage approprié réduira les pertes thermiques. En général, l'exécution appropriée d'un système d'éclairage naturel bien conçu réduira les charges de refroidissement.
- *Une réduction de la demande d'électricité aux périodes de pointe.* Les bâtiments commerciaux sont particulièrement bien adaptés pour intégrer davantage l'éclairage naturel, car ils sont habituellement occupés le jour, alors que la lumière naturelle est accessible. Lorsque la lumière du jour est abondante et que les températures estivales extérieures sont élevées, l'éclairage naturel permet de réduire les charges d'électricité aux périodes de pointe grâce à la réduction de l'utilisation de systèmes de refroidissement mécaniques et de la demande en matière d'éclairage électrique. Les économies d'énergie en matière d'éclairage peuvent réduire la demande d'électricité aux périodes de pointe, même en hiver. Ainsi, les établissements réaliseront des économies mensuelles sur les coûts associés à la demande énergétique.

Figure 6. Coupole zénithale scellée



Source : Wikimedia Commons (utilisateur : Masur)

Figure 7. Puits à lumière tubulaire



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

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

1 PARTIE

Exemple concret : Stratégie d'éclairage naturel de Walmart

Depuis 1995, Walmart capture la lumière naturelle dans ses magasins grâce à des puits de lumière équipés de systèmes de gradation. Au fur et à mesure que la lumière s'intensifie pendant la journée, les lumières intérieures diminuent automatiquement d'intensité ou s'éteignent complètement. Plus de 2 000 magasins Walmart à travers le monde utilisent ce système, permettant au géant d'économiser annuellement environ 250 MWh en énergie; il consomme donc près de 25 % moins d'énergie que d'autres concurrents similaires. Grâce aux puits de lumière installés, l'intensité lumineuse moyenne est d'un peu plus de 1 076 lux (100 pieds-bougies) dans tout le bâtiment.

Source : Sunoptics, http://www.sunoptics.com/success_stories/retail/walmart/wal-mart.aspx.

Commandes de l'éclairage naturel

Il existe deux sortes de commandes d'éclairage : la commutation et la gradation. Ces deux stratégies nécessitent des capteurs pour transmettre les données aux commandes.

- Le commutateur éteint les lumières quand la lumière du jour est suffisante. Le câblage des circuits d'éclairage existants peut être refait pour permettre de créer des circuits de ballasts séparés pour chaque luminaire ou des circuits de luminaires séparés.
- Le gradateur permet de changer progressivement le flux lumineux selon la gamme offerte par le ballast, permettant ainsi d'obtenir un vaste éventail d'éclairage différent. La commande de gradation convient généralement mieux aux bâtiments à plafonds d'une hauteur standard. Elle est moins utile pour les luminaires de très grande hauteur; les occupants étant moins sensibles au changement d'intensité de lumière, le commutateur serait alors une meilleure option.

Avant d'effectuer toutes les rénovations d'éclairage désirées, il peut s'avérer une bonne idée de commencer par faire les rénovations sur un seul étage ou dans une zone désignée pour vérifier leur incidence sur le confort des occupants.

Liste des mesures pour l'éclairage commercial

- ✓ Remplacer les lampes à décharge à haute intensité par des lampes fluorescentes ou à DEL dans les luminaires de très grande hauteur.
- ✓ Remplacer les lampes fluorescentes ou incandescentes par des lampes à DEL.
- ✓ Remplacer les enseignes de sortie à lampes incandescentes par des enseignes à DEL.
- ✓ Installer des sources d'éclairage naturel et des commandes d'éclairage.
- ✓ Mettre en place un circuit d'éclairage pour les activités après les heures normales de travail.

- **Remplacer les lampes à décharge à haute intensité par des lampes fluorescentes ou à DEL dans les luminaires de très grande hauteur :** Remplacer l'éclairage aux HM de quartz par des luminaires T5-HO permet d'économiser 23 % d'énergie et de charge électrique. Consultez la section [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages qu'un tel type d'amélioration peut procurer.
- **Remplacer les lampes fluorescentes ou incandescentes par des lampes à DEL :** Les lampes incandescentes MR16 sont habituellement utilisées dans les luminaires suspendus et encastrés. Des économies de presque 80 % peuvent être réalisées en remplaçant directement une lampe MR16 de 50 W par une lampe à DEL de 11 W avec un IRC de 92. Consultez la section [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages qu'un tel type d'amélioration peut procurer.

1 PARTIE

- **Remplacer les enseignes de sortie à lampes incandescentes par des enseignes à DEL :** Les enseignes de sortie peuvent être remplacées complètement ou converties aux DEL à l'aide d'un ensemble de modernisation. Les économies sont considérables étant donné que les enseignes de sortie sont allumées 24 heures sur 24, sept jours sur sept. Les enseignes de sortie à DEL consomment environ 1 W d'énergie par rapport à une enseigne fluorescente compacte de 11 W, ce qui représente une économie de 90 %. Consultez la section [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages qu'un tel type d'amélioration peut procurer.
- **Installer des sources d'éclairage naturel et des commandes d'éclairage :** Une stratégie d'éclairage naturel avec des commandes d'éclairage de gradation ou de commutation couplées à des capteurs optiques offre d'excellentes possibilités d'économies d'énergie et de coûts d'entretien, lorsque la lumière naturelle est suffisante.
- **Mettre en place un circuit d'éclairage pour les activités après les heures normales de travail :** Les activités de réapprovisionnement ou de nettoyage ne demandent pas la même intensité d'éclairage que celle conçue exclusivement pour la clientèle. L'énergie lumineuse peut être réduite en modifiant les circuits existants de manière à créer des circuits de ballasts distincts pour chaque luminaire ou des circuits de luminaires séparés.

Entrepôt et aires réservées au personnel

L'éclairage dans les entrepôts, les quais de chargement et les zones de réception de la marchandise doit produire suffisamment de lumière pour assurer la visibilité, la sécurité et le rendement des travailleurs.

Figure 8. Éclairage d'entrepôt



1 PARTIE

Les niveaux d'éclairage et de visibilité requis dans un entrepôt dépendent de nombreux facteurs, notamment les tâches qui y sont exécutées, l'âge des travailleurs et le type de pièce (espaces ouverts ou avec étagères). Dans les zones à forte activité, telles que les quais de chargement ou les aires de stationnement, l'intensité lumineuse doit être plus élevée. La taille des produits manipulés aura également une incidence sur les niveaux d'éclairage requis. Par exemple, une zone active où l'on manipule de petits produits (avec de petites étiquettes) nécessitera plus d'éclairage que les zones où l'on doit déplacer de plus gros produits qui affichent du texte en plus gros caractère.

Les entrepôts peuvent comprendre des zones d'empilement vertical et horizontal. Des niveaux adéquats de lumière verticale sont nécessaires pour que les travailleurs soient en mesure de lire les étiquettes et les enseignes dans le bâtiment (y compris les enseignes de sortie) et de conduire un chariot élévateur à fourche.

Dans les entrepôts, les travailleurs doivent pouvoir regarder les piles de produits de haut en bas sans devoir constamment plisser des yeux ou se déplacer pour mieux voir. Un champ de vision dont la luminance est plutôt uniforme est plus reposant et efficace pour l'œil humain.

Les luminaires qui comprennent un petit élément d'éclairage dirigé vers le haut permettront de créer un éclairage plus uniforme. Les luminaires à éclairage dirigé vers le haut illuminent le plafond et éliminent l'effet de caverne produit par un plafond foncé. Pour les plafonds blancs ou d'une couleur pâle, les luminaires à éclairage dirigé vers le haut réfléchissent sur le plafond pour créer un éclairage plus uniforme.

Technologie d'éclairage de très grande hauteur

Les sources d'éclairage les plus efficaces pour les entrepôts comprennent les lampes fluorescentes T5-HO pour les luminaires de très grande hauteur et les lampes à DEL. Le remplacement des lampes à DHI par des DEL est une stratégie de rénovation courante qui permet d'économiser entre 40 et 60 % d'énergie.

Commandes d'éclairage

Dans les zones constamment occupées, il est approprié que la lumière reste allumée. Cependant, des économies d'énergie peuvent être réalisées dans les allées périphériques auxquelles l'on accède seulement de temps en temps.

- Un système de commutation à deux niveaux peut être installé pour les lampes à DHI afin de réduire la puissance électrique consommée de 50 %. Les lampes à DHI prennent beaucoup de temps à s'allumer et à s'éteindre, il n'est donc pas recommandé de les utiliser avec un commutateur jumelé à un détecteur de mouvement.

1

PARTIE

- Les systèmes de lampes fluorescentes telles que les T5-HO peuvent être connectés à de multiples commutateurs pour que les luminaires de certaines zones puissent être éteints et allumés selon les besoins. Ces commutateurs augmentent la flexibilité du système et permettent à l'établissement de réduire ses coûts en profitant des puits de lumière et de l'apport de lumière naturelle.
- Les luminaires à DEL ont les diodes reliés ensemble pour former une seule source lumineuse. Les luminaires de très grande hauteur n'ont pas de pilote de gradation et, par conséquent, les économies d'énergie reliées aux commandes sont réalisées par commutation. L'on peut obtenir un éclairage à niveaux multiples en alternant les luminaires allumés et éteints lorsqu'une zone n'est pas occupée.

Pour ce qui est des luminaires à lampe fluorescente et DEL, un contrôle automatique par capteurs de mouvement peut être installé au moyen de capteurs de luminaires encastrés individuels ou de capteurs éloignés installés dans les allées qui contrôlent un groupe de luminaires.

Éclairage naturel d'entrepôt

Les entrepôts sont particulièrement propices à l'installation de puits de lumière en vue de profiter de l'éclairage naturel, car ils comportent généralement une grande surface de toit sur une zone ouverte d'un seul étage. Les puits de lumière ont été utilisés avec succès dans de nombreux locaux d'entreposage et permettent une économie d'énergie s'ils sont bien conçus.

Liste des mesures pour l'éclairage (entrepôt et aires réservées au personnel)

- ✓ Remplacer les lampes fluorescentes ou incandescentes par des lampes à DEL.
- ✓ Remplacer les enseignes de sortie à lampes incandescentes par des enseignes à DEL.
- ✓ Remplacer les lampes à décharge à haute intensité de l'entrepôt par des lampes à DEL ou fluorescentes dans les luminaires de très grande hauteur.
- ✓ Installer des sources d'éclairage naturel et des commandes d'éclairage.
- ✓ Installer des détecteurs de mouvement dans les zones d'entreposage.
- ✓ Remplacer tous les interrupteurs muraux des pièces fermées par des détecteurs de mouvement.

1 PARTIE

- **Remplacer les lampes fluorescentes ou incandescentes par des lampes à DEL :** Les lampes incandescentes MR16 sont habituellement utilisées dans les luminaires suspendus et encastrés. Des économies de presque 80 % peuvent être réalisées en remplaçant directement une lampe MR16 de 50 W par une DEL de 11 W avec un IRC de 92.
- **Remplacer les enseignes de sortie à lampes incandescentes par des enseignes à DEL :** Les enseignes de sortie peuvent être remplacées complètement ou converties aux DEL à l'aide d'un ensemble de modernisation. Les économies sont considérables étant donné que les enseignes de sortie sont allumées 24 heures sur 24, sept jours sur sept.
- **Remplacer les lampes à décharge à haute intensité de l'entrepôt par des lampes à DEL ou fluorescentes dans les luminaires de très grande hauteur :** Remplacer le système d'éclairage aux HM de quartz par des luminaires T5-HO permet d'économiser 23 % d'énergie, tandis que le remplacement dans les luminaires de très grande hauteur par des lampes à DEL permet de réaliser des économies de l'ordre de 30 à 50 %²⁴.
- **Installer des sources d'éclairage naturel et des commandes d'éclairage :** Une stratégie d'éclairage naturel avec des commandes d'éclairage de gradation ou de commutation couplées à des capteurs optiques offre d'excellentes possibilités d'économies d'énergie et de coûts d'entretien, lorsque la lumière naturelle est suffisante.
- **Installer des détecteurs de mouvement dans les zones d'entrepôt :** Les zones d'entrepôt peuvent être équipées de détecteurs de mouvement et de commandes d'éclairage à niveaux multiples.
- **Remplacer tous les interrupteurs muraux des pièces fermées par des détecteurs de mouvement :** Les détecteurs de mouvement éteignent les lumières quand les locaux sont inoccupés. Les détecteurs d'occupation allument les lumières lorsqu'une présence est détectée tandis que dans le cas de détecteurs d'absence, l'interrupteur mural doit être activé manuellement pour que les lumières s'allument. Les détecteurs d'absence sont plus économiques en énergie parce que les lumières ne s'allument jamais automatiquement. Le délai optimal de temporisation est de 15 minutes pour éviter les cycles courts et pour réduire la durée de vie de la lampe. L'EPA américaine estime que, dans des conditions optimales, des économies d'énergie de 25 à 75 % en matière d'éclairage pourraient être réalisées, selon le type de local²⁵.

²⁴ L'éclairage en hauteur à lampes DEL a un rendement lumineux plus faible et, de ce fait, peut entraîner l'obligation d'installer plus de luminaires, comparativement à l'éclairage à DHI pour un éclairage équivalent.

²⁵ 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

Éclairage pour l'extérieur et le stationnement

L'éclairage extérieur est conçu à des fins de sécurité et de sûreté, il ne tient donc pas compte de la justesse du rendu des couleurs et n'est pas conçu pour permettre d'effectuer des tâches visuelles de très haute précision. C'est pourquoi l'éclairage à DEL se prête bien aux systèmes d'éclairage extérieurs depuis de nombreuses années.

La technologie des lampes à DEL a évolué considérablement pour les nouvelles installations et l'apport de modifications aux installations existantes. Grâce au nombre croissant de fabricants d'appareils d'éclairage à DEL sur le marché, l'éventail d'options pour les projets de rénovation est assez large, notamment les ensembles de modernisation qui convertissent vos luminaires existants en appareils à DEL fonctionnels.

Liste des mesures pour l'éclairage (extérieur et aire de stationnement)

- ✓ Remplacer les lampes à l'extérieur du bâtiment et celles du stationnement par des luminaires à DEL.
- ✓ Ajouter des cellules photoélectriques et des minuteries sur les dispositifs d'éclairage extérieur.

■ **Remplacer les lampes à l'extérieur du bâtiment et celles du stationnement par des luminaires à DEL :** Les luminaires à DEL offrent une économie de plus de 40 % par rapport aux lampes à DHI classiques. Les luminaires existants peuvent être remplacés directement pour des luminaires à DEL, exigeant un minimum d'effort d'analyse. Consultez la section [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages qu'un tel type d'amélioration peut procurer.

■ **Ajouter des cellules photoélectriques et des minuteries sur les dispositifs d'éclairage extérieur :** L'éclairage extérieur devrait au moins être contrôlé par une cellule photoélectrique qui éteint les lumières le jour. Si l'éclairage n'est pas nécessaire à des fins de sécurité ou de sûreté, l'utilisation de minuteries qui éteignent les lumières en dehors des heures d'ouverture permettrait d'économiser de l'argent et de l'énergie. Par exemple, l'éclairage des aires de stationnement peut être activé au coucher du soleil et s'éteindre à 22 h, pour se rallumer aux premières heures du matin et s'éteindre à nouveau au lever du soleil. Les horloges astronomiques offrent un contrôle amélioré et une efficacité optimale pendant toute l'année parce qu'elles permettent de régler leur minuterie aux heures du lever et du coucher de soleil. Consultez la section [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages qu'un tel type d'amélioration peut procurer.

Figure 9. Éclairage à DEL d'aire de stationnement



1 PARTIE

Réduction supplémentaire de la charge

Les sources de charge supplémentaires sont les deuxièmes contributeurs à la consommation d'énergie des bâtiments (les occupants, les ordinateurs et l'équipement, l'enveloppe du bâtiment, etc.). Ces sources peuvent influencer négativement sur le chauffage, le refroidissement et les charges électriques. Cependant, la planification stratégique, la mobilisation des occupants et des mises à niveau éconergétiques peuvent contrôler et réduire l'effet négatif des sources de charge supplémentaires. Grâce à une analyse minutieuse de ces sources et de leurs interactions avec les systèmes de CVCA, il est possible de réduire la taille des équipements de chauffage et de refroidissement et les coûts de mise à niveau. Ces mises à niveau peuvent réduire directement l'énergie gaspillée et procurer des économies d'énergie en matière de CVCA.

Une réduction de l'énergie utilisée par l'équipement et une mise à niveau de l'enveloppement du bâtiment diminueront les charges supplémentaires tout en améliorant le rendement thermique.

Charges électriques et équipement

Cette section traite des équipements et des dispositifs utilisés dans les supermarchés, ainsi que des transformateurs de distribution électrique.

Liste des mesures des charges supplémentaires (charges électriques et équipements habituels)

- ✓ Éteindre l'équipement quand il n'est pas utilisé.
- ✓ Choisir de l'équipement homologué ENERGY STAR.
- ✓ Mettre sur pied un programme de sensibilisation concernant la consommation énergétique à l'intention des employés.
- ✓ Installer des transformateurs à haute efficacité.

- **Éteindre l'équipement quand il n'est pas utilisé :** La première étape pour économiser de l'énergie est d'éteindre l'équipement et les dispositifs lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Les ordinateurs, les écrans et les terminaux de point de vente peuvent être réglés pour s'éteindre automatiquement.
- **Choisir de l'équipement homologué ENERGY STAR :** Les produits homologués ENERGY STAR utilisent de 25 à 50 % moins d'énergie que les produits analogues traditionnels. Les ordinateurs et autres équipements homologués ENERGY STAR offrent la possibilité d'économiser de l'énergie et de l'argent en se mettant en mode « veille » ou en s'éteignant lorsqu'ils ne sont pas utilisés tout en opérant

Pour de plus amples renseignements sur les produits ENERGY STAR, consulter : Le document ENERGY STAR au Canada de Ressources naturelles Canada : <http://www.rncan.gc.ca/energie/produits/energystar/12520>



PARTIE 1

plus efficacement lorsqu'ils sont utilisés. Établir une politique efficace peut être aussi simple que de demander au personnel d'approvisionnement de privilégier les produits homologués ENERGY STAR comme les ordinateurs, l'équipement de bureau, les luminaires et les lampes, l'équipement de cuisine et les appareils électroniques. La boîte de texte ci-dessous fournit plus de renseignements sur l'équipement de cuisines commerciales.

- **Mettre sur pied un programme de sensibilisation concernant la consommation énergétique à l'intention des employés :** La *mise en œuvre du programme de sensibilisation à l'efficacité énergétique*²⁶ de RNCAN peut aider les propriétaires et les gestionnaires à développer des programmes efficaces de sensibilisation à la consommation énergétique à l'intention de leurs employés. Les lignes directrices de gestion de l'énergie dans le cadre du programme ENERGY STAR représentent une autre référence utile²⁷. Il comporte des renseignements sur la façon de créer un plan de communication et donne des idées, des exemples et des modèles personnalisables pour informer les employés, les clients et les parties prenantes.
- **Installer des transformateurs à haut rendement :** Remplacer les transformateurs existants à la fin de leur durée de vie par des transformateurs à haut rendement. Au cours des dernières années, on a observé que des changements survenaient à un rythme accéléré en vue de présenter des normes de rendement énergétique pour les transformateurs en Amérique du Nord. En conséquence, les fabricants offrent des transformateurs plus efficaces qui produisent moins de pertes que les modèles antérieurs. Les nouveaux critères s'appliquant aux transformateurs de rendement supérieur (CSA C802) de la *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)* exigent 30 % de moins de pertes que les critères antérieurs.

Le remplacement des transformateurs par des modèles écoénergétiques permet de réduire les pertes liées à la transformation électrique ainsi que la charge de refroidissement dans les pièces où se trouvent les transformateurs.

Le remplacement d'un seul transformateur de 75 kVA (efficacité énergétique de 98 %) par un transformateur de rendement supérieur selon NEMA (efficacité énergétique de 98,6 %) réduit les pertes annuelles issues du transformateur d'environ 30 % selon une utilisation de 260 jours par année, avec 15 % de charge pendant 16 heures par jour et 100 % de charge pendant 8 heures par jour²⁸.

²⁶ http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/rncan-nrcan/M144-244-2012-fra.pdf

²⁷ <http://www.energystar.gov/buildings/about-us/how-can-we-help-you/build-energy-program/guidelines> (en anglais seulement).

²⁸ Calculateur d'économies d'énergie de Hammond Power Solutions, <http://www.hpstoolbox.com/> (en anglais seulement).

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 type 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*

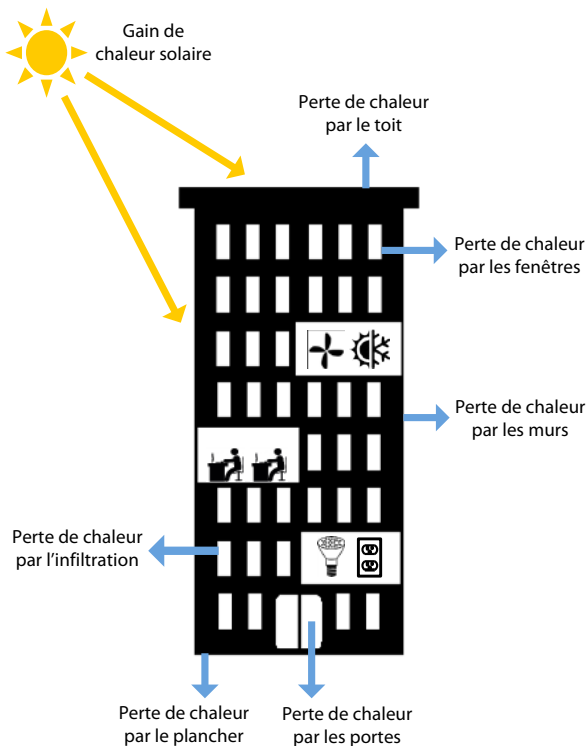
La ventilation d'une cuisine exerce également une influence majeure sur la consommation énergétique. La demande en énergie peut être considérablement réduite si les appareils de cuisine sont de taille appropriée, si la chaleur est récupérée à partir de l'air vicié, et si le système de ventilation est 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 **Amélioration des systèmes de distribution de l'air** pour en savoir plus.

1 PARTIE

Enveloppe du bâtiment

Dans cette section, on explique les améliorations qui peuvent être apportées à l'enveloppe du bâtiment (toit, murs, fondation, fenêtres et portes). Les paramètres les plus communs ayant une incidence sur la circulation de la chaleur à travers le bâtiment sont la conduction, le rayonnement solaire et l'infiltration d'air. La conduction concerne la conductivité des matériaux à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment et leur aptitude à conduire ou à résister au flux thermique passant du chaud au froid. Le rendement est souvent exprimé par une valeur RSI ou une valeur R (voir l'encadré), ou par la résistance thermique. Le rayonnement solaire traverse les fenêtres et apporte des gains de chaleur voulus pendant la saison de chauffage et des gains indésirables pendant la saison de refroidissement. L'infiltration est la présence de fuites d'air qui traversent les composants du bâtiment, comme le contour des fenêtres, les portes, les joints de l'enveloppe, les trous physiques et les ouvertures d'origine mécanique. La figure 10 illustre comment la chaleur se transmet et se perd à travers l'enveloppe du bâtiment.

Figure 10. Transmission de la chaleur par l'enveloppe du bâtiment



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 $m^2 \cdot K/W$.

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

Conversion :

$$RSI = R \div 5,678$$

$$R = RSI \times 5,678$$

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

1 PARTIE

La qualité adéquate de l'isolant et sa présence en quantité suffisante ainsi que la réduction du pont thermique peuvent résoudre en grande partie les problèmes de conduction. Le rayonnement solaire est contrôlé par le coefficient d'apport par rayonnement solaire des fenêtres ou des dispositifs comme des stores, des surplombs et des marquises. Le problème d'infiltration d'air est abordé en installant un pare-air, en scellant bien le contour des ouvertures de l'enveloppe et en posant des coupe-froid aux ouvertures du bâtiment (p. ex., les fenêtres et les portes, les volets d'évacuation lorsque fermés, les trous dans l'enveloppe comme les quais de chargement, etc.).

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

Liste des mesures des charges supplémentaires (enveloppe du bâtiment)

- ✓ Réduire les infiltrations.
- ✓ Ajouter un pare-air.
- ✓ Ajouter de l'isolant.
- ✓ Installer des portes et fenêtres de meilleure qualité.
- ✓ Envisager un toit froid.
- ✓ Installer des portes à haute vitesse ou des rideaux d'air.
- ✓ Mettre à niveau les portes du quai de chargement et ajouter des sas de protection au quai.
- ✓ Ajouter un vestibule.

La norme ASTM*, à laquelle renvoient l'International Energy Conservation Code (IECC) de 2012 et l'International Green Construction Code (IGCC), exige que le taux d'infiltration d'air d'un bâtiment ne dépasse pas 2 L/s par mètre de surface murale (0,4 pied cube par minute par pied carré de surface murale), à une différence de pression de 75 Pa (colonne d'eau de 0,3 pouce).

*L'ASTM, antérieurement l'American Society for Testing and Materials, est un organisme qui aide à élaborer et à appliquer les normes consensuelles volontaires nationales.

- **Réduire les infiltrations d'air :** L'infiltration ou les fuites d'air se définissent comme des flux incontrôlés d'air à travers l'enveloppe (que ce soit de l'air extérieur qui s'infiltré ou de l'air conditionné qui s'échappe). Bien que les concepteurs comprennent que le problème existe, ils en ont fait abstraction en grande partie ou ils l'ont pris en compte dans la conception des systèmes de chauffage et de refroidissement. Il a été prouvé que l'infiltration d'air non intentionnelle a des conséquences importantes sur la consommation énergétique d'un bâtiment. À mesure que l'efficacité des équipements CVCA et des autres systèmes de bâtiment s'améliore, la perte d'énergie associée aux fuites de l'enveloppe du bâtiment représente un pourcentage encore plus élevé de la consommation énergétique totale du bâtiment.

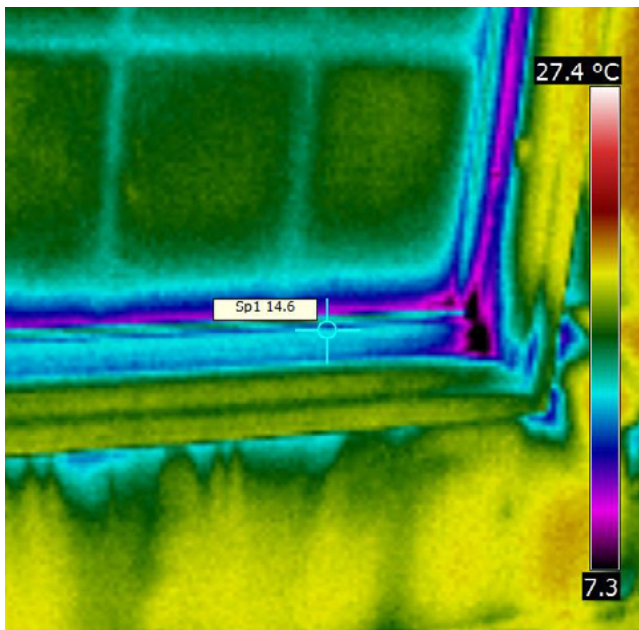
L'infiltration peut aussi être aggravée par un bâtiment pressurisé positivement ou négativement. On peut s'apercevoir des effets de la pressurisation d'un bâtiment lorsqu'on ouvre une porte : un flux d'air sera ressenti soit en entrant dans le bâtiment, soit en sortant. La pression d'un bâtiment devrait être neutre ou très légèrement positive. Cette condition peut se vérifier par la mesure des flux d'air d'alimentation et d'air évacué à l'aide d'un balancement d'air. Les déséquilibres peuvent être corrigés en tenant compte des écarts entre les flux d'air d'alimentation et d'air évacué.

1

PARTIE

Certains signes d'infiltration peuvent facilement être reconnus comme la lumière du jour qui s'infiltré autour d'une porte fermée tandis que pour d'autres, il faudra effectuer une imagerie thermographique afin de visualiser les différences de température. La figure 11 illustre comment l'imagerie infrarouge peut aider à identifier les problèmes liés à l'infiltration d'air ou la faiblesse thermique de l'enveloppe (on peut noter la basse température en surface pour des éléments de la fenêtre, au cadre de la fenêtre et à la structure porteuse autour et en dessous de la fenêtre).

Figure 11. Repérage d'une fuite de chaleur autour d'une fenêtre grâce à l'imagerie infrarouge



La poire à fumée est aussi utile pour repérer les endroits où surviennent des fuites d'air. Le déplacement de la fumée provenant de la poire à fumée près d'une fuite possible indiquera s'il y a bien une fuite. Afin que cet outil soit efficace, le bâtiment doit être pressurisé.

Les problèmes reliés à l'infiltration d'air se règlent souvent par des mesures peu coûteuses comme l'addition ou le remplacement des coupe-froid ou du calfeutrage. L'infiltration d'air peut créer de la condensation et de l'accumulation d'humidité, et peut également indiquer que de l'eau pénètre dans l'enveloppe du bâtiment. Ces deux problèmes peuvent entraîner la formation de moisissures et, dans certains cas, des dommages structuraux aux éléments de l'enveloppe. Il est d'autant plus important de corriger les failles afin d'atténuer ce risque supplémentaire. Afin d'être en mesure d'aborder correctement tous les problèmes liés aux infiltrations d'air et d'eau, il est conseillé d'engager un professionnel en science du bâtiment (un ingénieur ou un architecte) pour poser des diagnostics.

1 PARTIE

- **Ajouter un pare-air :** La présence d'un pare-air pour protéger l'enveloppe du bâtiment est un élément essentiel pour obtenir une étanchéité adéquate et empêcher les infiltrations d'air. Un système de pare-air adéquat protège contre les fuites et la diffusion de l'air due au vent, à l'effet cheminée et aux différences de pression causées par l'introduction ou l'extraction mécanique de l'air du bâtiment. Les bâtiments dotés d'un système de pare-air correctement installé peuvent employer efficacement un plus petit système de CVCA, car ce dernier n'a pas à compenser les fuites d'air du bâtiment. Dans certains cas, la réduction de la taille de l'équipement mécanique et des coûts qui y sont associés peut compenser les coûts du système de pare-air. Lorsque les pare-air d'un bâtiment sont inadéquats ou absents, il existe un risque que l'enveloppe du bâtiment ait une durée de vie plus courte, que le confort des occupants soit moindre et que les coûts énergétiques soient plus importants.

Les pare-air peuvent être installés sur l'enveloppe du bâtiment de plusieurs façons. L'installation de membranes pare-air/vapeur combinées est l'une des méthodes les plus couramment utilisées. Sur les murs extérieurs, des systèmes d'enveloppes de bâtiment fixées mécaniquement, des membranes autocollantes et des membranes à application liquide peuvent servir à titre de pare-air/vapeur.

Les pare-air à application liquide sont souvent choisis plutôt que des matériaux en panneaux en raison de leur conception et installation relativement faciles. Les pare-air/vapeur à application liquide sont communément utilisés pour les systèmes d'isolation et de finitions extérieures avec drainage et ils deviennent de plus en plus courants pour d'autres types de revêtements extérieurs.

On recommande d'ajouter un isolant et d'améliorer la continuité du pare-air, ce qui assure une meilleure économie d'énergie que l'ajout de l'isolant seul. Par exemple, la modélisation de l'efficacité énergétique d'un bâtiment de 5 000 m² à Toronto avec un taux d'infiltration de base de 7,9 L/s/m² (1,55 cfm/pi²) qui a été rénové avec l'installation d'un isolant de 50 mm (2 po) sans toutefois aucune amélioration du pare-air, a révélé une amélioration du rendement énergétique de 2 % seulement. En revanche, en ajoutant la même quantité d'isolant et en réduisant l'infiltration à 2,0 L/s/m² (0,4 cfm/pi²), il a été possible d'améliorer le rendement énergétique de 12,6 %²⁹.

- **Ajouter de l'isolant :**

Isolation du toit

Le toit peut être une source importante de pertes et de gains de chaleur. C'est pourquoi l'ajout d'isolant est recommandé pour réduire au maximum ces transferts thermiques. On peut ajouter un isolant sans perturber les occupants du bâtiment et cette option mérite d'être examinée lorsque le remplacement du toit concorde avec le cycle de vie du toit existant. Une analyse énergétique peut démontrer que les économies d'énergie réalisées sont suffisamment importantes pour justifier le remplacement précoce du toit afin d'ajouter un isolant.

1

PARTIE

Isolation des murs

L'isolant peut être ajouté dans les cavités des murs ou sur l'extérieur du bâtiment. L'isolant posé par l'extérieur est plus courant, car l'installation de l'isolant par l'intérieur est plus complexe et nécessite plus d'interruptions des activités. De plus, une couche continue d'isolant appliqué à l'extérieur de l'ossature du mur a un rendement supérieur à une isolation non continue installée à l'intérieur dans les cavités des murs. L'ajout d'isolation murale est souvent combiné au remplacement des fenêtres, car les ouvertures des fenêtres doivent parfois être « encastrées » en fonction de la profondeur accrue de l'ensemble de la paroi.

■ **Installer des portes et fenêtres de meilleure qualité :**

Fenêtres

Les fenêtres ont une incidence sur les coûts d'exploitation d'un bâtiment et sur le bien-être des occupants. Elles influent grandement sur l'apparence et l'environnement intérieur du bâtiment, en plus de constituer un des éléments entraînant la plus grande répercussion sur la consommation d'énergie et la demande en matière d'électricité aux périodes de pointe.

Les pertes et les gains de chaleur à travers les fenêtres peuvent représenter une portion importante de la charge de chauffage et de refroidissement du bâtiment. L'utilisation de la lumière naturelle peut réduire la charge d'éclairage électrique et améliorer l'environnement intérieur. Par conséquent, les fenêtres de remplacement seront sélectionnées en fonction de la qualité de la lumière qu'elles introduisent dans le bâtiment ainsi que de leur rendement thermique.

Le facteur U mesure le taux de perte thermique d'une fenêtre (également appelé le coefficient K). Plus le facteur U est bas, plus la fenêtre est isolante et plus sa résistance thermique (valeurs RSI) est importante.

Les fenêtres présentent le rendement thermique le plus faible de tous les composants de l'enveloppe du bâtiment. Même les meilleures fenêtres affichent une valeur RSI plus faible que les pires murs et toits. De plus, les fenêtres sont souvent une source de fuites d'air. C'est pourquoi elles constituent la plus grande source de pertes et de gains de chaleur indésirables dans les bâtiments.

Portes

Comme les fenêtres mobiles, les portes sont généralement composées de panneaux opaques isolants et de vitrage isolant, et elles sont souvent des zones de fuites d'air importantes entre les composants fixes et mobiles. Les portes modernes offrent des propriétés thermiques supérieures et comportent des coupe-froid.

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)

1 PARTIE

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 36 présente une discussion plus détaillée sur chacun de ces critères, ainsi que sur les divers assemblages et composants.

- **Envisager un toit blanc** : Un « toit blanc » reflète la chaleur du soleil loin du toit plutôt que de la transférer à la masse du bâtiment. Les toits froids augmentent le confort des occupants en gardant le bâtiment plus frais durant l'été; ainsi, les besoins en climatisation sont moins importants, ce qui permet d'économiser sur les coûts d'énergie. De plus, un toit froid réfléchissant reçoit moins de charges solaires sur sa membrane, ce qui pourrait prolonger sa durée de vie. Dans un climat dominé par le chauffage, l'économie d'énergie provenant de la climatisation pourrait toutefois être compensée par la perte de gains de chaleur bénéfiques pendant la saison de chauffage. Les résultats varient d'un site à l'autre et dépendent généralement de la pente du toit et de la charge de neige. Pour en savoir davantage sur les toits froids, consulter : www.coolroofs.org (en anglais).
- **Installer des portes à haute vitesse ou des rideaux d'air** : Les portes à haute vitesse et les rideaux d'air³¹ fournissent un contrôle climatique dans les entrées, les zones d'entrepôt ou les grands congélateurs très fréquemment utilisés. Ces dispositifs peuvent également fournir une isolation supplémentaire pour la zone du quai de chargement.

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} .

³¹ <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=427> (en anglais seulement).

1

PARTIE

- **Mettre à niveaux les portes du quai de chargement et ajouter des sas de protection de quai :** Les portes à enroulement de quai de chargement peuvent être une source importante de perte thermique en raison des mauvaises propriétés thermiques des portes, de l'infiltration d'air et des pratiques opérationnelles de l'entreprise. Au cours des dernières années, les portes de quai de chargement ont fait l'objet de grandes améliorations. C'est pourquoi on recommande d'examiner l'état des portes actuelles pour déterminer si leur remplacement pourrait régler les problèmes de mauvais rendement énergétique.

Il existe une solide analyse de rentabilisation qui justifie l'ajout de sas de protection au quai et d'abris de quai, parce qu'ils créent une barrière thermique qui réduit considérablement les infiltrations d'air. Les sas de protection au quai et les abris de quai peuvent être facilement installés à l'extérieur du bâtiment afin d'économiser de l'énergie.

Figure 13. Sas de protection de quai



Figure 12. Porte à grande vitesse



- **Ajouter un vestibule :** Selon l'approche normative du CNÉB 2011, toutes les portes des nouveaux bâtiments devraient comporter un vestibule et un dispositif de fermeture automatique. Étant donné que les avantages sur les plans de l'économie d'énergie et de confort s'appliquent aux bâtiments existants, des vestibules devraient être ajoutés lorsqu'il est possible de le faire.

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 $1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ($0,30 \text{ Btu/h pi. ca.} \cdot ^\circ\text{F}$) ou inférieurs, tandis que les fenêtres à triple vitrage peuvent avoir des facteurs U aussi bas que $0,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ($0,15 \text{ Btu/h pi. ca.} \cdot ^\circ\text{F}$).

Fenêtres – Assemblage

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

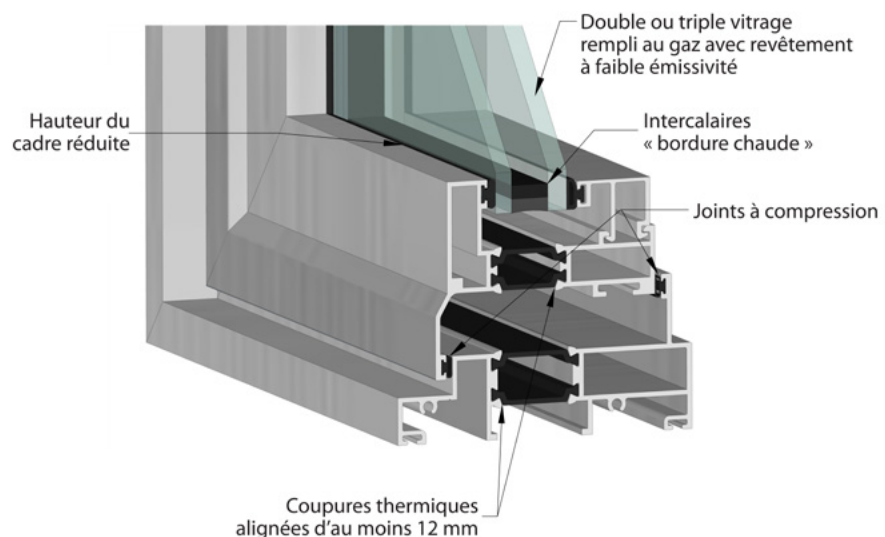
Le rendement de l'UVI est déterminé par :

- 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

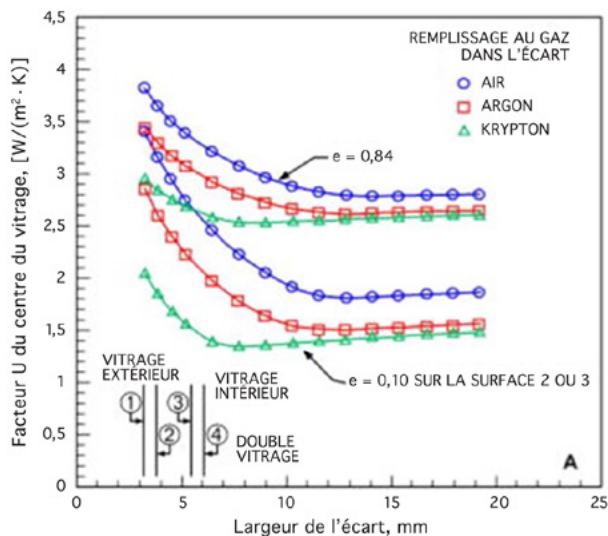
Le facteur U d'une fenêtre incorpore les propriétés thermiques du cadre et du vitrage. Étant donné que le châssis et le cadre représentent environ 10 % à 30 % de la surface totale d'un assemblage de fenêtre, les propriétés du cadre influencent de façon importante le rendement général de la fenêtre.

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

Amélioration des systèmes de distribution de l'air

Le système CVCA régularise la température, l'humidité, la qualité et le mouvement d'air dans les bâtiments, et est donc nécessaire pour assurer le confort, la santé et la productivité des occupants.

L'environnement des supermarchés est unique par rapport aux autres bâtiments commerciaux à cause de la dynamique de régulation de la température et de l'humidité. Les facteurs liés à cette dynamique comprennent :

- les produits qui doivent être conservés à une humidité relative précise;
- l'air frais qui s'échappe dans le magasin à l'ouverture des présentoirs réfrigérés;
- l'humidité additionnelle qui résulte de l'eau pulvérisée sur les fruits et légumes frais; et
- les équipements de cuisine qui nécessitent l'extraction de gros volumes d'air.

La seule solution pour surmonter ces obstacles est d'analyser les charges sensibles et latentes séparément. Un système de contrôle de l'humidité dédié est nécessaire dans les supermarchés, car les charges latentes y sont beaucoup plus importantes que les charges sensibles. La condensation formée sur les portes des présentoirs réfrigérés signale une situation indésirable par la présence d'un niveau d'humidité élevé. Selon les lignes directrices de mise en service pour le calibrage de l'appareil de mesure de l'humidité, l'humidité relative doit être maintenue entre 40 et 45 %.

En plus de l'équipement conçu spécifiquement pour la déshumidification, les unités de toit (RTUs) constituent les systèmes de distribution d'air conditionné principalement utilisés dans les supermarchés. La meilleure façon de diminuer le coût de l'énergie dépensée par les RTUs est d'élargir la fourchette admissible pour la température intérieure. Par exemple, en permettant une température plus élevée pendant l'été et plus basse pendant l'hiver. Une étude attentive du confort thermique des occupants et du réglage de l'humidité pour chaque type d'espace permet de déterminer la fourchette des valeurs acceptables pour la température et l'humidité. Ces fourchettes de valeurs de confort se trouvent dans le manuel sur la norme 55 de l'ASHRAE³².

Il est important de noter que les endroits où les portes des présentoirs réfrigérés sont ouvertes présenteront un surrefroidissement localisé, ce qui pourrait créer un inconfort pour les occupants. Pour contrer ce problème, il est suggéré d'installer des portes aux présentoirs ouverts. Pour de plus amples renseignements, consulter la section Systèmes de réfrigération.

Le transfert de la chaleur **sensible** est dû aux changements de la température de l'air.

La chaleur absorbée ou rejetée lors du passage de l'état gazeux à l'état liquide ou vice versa, s'appelle la chaleur **latente**.

³² *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. 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.

Il faut aussi considérer la qualité d'air intérieur ainsi qu'à la quantité d'air de ventilation nécessaire pour chaque occupant dans les divers types d'espaces de l'établissement. Une des charges énergétiques les plus importantes traitées par les unités de toit provient du refroidissement de l'air extérieur, et par conséquent, la première étape pour économiser est de réduire la quantité d'air extérieur à refroidir. Il faut calculer les volumes d'air d'évacuation et de ventilation d'air nécessaires selon la norme 62.1 de l'ASHRAE³³, en fonction des taux d'occupation par défaut fournis dans le guide. Ensuite, il s'agit d'appliquer un contrôle de la demande en utilisant le CO₂ pour estimer le taux d'occupation réel. Le CO₂ peut être mesuré au conduit de reprise d'air de l'unité de toiture à l'aide d'un système de contrôle muni d'un dispositif de réinitialisation pour fermer ou ouvrir le clapet d'admission d'air extérieur selon le niveau de CO₂ dans l'espace.

Liste des mesures des systèmes de distribution d'air

- ✓ Commencer par prendre les mesures de premier ordre
- ✓ Employer la ventilation régulée à la demande.
- ✓ Installer des turbines à air pour la déstratification dans l'espace de vente.
- ✓ Installer des diffuseurs en spirale à haute induction dans l'espace de vente.
- ✓ Installer des ventilateurs à volume élevé, mais à faible vitesse dans les entrepôts.
- ✓ Éliminer le chauffage dans le vestibule de l'entrée principale.
- ✓ Remplacer les déshumidificateurs à expansion directe par des dessiccateurs.

³³ *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'unités 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'unités 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 unités de toit suffit pour contrôler adéquatement la ventilation. Dans la séquence de contrôle, les commandes des économiseurs doivent systématiquement prévaloir sur la VSD.

1 PARTIE

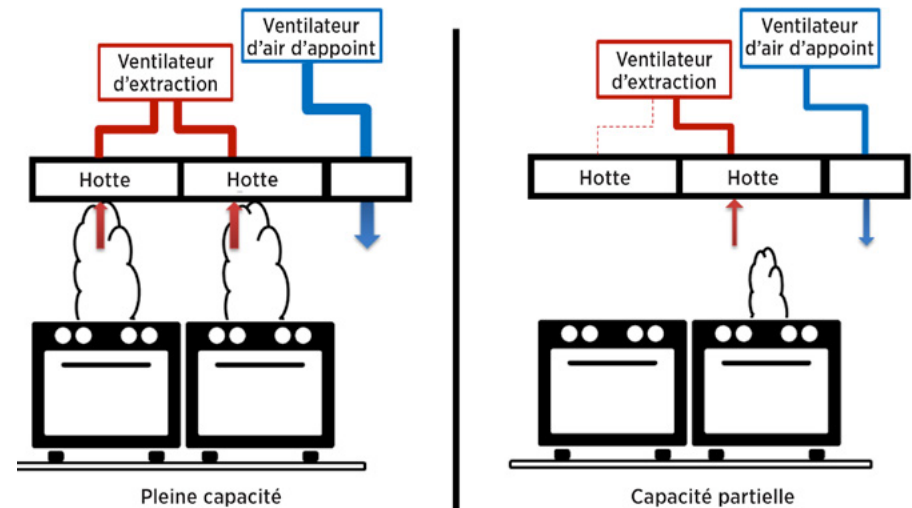
Hotte à évacuation pour cuisine

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 d'un système 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 cuisine³⁴.

Figure 16. Ventilation de cuisine contrôlée selon la demande



³⁴ <http://www.energystar.gov/about/2014-2015-emerging-technology-award-demand-control-kitchen-ventilation> (en anglais seulement).

1 PARTIE

■ Installer des turbines à air pour la déstratification dans l'espace de vente :

Les ventilateurs de déstratification comportent une buse venturi qui permet une circulation efficace pour maintenir l'air à une température constante du plafond jusqu'au plancher.

■ Installer des diffuseurs en spirale à haute induction dans l'espace de vente :

La ventilation par déplacement d'air est une méthode qui amène de l'air frais aux occupants au niveau du plancher puis le remonte plus haut. Au lieu d'avoir de maintenir les conditions de conception pour l'ensemble de la salle, les systèmes de ventilation par déplacement d'air conditionnent l'air là où il faut, dans les zones occupées, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie qui serait nécessaire pour climatiser l'espace entier.

En plus d'offrir les mêmes avantages que la ventilation par déplacement, les diffuseurs en spirale à haute induction sont mieux conçus pour les environnements commerciaux puisque l'air arrive du plafond. La circulation de l'air par haute induction projeté par les diffuseurs en spirale crée un profil de distribution d'air qui dirige l'air conditionné vers la zone des occupants. Ainsi, l'air est mieux mélangé et la stratification est réduite, améliorant la qualité d'air et la consommation d'énergie.

■ Ventilateurs à volume élevé, mais à faible vitesse dans les entrepôts :

Les ventilateurs à volume élevé, mais à faible vitesse (HVLS) sont considérés comme des systèmes de mouvement de l'air et non seulement des systèmes de climatisation. Ils déplacent d'importants volumes d'air et contribuent très efficacement à la climatisation, au chauffage (grâce à la déstratification de la chaleur) et à la ventilation.

En général, les lames d'un ventilateur HVLS ont un diamètre de 2,4 à 7,3 m (8 à 24 pi), permettant de faire circuler d'importants volumes d'air à de très petites vitesses. Ainsi, l'air circule doucement, mais d'une manière néanmoins perceptible, refroidissant immédiatement une salle chaude. À 7,3 m (24 pi), un ventilateur peut déplacer jusqu'à 177 830 litres d'air par seconde (376 804 de pieds cubes par minute). Idéalement, un ventilateur HVLS envoie une colonne d'air vers le bas et à 360 ° vers les murs, puis de retour vers le plafond et le ventilateur. Ce profil, appelé circulation par jet vers le plancher, permet l'échange de l'air dans les très grands espaces de façon naturelle.

La déstratification réduit la consommation énergétique de chauffage en poussant l'air chaud vers le plancher afin d'assurer le confort des occupants. En mélangeant l'air ainsi, il est aussi possible de réduire la température au plafond, ce qui permet de réduire la quantité de chaleur perdue à travers le plafond.

La consommation énergétique nécessaire pour le refroidissement de l'espace est aussi réduite grâce aux grands mouvements effectués à la bonne vitesse, produisant un effet de refroidissement par évaporation de 3,3 à 4,4 °C (6 à 8 °F). Par conséquent, il est possible de régler les thermostats à une température plus élevée, c.-à-d. jusqu'à 8 °C (15 °F) de plus sans compromettre le confort.

1 PART

L'importance de la déstratification

La déstratification peut être utilisée pendant toute la saison de chauffage pour économiser l'énergie dans les vastes pièces. Il est bien connu que l'air chaud monte, et dans les espaces comportant des plafonds hauts, il n'est pas rare de trouver des températures d'air dans la strate la plus haute de l'espace, près du toit, qui sont de 10 à 30 °C plus élevées que les températures au niveau du plancher.

La formule pour la perte de chaleur est la suivante :

$Q = (1/RSI) \times A \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$, RSI représentant le niveau d'isolation, A représentant la superficie du toit et $(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$ représentant l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Puisque les niveaux d'isolation (RSI) et la superficie du toit (A) sont fixes, la quantité de chaleur perdue par le toit est une fonction de l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur $(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$. Par conséquent, si les températures de l'espace sont hautement stratifiées durant la saison de chauffage, l'espace devient considérablement surchauffé pour maintenir les températures souhaitables dans la zone occupée.

L'exemple qui suit montre comment le taux de perte de chaleur change en fonction de la température de l'espace près du plafond. Dans cet exemple, l'espace a une superficie de toit de 2 500 m² et une valeur RSI de toit de 5,46 (R-31).

Cas n° 1 : sans déstratification

Température extérieure = -10 °C

Température près du plafond = 30 °C

$$Q = 1/5,46 \times 2\,500 \times [30 - (-10)] \\ = 458 \times (40) = 18\,315 \text{ W}$$

Cas n° 2 : avec déstratification

Température extérieure = -10 °C

Température près du plafond = 15 °C

$$Q = 1/5,46 \times 2\,500 \times [15 - (-10)] \\ = 458 \times (25) = 11\,450 \text{ W}$$

La perte de chaleur par le toit est réduite de 37 % en abaissant la température près du plafond de 15 °C, ou autrement dit, 37 % moins de chaleur est requise pour maintenir la même température de l'espace dans la zone occupée. Des économies additionnelles découleront d'une réduction de la perte de chaleur par la partie supérieure des murs.

1 PARTIE

- **Éliminer le chauffage dans le vestibule de l'entrée principale :** Plusieurs supermarchés ont un vestibule à l'entrée principale qui sert à réduire l'infiltration d'air. Bien que les vestibules sont à la base des espaces de transition, ils sont souvent chauffés et deviennent donc des espaces conditionnés. Il est possible d'économiser de l'énergie en éliminant le chauffage de ces vestibules en réinstaurant leur objectif de base comme espace de transition entre l'extérieur et les espaces intérieurs conditionnés.

En principe, les vestibules sont conçus de façon à ce que les portes intérieures et extérieures ne soient pas ouvertes en même temps durant la transition. Si les portes intérieures et extérieures sont installées de façon à s'ouvrir en même temps, un rideau d'air pourrait être utilisé en tant que barrière contre l'air externe non conditionné³⁵.

- **Remplacer les déshumidificateurs à expansion directe par des dessiccateurs.** Les systèmes conventionnels à expansion directe (DX) ne sont pas une option efficace pour gérer les charges latentes puisqu'ils doivent d'abord surrefroidir l'air (déshumidifier) pour ensuite le réchauffer afin d'assurer une température ambiante confortable dans le magasin. En utilisant la technologie des dessiccateurs pour déshumidifier l'air, l'humidité peut être contrôlée indépendamment de la température, consommant aussi moins d'énergie qu'un système conventionnel à expansion directe.

Redimensionnement et remplacement de l'équipement de chauffage et de climatisation

Cette section traite des principaux types de systèmes de chauffage et de climatisation, y compris les systèmes de réfrigération pour les supermarchés, les unités de climatisation en toiture ainsi que les chauffe-eau résidentiels. Les unités de climatisation en toiture sont les systèmes de climatisation principaux des supermarchés, à l'exception des entrepôts, qui comportent des options supplémentaires pour le chauffage.

Conformément à l'approche d'exécution progressive des travaux de réaménagement, l'équipement de chauffage et de climatisation pourrait bénéficier de réductions des charges réalisées au cours des étapes précédentes. Non seulement les systèmes de chauffage et de climatisation pourront tirer parti d'un meilleur rendement énergétique de l'équipement, mais les capacités des systèmes seraient aussi réduites, menant ainsi à des économies énergétiques encore plus importantes. Qui plus est, plusieurs systèmes existants sont surdimensionnés, ce qui peut constituer une raison de plus de remplacer le système en question par un autre d'une taille plus appropriée, ou encore de moderniser l'appareil pour assurer un fonctionnement plus efficace.

L'approche de **CoolSolution^{MD}** de RNCAN réunit des technologies de réfrigération avant-gardistes et des pratiques de réduction de la consommation énergétique et de l'empreinte carbonique des supermarchés selon trois axes :

- La récupération de la chaleur;
- l'efficacité énergétique des systèmes de réfrigération; et
- La réduction de la charge du réfrigérant de synthèse.

Pour de plus amples renseignements sur l'approche CoolSolution^{MD}, visiter : <http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/recherche/refrigeration/3690>.

³⁵ <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=427> (en anglais seulement).

1 PARTIE

Utilisation du CO₂ au lieu du réfrigérant de synthèse

Le CO₂ est un réfrigérant naturel (R-744) qui est en train de devenir le réfrigérant de choix pour les grands magasins d'alimentation. Comparativement aux systèmes de réfrigération traditionnels, le CO₂ participe moins au réchauffement planétaire et offre un meilleur contrôle de la température, assurant ainsi une qualité plus consistante des produits réfrigérés. Selon la revue *Canadian Grocer*³⁶, les systèmes de réfrigération au CO₂ coûtent moins cher à l'installation que les systèmes traditionnels, consomment moins d'énergie et leurs coûts d'entretien sont moins élevés.

Systèmes de réfrigération

Les systèmes de réfrigération représentent généralement l'utilisation la plus énergivore, représentant environ 40 % de la consommation énergétique totale du supermarché. Même de faibles économies réalisées dans ce domaine pourraient avoir des effets importants sur la consommation énergétique totale du bâtiment. Les systèmes de réfrigération sont essentiels pour assurer la sécurité des aliments et doivent donc être évalués par des spécialistes, pour s'assurer que les températures soient appropriées peu importe les conditions.

Contrairement aux autres environnements commerciaux où il est seulement nécessaire de contrôler la température, les supermarchés doivent aussi contrôler l'humidité. Des recherches poussées menées sur les conditions environnementales des supermarchés suggèrent que l'humidité relative doit être située entre 40 et 45 %. Cet écart permet de maintenir la belle apparence et la qualité des produits, de réduire le givre, de garder transparente la surface des présentoirs et d'économiser de l'énergie.

Les mesures ci-dessous sont réparties selon les mesures pour les présentoirs, les chambres de réfrigération et de congélation ainsi que les circuits de condensation et de compression. Consulter la section Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages en lien avec de telles améliorations.

Présentoirs

Liste des mesures pour le chauffage et le refroidissement (systèmes de réfrigérations : présentoirs)

- ✓ Utiliser des portes à dégagement zéro pour les présentoirs à température moyenne.
- ✓ Utiliser des rideaux de nuit sur les présentoirs à température moyenne durant les heures non occupées.
- ✓ Régler le cycle des appareils de chauffage anticondensation en fonction du point de rosée.
- ✓ Utiliser une commande de contrôle du dégivrage à la demande.
- ✓ Centraliser les compresseurs et les placer loin des espaces de vente.
- ✓ Utiliser des lampes DEL.
- ✓ Installer un moteur à commutation électronique sur les ventilateurs des évaporateurs.

³⁶ <http://www.canadiangrocer.com/uncategorized/at-supermarkets-natural-refrigeration-reaches-toward-a-tipping-point-31534> (en anglais seulement).

1 PARTIE

- **Utiliser des portes à dégagement zéro pour les présentoirs à température moyenne.** Les présentoirs fermés sont désormais la norme dans la conception des nouveaux supermarchés, d'ailleurs plusieurs compagnies offrent des trousse de modernisation pour l'équipement existant. En ajoutant des portes transparentes aux présentoirs réfrigérés ouverts, il est possible de réduire l'énergie consommée pour la réfrigération, ce qui augmente d'une part des économies pouvant être réalisées en lien avec les systèmes de CVCA du bâtiment et d'autre part le niveau de confort des consommateurs. Des études de cas ont démontré que des économies moyennes de 30 % peuvent être obtenues par l'installation de portes sur les présentoirs³⁷. Plusieurs études démontrent aussi que la présence de présentoirs fermés ne nuit pas aux ventes.

De plus, il n'est plus nécessaire d'appliquer de la chaleur autour des portes comme auparavant afin d'éliminer la condensation sur les cadres des portes et le verre pour les réfrigérateurs à température moyenne si l'humidité est bien contrôlée à l'intérieur du bâtiment.

Figure 17. Présentoirs de supermarché



- **Utiliser des rideaux de nuit sur les présentoirs à température moyenne durant les heures non occupées :** Les rideaux de nuit sont une mesure simple pour réduire la consommation énergétique des réfrigérateurs et congélateurs ouverts. Les rideaux de nuit sont faciles à installer le soir et à enlever le matin, et ils sont réfléchissants et maintenus en place par des aimants fixés au bas des présentoirs. La période de rentabilisation est établie à trois ans pour cette initiative³⁸.

Capteurs automatiques

En Nouvelle-Écosse, les magasins Sobeys ont installé des capteurs automatiques sur les systèmes de chauffage des réfrigérateurs vitrés.

« Lorsque l'humidité et la chaleur sont si élevées à l'intérieur du bâtiment que des problèmes de condensation surviennent, les portes des présentoirs sont munies de leur propre dispositif de chauffage », explique Keith Ross, gestionnaire principal de l'entretien et de la maintenance pour Sobeys Atlantique. « Cela dit, ils ne sont pas nécessaires à certains moments de l'année. Maintenant, ils s'allument et s'éteignent automatiquement. »

Source : Canadian Grocer, <http://www.canadiangrocer.com/uncategorized/at-sobeys-in-nova-scotia-lights-motors-and-going-green-22371> (en anglais).

³⁷ http://greeningretail.ca/best/energy-conservation/best_energy_conserv_refrig.d (en anglais seulement).

³⁸ idem.

1 PART

Réduction de la consommation d'électricité et de la chaleur grâce aux DEL

Thrifty Foods (C.-B.) a remplacé l'éclairage de ses présentoirs par un éclairage à DEL.

« Lorsqu'on remplace l'éclairage des présentoirs réfrigérés par un éclairage à DEL, on économise deux fois plus d'énergie », explique Jerry Wyshnowsky, gestionnaire de l'énergie chez Thrifty Foods. « Dans le cas des anciens présentoirs, vous payez plus pour l'électricité pour l'éclairage et en plus, cette lumière émet de la chaleur, ce qui fait qu'il faut dépenser encore plus d'énergie pour l'évacuer. Avec les DEL, l'éclairage consomme moins d'énergie sans introduire de la chaleur dans le présentoir. »

Source : BC Hydro, <https://www.bchydro.com/news/conservation/013/thrifty-foods.html> (en anglais seulement)

- **Régler le cycle des appareils de chauffage anticondensation en fonction du point de rosée :** La plupart des appareils de chauffage anticondensation fonctionnent à pleine puissance, de façon continue, toute l'année. Bien que ces appareils sont efficaces pour prévenir la condensation sur les portes, ils consomment plus d'énergie qu'il n'en faut surtout lorsque les conditions du magasin ne requièrent pas autant de chaleur. En surveillant le point de rosée du magasin, les contrôles peuvent être réglés pour activer les appareils de chauffage afin de fournir juste assez de chaleur nécessaire pour éviter la condensation des cadres et des vitres. Il est possible de réaliser 50 % d'économie pour les portes des présentoirs à basse température (congélateurs).
- **Utiliser une commande de contrôle du dégivrage à la demande :** Bien que la solution fréquemment employée repose sur des commandes synchronisées selon la température captée et munies d'une minuterie de secours, cette méthode de contrôle ne tient pas compte de la quantité de givre sur l'évaporateur. Par exemple, si le cycle de dégivrage ne suffit pas pour enlever toute la glace présente, les compresseurs du système de réfrigération doivent fonctionner plus longtemps en raison du rendement sous-optimal de l'évaporateur. À l'inverse, si la fonction de dégivrage est activée trop longtemps, l'appareil consomme de l'énergie inutilement. D'autres options sont possibles et fournissent un « contrôle à la demande » pour les cycles de dégivrage³⁹. Les solutions possibles incluent les méthodes qui arrêtent le cycle de dégivrage selon la pression de l'évaporateur, les cycles réglés selon l'humidité relative à l'intérieur des présentoirs et le givre accumulé mesuré par les capteurs optiques.
- **Centraliser les compresseurs dans une pièce située en retrait des espaces de vente :** Plusieurs présentoirs sont dotés de compresseurs intégrés. Cela crée un environnement bruyant près du présentoir ainsi qu'une perte d'une occasion d'avoir une condensation de haute efficacité (voir la section « **Systemes de compresseurs** », page 52). Afin d'éliminer la pollution sonore et d'améliorer l'efficacité du refroidissement, l'équipement devrait être mis à niveau de manière à intégrer au système de réfrigération central de l'établissement des compresseurs fonctionnant à distance.
- **Utiliser des lampes à DEL :** L'éclairage à DEL réduit la consommation d'énergie, augmente la luminosité et fournit un éclairage plus uniforme. Les lampes à DEL fonctionnent également bien dans un environnement froid; elles ont une durée de vie de plus de 50 000 heures dans un réfrigérateur et de 100 000 heures dans un congélateur⁴⁰. À des fins de comparaison, un luminaire fluorescent de 1,2 m dépense 32 W alors que l'équivalent à DEL consomme 15 W, ce qui représente une économie de 52 %.

³⁹ <http://info.ornl.gov/sites/publications/files/pub31296.pdf> (en anglais seulement).

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



1 PART

- **Installer un moteur à commutation électronique sur les ventilateurs des évaporateurs :** En règle générale, les ventilateurs des évaporateurs fonctionnent continuellement pour faire circuler l'air à l'intérieur des espaces réfrigérés. Un moteur à commutation électronique (MCE) est un moteur sans balais à courant continu et à aimants permanents qui peut fonctionner à haute efficacité et à une grande variété de vitesses. L'efficacité à pleine charge d'un MCE dépasse le seuil de 70 % (et 85 % dans certains cas), comparativement à celle des moteurs standards, dont l'efficacité se chiffre plutôt entre 25 et 50 %. Par exemple, un MCE de 44 W pourrait remplacer un moteur standard de 1/8 HP et de 135 W, ce qui entraînerait une économie d'énergie de 67 %.

Chambres froides et congélateurs-chambres

Liste des mesures pour le chauffage et le refroidissement (systèmes de réfrigérations : chambres de réfrigération et de congélation)

- ✓ Optimiser l'isolation.
- ✓ Installer des portes souples.
- ✓ Utiliser des commandes pour arrêter les ventilateurs lorsque les portes sont ouvertes.
- ✓ Interrompre le système de refroidissement lorsque les portes sont ouvertes.
- ✓ Installer des ventilateurs d'évaporateurs à deux vitesses.
- ✓ Ajouter des dispositifs de fermeture de porte.
- ✓ Installer des moteurs à commutation électronique sur les ventilateurs des évaporateurs.
- ✓ Utiliser un dégivreur dans les réfrigérateurs à moyenne température.
- ✓ Utiliser un dégivreur électrique de pointe dans les congélateurs à basse température.
- ✓ Utiliser des lampes DEL.
- ✓ Tirer profit du refroidissement naturel

- **Optimiser l'isolation :** Une isolation d'au moins 3,5 RSI (R-20) devrait être employée dans les chambres de réfrigération et d'au moins 5,0 (R-28) dans les chambres de congélation. L'isolant doit être résistant à l'humidité, comme les alvéoles fermées en styrène ou des panneaux en uréthane revêtus d'aluminium. Réviser les caractéristiques du fabricant pour toutes les chambres 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

Figure 18. Chambre de réfrigération



- **Utiliser des commandes pour arrêter les ventilateurs 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 réapprovisionnement ou de récupération de l'inventaire, la circulation d'air n'est plus nécessaire et elle pourrait d'autant plus favoriser 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.
- **Mettre en place des ventilateurs d'évaporateurs à deux vitesses :** Les moteurs à deux vitesses sont employés pour réduire à la fois la consommation d'électricité et les pertes de chaleur en réglant la vitesse des ventilateurs au niveau faible (par exemple, 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 à la vitesse au cube du ventilateur, la 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 présenté dans la section traitant des présentoirs, constitue également une technique efficace pour ce type de chambres.
- **Mettre en place un dégivreur électrique de pointe dans les congélateurs à basse température :** Les cycles habituels du dégivrage électrique sont contrôlés par une minuterie qui amorce et interrompt 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 de temps réguliers afin d'éviter le gel des serpentins. Par contre, le temps nécessaire pour le dégivrage varie selon les conditions de la chambre. Afin d'obtenir un dégivrage adéquat et suffisant, 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 efficace pour les chambres de réfrigération. Un système de refroidissement gratuit souffle de l'air extérieur froid vers 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, à Montréal, on enregistre des températures extérieures inférieures à 4 °C pendant 3 563 heures par année. Un certain nombre d'entreprises ont conçu des systèmes de mise à niveau pour ces applications.

1 PART

- **Installer des portes souples :** Les portes souples sont employées pour réduire la charge de refroidissement associée à l'infiltration d'air non réfrigéré à l'intérieur des espaces réfrigérés, tel que les chambres de réfrigération et de congélation. Des études en ingénierie démontrent que les portes des chambres froides sont habituellement ouvertes pour un total de 2 h à 2 h 30 par jour. Selon différentes études menées aux É.-U., l'économie d'énergie moyenne associée aux portes souples varie entre 420 kWh/porte/année pour les réfrigérateurs et environ 2 900 kWh/porte/année pour les congélateurs⁴¹.
- **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 pénétrera à l'intérieur, et l'air froid s'en échappera, chaque fois que les portes seront ouvertes. Des commandes de compresseur simples qui détectent une porte ouverte pourraient éliminer cette énergie perdue inutilement.
- **Ajouter des dispositifs de fermeture de porte :** Il est possible d'ajouter des dispositifs de fermeture de porte afin d'éliminer les portes laissées ouvertes par accident, et ainsi les charges de refroidissement additionnelles.
- **Utiliser un dégivreur 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 traditionnellement réglés à 4 °C, température acceptable pour le dégivrage. Le 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'intérieur du réfrigérateur.
- **Utiliser des lampes à DEL :** L'éclairage à 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 congélateur⁴². À des fins de comparaison, un luminaire fluorescent de 1,2 m dépense 32 W alors que l'équivalent à DEL consomme 15 W, ce qui représente une économie de 52 %.

⁴¹ www.oesolutions.net (en anglais seulement).

⁴² <http://blog.uscooler.com/retrofit-led-lights-c-store/> (en anglais seulement).

1 PARTIE

Exemple concret : Thrifty Foods (C.-B.)

À Thrifty Foods, les systèmes de réfrigération transfèrent la chaleur pour chauffer l'eau et d'autres parties du magasin. Durant la saison froide, la chaleur ainsi transférée nécessite parfois une source de chaleur d'appoint, mais le reste du temps la chaleur récupérée (rejetée par les systèmes de refroidissement) suffit pour réchauffer l'eau et l'espace selon les besoins des magasins.

Source : Thrifty Foods, <http://www.thriftyfoods.com/EN/minor/about/sustainability/green-aisle/green-buildings.html> et Hydro C.-B. (en anglais), <https://www.bchydro.com/news/conservation/2013/thrifty-foods.html> (en anglais).

Figure 19. Compresseurs de réfrigération



Systèmes de compresseurs

Liste des mesures pour le chauffage et le refroidissement (systèmes de réfrigérations : systèmes de compresseurs)

- ✓ Récupérer la chaleur à partir des circuits de condensation.
- ✓ Utiliser des condenseurs et des prérefroidisseurs hybrides.
- ✓ Réduire les valeurs de la pression de condensation variable et d'aspiration variable.
- ✓ Utiliser des détendeurs électroniques.
- ✓ Installer des ventilateurs à vitesse variable sur les condenseurs de basse température.
- ✓ Ajouter au circuit du condenseur un dispositif de sous-refroidissement à la réfrigération ambiante.
- ✓ Installer des compresseurs et des commandes numériques.

■ **Récupérer la chaleur à partir des circuits de condensation** : Afin de maintenir les conditions de conservation des aliments dans les présentoirs et entrepôts réfrigérés, les systèmes de réfrigération doivent fonctionner en permanence. Par conséquent, une quantité importante de chaleur est dégagée vers le circuit du condenseur. Puisque cette chaleur est de qualité inférieure, parce qu'elle est d'une température moins élevée, la récupération de cette chaleur n'est utile que pour le réchauffement de l'espace ou de l'eau.

■ **Utiliser des condenseurs hybrides et un système de prérefrigération** : Les condenseurs hybrides forment une option intéressante en présence de tarifs d'électricité différents pour les périodes de pointe et de demandes élevées durant la saison estivale. Il s'agit d'un condenseur à refroidissement à air qui utilise la méthode de refroidissement par évaporation durant les périodes de forte demande de climatisation (températures ambiantes élevées). La méthode de refroidissement par évaporation réduit les températures maximales de condensation saturée ainsi que l'utilisation du compresseur comparativement aux condenseurs à air. En dehors de ces conditions particulières aux périodes de forte demande, le condenseur à air standard élimine le besoin d'eau et diminue potentiellement la pression de refoulement, comparativement à un condenseur à évaporation.

Un système de prérefrigération par évaporation pourrait être ajouté aux condenseurs à air standards pour tirer profit d'un refroidissement encore plus efficace durant les périodes de pointe. Des stratégies de contrôle doivent être mises en place en vue d'optimiser l'efficacité de la saturation et d'autres objectifs relevant de l'équilibre de manière à répondre aux pressions additionnelles en

matière d'électricité (ventilateur) ou de circulation d'air (condensateur). Pour évaluer la rentabilité d'un système hybride, il faut tenir compte du rendement horaire sur une base annuelle.

■ Réduire les valeurs de la pression de condensation variable et d'aspiration

variable : Les systèmes de réfrigération ont habituellement des valeurs de consigne fixes pour les hautes et les basses pressions qui indiquent aux compresseurs quand il faut se mettre en marche ou cesser de fonctionner. Ces valeurs de consigne sont souvent déterminées par les exigences de refroidissement durant les étés chauds et humides, mais ils sont rarement ajustés pour permettre aux systèmes de réfrigération de maximiser l'utilisation des températures ambiantes moins élevées durant le reste de l'année. La réduction de la pression de refoulement en fonction de la capacité du condenseur à fournir du refroidissement « gratuit » diminue considérablement la consommation d'énergie du système de façon générale. Sachant que des températures de moins de 15 °C sont enregistrées dans certaines zones climatiques canadiennes pendant une bonne majorité de l'année, plusieurs supermarchés à travers le pays seraient des candidats idéaux à cette mesure d'économie d'énergie⁴³.

■ **Utiliser des détendeurs électroniques :** Bien qu'il ne soit pas nécessaire de régler la commande de la pression de condensation variable, les détendeurs électroniques assurent un contrôle plus précis des différents types de pression d'aspiration. Ainsi, le système peut fonctionner à une pression moins importante que celle fournie lorsqu'un détendeur thermostatique standard est utilisé, lequel fonctionne mieux lorsque la pression d'aspiration est réglée à une seule valeur déterminée. Lorsque le contrôle de la pression de condensation variable fonctionne en même temps que les détendeurs électroniques, il est possible d'économiser de l'énergie pendant plus d'heures par année.

■ **Installer des ventilateurs à vitesse variable sur les condenseurs de basse température :** La majorité des systèmes de réfrigération sont conçus de façon à prendre en considération les pires conditions, à charge maximale (température ambiante élevée et forte humidité). Or, la plupart du temps, les charges ne sont pas au maximum et la pleine capacité du système n'est pas nécessaire. Normalement, les moteurs des condenseurs fonctionnent constamment à plus haute vitesse que nécessaire ou alors sont activés et désactivés fréquemment. La production excessive d'énergie est une perte et le fait d'activer et de désactiver régulièrement les moteurs accélère l'usure et raccourcit le cycle de vie de ces moteurs et d'autres composants. Un mécanisme d'entraînement à fréquence variable est utile pour régulariser le fonctionnement des ventilateurs des condenseurs puisqu'il fournit une capacité constante qui correspond à la charge

1 PARTIE

Sobeys inc. a installé de nouveaux systèmes de réfrigération au CO₂ munis de récupérateurs de chaleur dans 72 de ses magasins. Le CO₂ a une incidence moins importante sur le réchauffement climatique que les réfrigérateurs traditionnels et il coûte moins cher sur les plans de l'exploitation et de l'entretien. Un magasin moyen a réduit de 62 % ses émissions de dioxyde de carbone, de 15 % sa consommation électrique et de 75 % sa consommation de gaz naturel.

Source : Sobeys, <http://corporate.sobeys.com/fr/success-stories/>.

⁴³ Revue RSES, avril 2014 : *EEVs Enabling Low Condensing Refrigeration*, par Andre Patenaude. https://www.rses.org/assets/rses_journal/0414_Condensers.pdf (en anglais seulement).

1 PARTIE

en question, économisant ainsi de l'énergie en éliminant le fonctionnement à surcapacité. De plus, le fonctionnement à vitesse variée diminue les entretiens ultérieurs et prolonge la durée de vie du compresseur et du moteur du ventilateur.

- **Ajouter au circuit du condenseur un dispositif de sous-refroidissement à la réfrigération ambiante :** La réduction de la température du liquide réfrigérant sous le point de condensation est appelée sous-refroidissement. Plus le réfrigérant est froid, plus la capacité de refroidissement par unité de réfrigérant est importante et/ou le fonctionnement du compresseur est réduit, soit deux conséquences qui économisent de l'énergie. Le sous-refroidissement est réalisable en utilisant l'air ambiant ou l'eau ambiante pour extraire la chaleur au moyen d'une tour de refroidissement surdimensionnée ou en ajoutant un échangeur de chaleur dans la partie du circuit de condensation où circule le liquide réfrigérant.
- **Installer des compresseurs et des commandes numériques :** Les compresseurs numériques Scroll modifient la capacité en fonction des charges (entre 10 à 100 %). Les compresseurs conventionnels fonctionnent au maximum de leur capacité et utilisent des circuits de dérivation des gaz chauds dans les cas de charge partielle. La capacité de moduler les compresseurs réduit la consommation d'énergie jusqu'à 30 %. Le tableau 3 montre les économies réalisées grâce aux charges partielles.

Tableau 3. Rendement du compresseur classique comparativement au numérique

| % de capacité maximale | TRE* du circuit 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 |

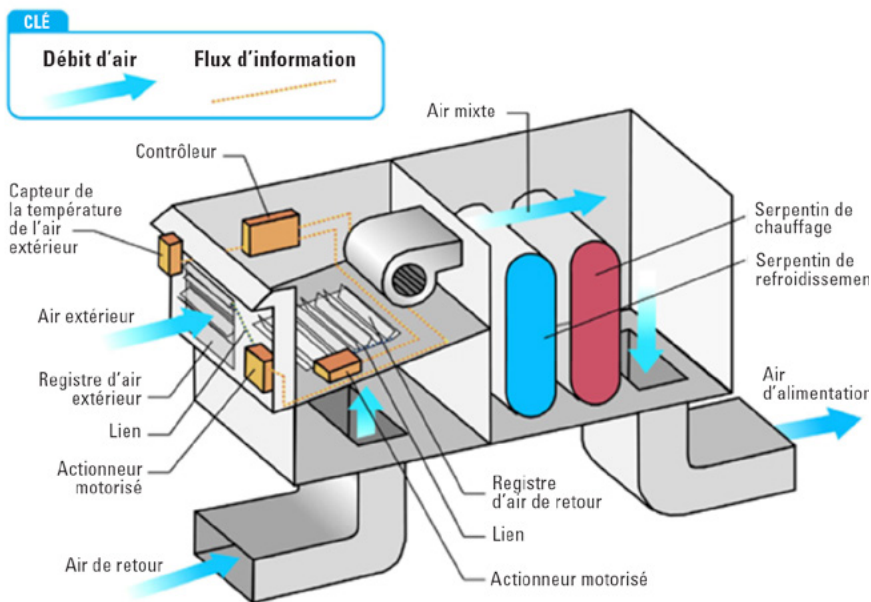
*Taux de rendement énergétique (EER: energy efficiency ratio)

1 PARTIE

Unités de toit

Plus d'un tiers de la superficie utile des bâtiments commerciaux et institutionnels canadiens est conditionné par des unités de toit intégrées et autonomes⁴⁴. Les unités de toit sont habituellement configurées avec un système de combustion au gaz naturel ou des éléments chauffants électriques pour le chauffage et un mode de refroidissement par détente directe (DX). Dans certains cas, elles possèdent aussi des roues ou des noyaux de récupération de chaleur. Elles peuvent aussi être configurées avec une thermopompe ou, dans de rares cas, le chauffage de l'unité peut provenir d'un serpentin d'eau chaude alimenté par un système de chaudières central. De plus, les unités peuvent être à débit constant ou à débit variable. La figure 20 illustre la configuration type d'une unité de toit.

Figure 20. Unité de toit typique



Source : EPA des É.-U.

Les unités de toit ont deux utilités distinctes : le chauffage et le refroidissement. Puisque l'industrie des unités de toit est plus présente dans les régions où la climatisation est nécessaire, les unités de toit sont réputées pour leur capacité de refroidissement (c.-à-d. le taux d'efficacité énergétique intégré). L'industrie de fabrication des unités de toit n'est pas aussi centrée sur l'efficacité quant au chauffage, et l'information sur ce sujet n'est pas publiée aussi souvent. Aussi, plus les unités sont efficaces quant à la climatisation, moins elles le sont pour le chauffage et vice versa.

⁴⁴ Ressources naturelles Canada. 2000. *Enquête sur la consommation d'énergie dans les bâtiments commerciaux et institutionnels*.

1 PARTIE

Remarque : Une tonne de capacité de refroidissement = 3,5 kW ou 12 000 Btu/h.

L'efficacité des unités de toit a considérablement évolué au cours des 15 dernières années en raison des technologies de modernisation reliées à des dispositifs de commande susceptibles de réaliser des économies de plus de 50 %. Selon l'efficacité et l'âge de l'unité de toiture, il existe des lignes directrices pour le remplacement complet de l'unité ou pour sa mise à niveau. Par exemple, si l'unité de toiture est âgée de 15 ans (ce qui représente la durée de vie prévue) ou plus, il serait plus pertinent de la remplacer. Par contre, si l'unité de toiture n'a que cinq ans, sa mise à niveau serait une bonne solution.

L'efficacité du chauffage des anciennes unités de toit varie entre 60 et 75 %, tandis que les unités de toit récentes démontrent une efficacité de plus de 80 % pour les modèles sans condensation et de plus de 90 % pour les modèles à condensation.

Le tableau 4 montre l'évolution des normes d'efficacité de refroidissement.

Tableau 4. Évolution des normes d'efficacité relatives aux 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 indicateurs suivants en matière d'efficacité de refroidissement des unités de toit sont établis par l'*Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute* (AHRI), une association commerciale américaine qui représente les fabricants d'équipements de climatisation :

- Le taux de rendement énergétique (TRE) mesure la puissance frigorifique d'un climatiseur lorsque l'appareil fonctionne continuellement. On le calcule en divisant la capacité de refroidissement de l'appareil, exprimée en Btu/h, par la quantité d'électricité consommée, exprimée en watts, pour la charge maximale. L'électricité consommée tient compte des compresseurs, des moteurs des évaporateurs et des commandes.
- Le taux d'efficacité énergétique intégré (TREI) représente l'efficacité de refroidissement pour une charge partielle selon un fonctionnement pondéré pour différentes capacités de charge. Il s'applique aux unités de toit avec des efficacités de refroidissement égales ou supérieures à 19 kW (5,4 tonnes).
- Le taux de rendement énergétique saisonnier (TRES) est la mesure du rendement d'un climatiseur ajusté pour la saison selon les charges résidentielles représentatives, contrairement au TRE, qui décrit l'efficacité de façon ponctuelle. Le TRES s'applique seulement aux unités de toit qui ont une capacité de refroidissement de moins de 19 kW. Bien que les unités de moins de 19 kW à alimentation triphasée soient considérées comme des appareils commerciaux, elles emploient les mêmes valeurs de TRES que les appareils résidentiels, parce que ces petites unités sont similaires aux unités monophasées pour

une utilisation résidentielle, qui sont très répandues dans le marché parmi les unités dans cette catégorie de taille. Les anciennes unités de moins de 19 kW présentent souvent un TRES aussi bas que 6, comparativement aux unités modernes qui varient entre 12 et 16,8.

Le Consortium for Energy Efficiency (CEE) est un organisme sans but lucratif qui encourage l'adoption des technologies écoénergétiques décrites sous la norme Tier 1 de 1993, qui recommande comme efficacité minimale un TRE d'au moins 10,3, 9,7 et 9,5 pour les catégories d'appareils de petites, grosses et très grosses tailles, respectivement.

Dans le cadre de la Campagne Rooftop Campaign du Département de l'énergie des États-Unis, qui encourage l'adoption des unités de toitures efficaces, les spécifications en matière d'efficacité ont été augmentées pour atteindre un TREI minimal de 18 pour les unités de 35 à 70 kW (10 à 20 tonnes) afin de lancer un défi aux fabricants. L'industrie a répondu à ce défi de manière positive et un certain nombre de fabricants proposent dorénavant des unités qui répondent à cette demande exigeante, dont plusieurs sont offertes sur le marché canadien.

Liste des mesures pour le chauffage et le refroidissement (unités de toit)

Mesures de réaménagement

- ✓ Convertir le système à volume constant en système à flux variable à l'aide de la commande de contrôle de la demande et de l'économiseur.
- ✓ Ajouter une commande pour le compresseur afin de réduire le temps d'opération.
- ✓ Ajouter un clapet économiseur.
- ✓ Modifier la commande pour qu'une vidange matinale s'effectue durant la saison estivale.
- ✓ Modifier les commandes pour fermer les volets d'évacuation extérieurs pendant la période de réchauffement matinale au cours de la saison froide.

Mesures de remplacement

- ✓ Remplacer les unités de toit.

Habituellement, la mise à niveau des unités de toit en vue de réaliser des économies d'énergie se fait par l'ajout de commandes plutôt que d'équipements écoénergétiques (comme des systèmes de récupération de la chaleur) ou le remplacement du moteur. Par contre, il est parfois possible d'ajouter de l'équipement écoénergétique. Les mesures suivantes s'appliquent aux mises à niveau :

1 PARTIE

Le Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) a créé un outil, appelé **Rooftop Unit Comparison Calculator** (<http://www.pnnl.gov/uac/costestimator/main.stm>, en anglais seulement), qui permet de comparer le coût de la durée de vie des équipements à haute efficacité à celui des équipements standards.

Cet outil disponible sur internet fournit une estimation du coût de la durée de vie de l'unité, de la simple période de rentabilisation, du rendement des investissements et du rapport épargne-investissement. Les simulations emploient les conditions météorologiques de lieux situés aux É.-U.; l'outil pourrait toutefois fournir une estimation convenable pour des analyses de rentabilité pour certaines régions canadiennes qui connaissent les mêmes conditions climatiques.

1 PARTIE

- **Convertir le système à volume constant en système à flux variable à l'aide de la commande de contrôle de la demande et de l'économiseur :** Sur le marché actuel, il existe deux technologies monoblocs reconnues par les services publics et acceptées dans le cadre des programmes incitatifs de conservation. Pour les unités de toit à volume constant dont la capacité est supérieure à 17 kW (5 tonnes), il existe une trousse complète de mise à niveau du dispositif de commande qui convertit le système à volume constant en système à flux variable à l'aide d'une commande de contrôle de la demande et d'un économiseur. Une étude de terrain menée par le *Pacific Northwest National Laboratory* (PNNL)⁴⁵ présente une analyse indépendante de cette technologie ayant pour résultat une réduction de 22 à 90 % de la consommation d'énergie annuelle des unités de toit, avec une réduction moyenne de 57 %, toutes unités de toit confondues.
- **Ajouter une commande pour le compresseur afin de réduire le temps d'opération :** Pour les unités de toit de moins de 17 kW, il existe des dispositifs de commande monobloc qui réduisent la consommation énergétique des climatiseurs. Ces dispositifs contrôlent les cycles du compresseur en vue de réduire leur temps d'opération sans interrompre le refroidissement généré par l'unité. Les systèmes de refroidissement sont habituellement conçus pour satisfaire à la demande des périodes de pointe, plus une certaine marge de manœuvre, et de manière continue jusqu'à ce que le thermostat de la salle indique que la valeur déterminée est atteinte. Or, dans la plupart des cas, l'unité n'atteint jamais son rendement maximal et le système est beaucoup plus puissant que la charge demandée. Des dispositifs de commande qui détectent la saturation thermodynamique de l'échangeur de chaleur éteignent le compresseur pour éviter un refroidissement excessif. L'expérience en industrie démontre une économie moyenne de 20 % de l'énergie consommée.
- **Ajouter un clapet économiseur :** Certains fabricants conçoivent des clapets économiseurs qui peuvent être installés sur quelques modèles d'unités de toit. Ils permettent de tirer profit du « refroidissement gratuit » lorsque les conditions de l'air extérieur le permettent. (Pour de plus amples renseignements, consultez la section **Mise en service d'un bâtiment existant**.) Si le clapet économiseur n'est pas inclus dans le produit original, il est possible d'en ajouter un en vue d'économiser de l'énergie. S'il est impossible de poser un économiseur sur l'unité existante dans le cadre des travaux de mise à niveau, il faut considérer de la remplacer par une nouvelle unité de toit.

⁴⁵ 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

- **Modifier la commande pour qu'une vidange matinale s'effectue durant la saison estivale :** Durant les saisons chaudes, il faut préalablement refroidir le bâtiment avec de l'air en provenance de l'extérieur (lorsque les conditions le permettent) avant de démarrer le refroidissement mécanique. Dans cette optique, le régulateur détecte les conditions d'air extérieur acceptables et envoie un signal prioritaire au clapet économiseur afin qu'il s'ouvre complètement. Pendant ce mode de fonctionnement, le système de récupération de la chaleur doit être interrompu afin de tirer parti du « refroidissement gratuit ».
- **Modifier les commandes pour fermer les volets d'évacuation extérieurs pendant la période de réchauffement matinale au cours de la saison froide :** Pour économiser de l'énergie, abaisser la température des pièces pendant les périodes d'inoccupation au moyen de réglages constitue une pratique courante. La température reprend la valeur déterminée pour la période d'occupation avant l'arrivée des occupants. Durant cette période de réchauffement, il faut s'assurer que les clapets extérieurs sont complètement fermés. Cette pratique permet d'économiser de l'énergie puisque le système réchauffe l'air en circulation plutôt que l'air extérieur, plus froid.

Les lignes directrices préconisent souvent le **remplacement** des unités existantes par des unités à haute efficacité. Sachant qu'il est possible de faire des économies d'au moins 50 % sur un système combiné de chauffage et de climatisation, il est parfois plus rentable de remplacer une unité de toit avant la fin de durée de vie prévue de l'équipement.

- **Remplacer les unités de toit :** Le remplacement d'une unité de toit existante apportera de nombreux gains en matière d'efficacité, surtout lorsque les unités à haute efficacité sont munies de ventilateurs et de compresseurs à vitesse variable, d'un système de récupération d'énergie et d'options de combustion de gaz à condensation. Les unités de toit sont évaluées selon leurs capacités de refroidissement (en kilowatt ou en tonne), avec des capacités de chauffage nominal réglé selon la capacité de refroidissement. Il faut apporter une attention minutieuse aux caractéristiques techniques du produit pour reconnaître les options de combustion à gaz à haute efficacité. Le remplacement d'une unité existante par une unité moderne de pointe génère de nombreux gains en efficacité et augmentera le confort des occupants en offrant un meilleur contrôle. Depuis 2011, il y a eu des progrès considérables dans le rendement des unités de toit. Lors de la sélection de l'équipement d'une unité, 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 chauffage, du refroidissement et du moteur. Par ailleurs, lorsqu'un remplacement est l'option considérée, la taille de l'équipement doit être revue pour s'assurer de choisir celle qui convient le mieux. Parmi les caractéristiques offertes par les unités de toit modernes de pointe, on retrouve :

Les nouvelles unités de toit devraient être dotées d'un système de **récupération d'énergie**. Par exemple, les roues d'énergie ou d'enthalpie assurent la récupération de la chaleur sensible et latente de l'air évacué, puis son transfert vers l'air froid arrivant de la ventilation, habituellement plus sec. Les roues d'énergie tendent à avoir un bon rendement de récupération de chaleur, grâce à un facteur d'efficacité situé entre 60 et 72 % pour la chaleur sensible et entre 50 et 60 % pour la chaleur latente.

1 PARTIE

- des compartiments isolés pour accroître l'efficacité énergétique et diminuer la propagation du bruit;
- des commandes de chauffage modulées ou à plusieurs étapes avec une marge de réglage de 10:1;
- des moteurs de ventilateur à commutation électronique à vitesse variable;
- des compresseurs à spirale à vitesse variable dotés d'une efficacité supérieure à charge partielle;
- un système de récupération de la chaleur et de l'énergie de l'air évacué;
- un contrôle de la demande en matière de ventilation qui fonctionne avec des capteurs de CO₂;
- Une thermopompe optionnelle;
- un TRES jusqu'à 16,8 et un TREI jusqu'à 21;
- une option de surveillance de l'énergie et du temps d'opération à distance.

Les unités de toit de type chauffage à condensation avec un AFUE (pour Annual Fuel Utilization Efficiency [rendement énergétique annuel]) jusqu'à 94 % sont une considération particulière pour les bâtiments 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 TRES de 16.8 et un TREI de 21. Actuellement, il n'existe pas de fabricant qui fournit une unité de toiture monobloc à la plus haute efficacité de chauffage et de refroidissement.

Consultez la section [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages que deux exemples types d'amélioration peuvent procurer.

Chauffage d'entrepôts

Cette section traite de l'équipement de chauffage d'entrepôts.

Liste des mesures pour le chauffage et le refroidissement (chauffage d'entrepôts)

- ✓ Installer des radiateurs à infrarouge.
- ✓ Installer des générateurs individuels à combustion directe, haute température et ventilateur à montage refoulant.

- **Intaller des radiateurs à infrarouge :** L'énergie infrarouge réchauffe les gens, les planchers, les murs et les autres surfaces de manière directe sans avoir à réchauffer l'air en premier. Le résultat est un effet de réchauffement semblable à celui produit par le soleil par une journée fraîche. Lorsqu'un radiateur à infrarouge est utilisé dans un espace clos, les objets qui se trouvent à l'intérieur absorbent l'énergie infrarouge émise. Une fois absorbée, cette énergie est

convertie en chaleur qui réchauffe ensuite l'air ambiant. En revanche, dans le cas des systèmes de chauffage à air pulsé, l'air doit d'abord être réchauffé avant de circuler afin de réchauffer les objets et les personnes qui se trouvent dans l'espace.

Des chercheurs de l'*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) ont découvert que les radiateurs à infrarouge peuvent réduire d'au moins 15 % la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir une température confortable dans un bâtiment (charge calorifique)⁴⁶. Les économies sont le résultat d'un apport de chaleur concentré à l'endroit où il est nécessaire plutôt que le réchauffement de l'air présent dans l'ensemble de l'espace.

Les radiateurs peuvent également réchauffer efficacement des aires comme les quais de chargement, où des portes sont fréquemment ouvertes et fermées. Lorsqu'une porte s'ouvre, l'air chaud présent dans l'espace s'échappe rapidement vers l'extérieur. Un radiateur permet toutefois de maintenir une température confortable pour les occupants.

- **Installer des générateurs individuels à combustion directe, haute température et ventilateur à montage refoulant :** Les générateurs individuels à combustion directe permettent d'économiser de l'énergie en plus d'améliorer le confort thermique et la qualité de l'air intérieur. Ce type d'appareil de chauffage amène de l'air d'appoint dans l'entrepôt de l'air qu'il réchauffe à l'aide de brûleurs situés en aval d'un ventilateur, ce qui le rend très efficace dans les entrepôts dotés de dispositifs d'extraction mécanique où les plafonds sont élevés. Une économie d'énergie de 15 % peut être réalisée comparativement au système de chauffage de base 90.1 de l'ASHRAE (un aérotherme indirect dont les produits de combustion sont évacués à l'extérieur)⁴⁷. Les avantages comprennent :
 - ▶ Cet appareil affiche un rendement de combustion de 100 % et une efficacité thermique de 92 %.
 - ▶ Il réagit rapidement aux variations de la charge causées notamment par l'ouverture des portes d'un quai de chargement, grâce à sa capacité d'échauffement élevée.
 - ▶ Son rapport de mélange d'induction élevé réduit au minimum la stratification de la température.

1 PARTIE

Figure 21. Radiateur infrarouge



⁴⁶ 2008 ASHRAE® HANDBOOK: *Heating, Ventilating, and Air-Conditioning SYSTEMS AND EQUIPMENT*, chapitre 15, p. 15.1, « Energy Conservation », American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2008.

⁴⁷ Jim Young, Navigant Consulting Inc. *Field Demonstration of High Efficiency Gas Heaters*, octobre 2014. Rapport préparé pour le Département de l'énergie des États-Unis.

1 PARTIE

Chauffe-eau domestique

Le chauffage de l'eau représente 2 % de l'énergie utilisée par les supermarchés canadiens, il s'agit donc d'une charge relativement insignifiante. Néanmoins, il y a de nombreuses occasions d'économiser de l'énergie.

Liste des mesures pour le chauffage et le refroidissement (chauffe-eau domestique)

- ✓ Installer des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit.
- ✓ Préchauffer l'eau domestique en récupérant la chaleur provenant des appareils de réfrigération.
- ✓ Remplacer les chauffe-eau existants par des appareils plus efficaces.
- ✓ Remplacer le système à réservoir par un appareil fonctionnant à la demande.

- **Installer des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit :** Le faible débit de l'eau qui sort des robinets et des pommes de douche réduit la consommation d'eau chaude. L'installation d'accessoires qui permettent d'économiser l'eau représente le moyen le plus abordable de réduire la consommation d'énergie, et ce travail peut aisément être effectué par le personnel chargé des opérations du bâtiment. Les produits qui sont offerts ont un débit aussi bas que 0,95 l/min pour les robinets et 4,7 l/min pour les pommes de douche.
- **Préchauffer l'eau domestique en récupérant la chaleur provenant des appareils de réfrigération :** Les systèmes de réfrigération des supermarchés dégagent de la chaleur de manière presque continue. Cette chaleur peut être récupérée à partir du circuit de condensation en utilisant des échangeurs de chaleur reliés au chauffe-eau. Pour de plus amples renseignements, consultez la section [Systèmes de réfrigération](#).
- **Remplacer les chauffe-eau existants par des appareils plus efficaces :** Les chauffe-eau existants qui ont plus de 20 ans fonctionnent avec une efficacité allant de 60 % à 80 %. Ces derniers peuvent être remplacés par de nouveaux appareils dont l'efficacité peut atteindre 95 % lorsqu'ils sont à condensation. Consultez la section [Lignes directrices pour l'analyse de rentabilité](#) pour obtenir de l'information sur les coûts et les avantages en lien avec de telles améliorations.
- **Remplacer le système à réservoir par un appareil fonctionnant à la demande :** Habituellement, on trouve seulement deux toilettes dans un supermarché (une pour les hommes et une pour les femmes). Par conséquent, il est possible de remplacer un chauffe-eau central par un chauffe-eau électrique ou au gaz qui fonctionne à la demande près du point d'utilisation. Les chauffe-eau qui fonctionnent à la demande ne comportent pas de réservoir, car ils



PARTIE

chauffent l'eau lorsqu'elle circule dans l'échangeur de chaleur. Ces types de chauffe-eau sont environ 20 % plus efficaces que ceux équipés d'un réservoir qui fonctionnent au gaz^{48,49}. Les économies qu'ils permettent de réaliser sont attribuables à l'absence de réservoir, qui entraîne des pertes dans les systèmes courants.

Il existe deux types de chauffe-eau à la demande de base. Les petits appareils électriques qui peuvent être installés près du point d'utilisation s'avèrent très utiles lorsqu'il n'y a que deux toilettes. Les plus grands appareils qui fonctionnent au gaz sont plus appropriés dans les cas où il y a plusieurs toilettes. Les chauffe-eau à la demande sont généralement plus chers que ceux dotés d'un réservoir. Une analyse de tous les coûts liés à ces appareils pourrait être utile afin de déterminer s'ils présentent des avantages du point de vue financier.

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 de contracter la bactérie 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.

⁴⁸ ENERGY STAR. ENERGY STAR Certified Water Heaters. energystar.gov/productfinder/product/certified-water-heaters/results (en anglais seulement).

⁴⁹ 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.

PARTIE

Ressources naturelles Canada offre une panoplie de ressources et de lignes directrices afin de vous aider à améliorer l'efficacité énergétique de vos bâtiments.

- *Guide de reconditionnement 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 consulter ces documents et d'autres ressources, visitez notre site Web à <http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/13563>.

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

Numéro sans frais : 1-877-360-5500

L'ÉPICERIE KUDRINKO'S : UNE ÉTUDE DE CAS

PARTIE 2

En s'attaquant d'emblée à la question de l'efficacité énergétique, le propriétaire de Kudrinko's a pu réduire de 40 % les coûts énergétiques et plus de la moitié des émissions de GES de son commerce.

« Je suis heureux d'être un chef de file en matière de durabilité ainsi que dans le secteur de l'alimentation au Canada. De toutes les choses que nous avons accomplies au cours des 25 dernières années, l'efficacité énergétique est celle dont je suis le plus fier. »

– Neil Kudrinko, propriétaire

Kudrinko's est une épicerie indépendante située à Westport en Ontario. Le magasin, construit au début des années 1960, commençait à montrer des signes de vieillissement. Neil Kudrinko, le propriétaire, explique qu'après avoir remarqué une augmentation substantielle de ses coûts énergétiques entre 2004 et 2006, il a décidé que des rénovations s'imposaient.

« Nos coûts énergétiques avaient grimpé de 50 % dans un très court laps de temps », a-t-il dit. « En même temps, rien n'avait été entrepris pour corriger les problèmes liés aux trous dans l'enveloppe du bâtiment, à l'ancienne chaudière ou aux compresseurs. Étant donné que le prix de l'énergie n'allait pas baisser, le meilleur moyen de réduire nos coûts d'exploitation, d'un point de vue commercial, était de réduire notre consommation. »

Les principaux avantages

- ✓ L'épicerie Kudrinko's économise environ 24 000 \$ par année sur ses coûts liés aux combustibles et à l'énergie.
- ✓ La consommation d'électricité est passée de 480 MWh à 395 MWh par année.
- ✓ La conversion au propane a permis d'éliminer la consommation de 27 000 litres de mazout par année⁵⁰.
- ✓ En 2014, Kudrinko's a été le premier épiciers canadiens à obtenir la *Grocery Stewardship Certification (GSC)*⁵¹.
- ✓ Les émissions ont été réduites de plus de 120 tonnes.

⁵⁰ Le propane produit moins d'émissions de GES que le mazout.

⁵¹ Le programme du GSC, qui a vu le jour aux États-Unis, a été mis sur pied afin de rendre le secteur de l'alimentation plus durable grâce à des améliorations et à l'engagement des employés de manière continue. <http://grocerycert.org/> (en anglais seulement).

Figure 22. Martha et Neil Kudrinko



Martha et Neil Kudrinko font part de l'engagement de leur magasin envers la durabilité.

Photo : courtoisie de Kudrinko's.

PARTIE 2

Obtenir de l'information

Neil Kudrinko est un homme des plus pragmatiques. Il adore découvrir de nouveaux systèmes et trouver des moyens de les améliorer. Pendant qu'il étudiait à l'Université Carleton à Ottawa, il a commencé à éprouver une fascination pour la géographie humaine, en particulier pour la manière dont le cadre bâti exerce une influence sur le milieu naturel.

« Mon travail à l'Université Carleton m'a permis de prendre véritablement conscience de ce qui était possible », a-t-il déclaré. Neil Kudrinko est retourné étudier à l'université plus tard tout en continuant de travailler au magasin, qui était la propriété de son père à cette époque. Il a alors commencé à comparer les notions apprises à la réalité de l'épicerie Kudrinko's. « Ça m'a permis de comprendre ce qui devait se passer. »

Les connaissances acquises se sont avérées précieuses quand est enfin venu le temps de rénover le magasin en 2008. Le projet de rénovation comprenait plusieurs mesures qui visaient l'efficacité énergétique et prévoyait la construction d'un nouvel entrepôt, qui devait également accueillir un nouveau système CVCA.

Certains compteurs écoénergétiques avaient déjà été installés quelques années auparavant, mais étant donné l'état du bâtiment et de ses systèmes, le nouvel équipement avait une allure d'« d'une voiture de sport flambant neuve dotée d'un moteur quatre cylindres », selon les dires de Neil Kudrinko. Cette expérience a toutefois été pour lui une occasion d'apprendre.

« J'ai appris à connaître assez bien l'entrepreneur en réfrigération, puis j'ai acquis une bonne compréhension des mécanismes et des principes liés aux systèmes de réfrigération, ainsi que les effets de la météo sur les conditions d'exploitation », a-t-il affirmé.

Neil Kudrinko s'intéressait particulièrement à la quantité d'émissions de GES produites par le magasin. Il a donc commencé à participer à Carbon Counted, un programme de déclaration des émissions de carbone mis sur pied par la Fédération canadienne des épiciers indépendants. D'après Neil Kudrinko, le programme a été élaboré afin de montrer aux gouvernements provinciaux et fédéral que le secteur de l'alimentation tenait sérieusement à agir pour contrer les changements climatiques.

Carbon Counted lui a permis de découvrir que son épicerie avait produit près de 195 tonnes de CO₂ en 2007.

« En plus des bénéfices financiers réalisés grâce à nos projets visant l'efficacité énergétique, nous avons toujours perçu la réduction des émissions de carbone comme étant un élément clé de nos responsabilités environnementales et commerciales », a-t-il expliqué. « Le suivi de nos émissions de CO₂ nous a servi de point de référence fiable pour planifier nos dépenses en capital. »

PARTIE 2

Les émissions ne provenaient cependant pas toutes de l'utilisation de combustibles et de l'électricité. Avant les rénovations, par exemple, une fuite unique de réfrigérant avait émis l'équivalent de près de 35 tonnes de CO₂ en 2008. « À elle seule, cette fuite a représenté 20 % de nos émissions pour l'année », a-t-il dit.

Ultimement, les coûts élevés en énergie ont influencé la décision de Neil Kudrinko d'entreprendre une rénovation complète de son magasin. Il a alors commencé à demander des devis pour les travaux et à développer une compréhension de ce à quoi ressemblerait la mise en œuvre de ces travaux.

Les rénovations

Bien que l'âge du bâtiment posait problème, l'humidité représentait le plus gros défi à relever pour l'épicerie Kudrinko's. L'humidité avait d'ailleurs déjà entraîné des problèmes de réfrigération. « [Avant les rénovations], nous n'arrivions pas à gérer la quantité d'humidité présente dans le magasin durant l'été », a dit Neil Kudrinko. Le hall d'entrée n'était pas assez grand pour créer une zone tampon entre l'air humide de l'extérieur et l'air plus sec à l'intérieur. La zone de réception n'était pas étanche à l'air, ce qui entraînait des problèmes de condensation à l'intérieur du magasin.

En planifiant soigneusement les rénovations, Neil Kudrinko a été en mesure de rentabiliser tous ses investissements, non seulement pour réaliser de plus grandes économies, mais aussi pour résoudre ces problèmes d'humidité.

Systèmes mécaniques

Il fallait s'occuper en priorité de la fournaise au mazout située à l'intérieur du magasin, qui pouvait nécessiter jusqu'à 27 000 litres de mazout par année et qui avait atteint la fin de sa durée de vie utile. Cependant, en raison de l'âge du bâtiment et de sa configuration, Neil Kudrinko a jugé qu'il aurait été trop dispendieux d'installer un nouveau système CVCA sur le toit du magasin.

« Il s'agit d'un bâtiment en acier Butler construit en 1964. De l'eau a fui par le toit à maintes reprises en raison de la glace qui s'y était accumulée », a-t-il dit. « Le bâtiment a été conçu de manière à supporter seulement le poids du toit et de la neige, et non celui d'un système CVCA, ce qui signifie que nous aurions eu à installer au plancher des poutres de soutien du toit. Cette intervention aurait perturbé le magasin et aurait engendré des coûts considérables, de près de 50 000 \$. »

Neil Kudrinko a décidé plutôt de construire un nouvel entrepôt et a utilisé le toit de ce nouveau bâtiment pour installer un nouveau système CVCA plus efficace.

Parmi les autres améliorations mécaniques, on compte le remplacement des compresseurs du magasin par un système frigorifique Hussmann Protocol monté en rack et deux congélateurs avec des portes verticales.

« À cette époque-là, l'entreprise a quitté son franchiseur pour devenir entièrement indépendante, alors nous avons dû modifier nos processus d'approvisionnement, et nous avons besoin de plus d'espace de toute façon. Bien que nous ayons construit un nouvel entrepôt et augmenté l'empreinte physique du magasin, nous avons en fait réduit notre consommation énergétique », a déclaré M. Kudrinko. « Il ne s'agit pas toujours de travailler dans les limites de ce que vous avez : il s'agit de créer une installation physique qui permettra d'apporter les changements dont vous avez besoin. »

— Neil Kudrinko

PARTIE 2

Un serpentin de récupération thermique d'une valeur de 1 500 \$ construite sur mesure a été placée sur le retour d'air froid de la fournaise afin que les congélateurs de l'épicerie renvoient l'excès de chaleur à l'intérieur du magasin.

« La chaleur des réfrigérateurs n'est pas assez élevée pour représenter un grand apport énergétique », a expliqué Neil Kudrinko. « Cependant, dans les situations de basse température, la chaleur est suffisante pour préchauffer l'air par le biais de la fournaise. » Pendant l'hiver, cette chaleur récupérée réduit le temps de fonctionnement de la fournaise.

L'enveloppe

Avant les rénovations, Neil Kudrinko a estimé que l'isolation du toit était probablement de RSI-1,4 (R-8) au maximum. Le toit a été rénové avec un système de couverture MR24 de Butler.

« Ça ressemble à un support en S avec des rails qui traversent le toit », a expliqué Neil Kudrinko. « Nous avons scellé le toit d'origine puis nous nous sommes assurés qu'il n'y avait pas de trous. L'ancien toit est alors devenu la base pour le nouveau. » La cavité qui a été créée entre les deux toits a ensuite été remplie d'un isolant en fibre de verre avec un RSI-7 (R-40), par-dessus l'ancienne isolation. La façade du magasin a également été refaite avec un fini en stucco recouvrant de la mousse isolante rigide. Afin de réduire les infiltrations, des rideaux d'air ont été installés devant les portes avant.

L'équipement à l'intérieur du magasin

De nouveaux réfrigérateurs pour les produits laitiers dotés de portes en verre et de lumières à DEL ont été installés en 2015. Des stores à enroulement pour la nuit ont également été installés sur les présentoirs réfrigérés. « Les stores à enroulement préservent le froid à l'intérieur des présentoirs et peuvent contenir l'air froid pendant les pannes de courant », a expliqué Neil Kudrinko. Certains des comptoirs frigorifiques écoénergétiques ont été installés en 2001. Les nouveaux comptoirs sont maintenant 80 % plus efficaces que les anciens modèles et peuvent contenir davantage de produits. Les présentoirs de fruits et légumes ainsi que les comptoirs de charcuteries ont été munis d'un éclairage à DEL. Des stores à enroulement ont été installés aussi dans les présentoirs à viande en 2015.

Les anciens compresseurs ont été remplacés par une unité dotée d'un dispositif de commande à distance qui surveille la température des présentoirs afin de s'assurer que la quantité de réfrigérant est optimale. Avant que les rénovations ne soient terminées, le taux élevé d'humidité entraînait toutes les deux semaines durant l'été une accumulation de glace sur les serpentins des présentoirs. Le personnel du magasin devait alors passer de longues heures à enlever cette glace, ce qui avait pour conséquence d'endommager des emballages et la perte de produits.



PARTIE

« Un capteur à l'intérieur de chaque présentoir mesure la température toutes les trois minutes et commande l'ajustement de la valve afin de garantir la bonne quantité de réfrigérant pour un fonctionnement efficace », a expliqué Neil Kudrinko. En plus de réduire la quantité de réfrigérant nécessaire, le capteur permet de savoir si un présentoir dépasse le seuil de température acceptable.

« Dans le cas où cela se produit, le système m'alerte et je peux trouver le présentoir afin d'éviter la perte de produits et de le remettre rapidement en service », affirme-t-il. Au lieu d'enlever de la glace toutes les deux semaines, il ne nous reste plus qu'à déglacer le congélateur à crème glacée de type armoire environ une fois ou deux par année. »

L'éclairage

Tous les présentoirs sont maintenant éclairés par des lumières à DEL et certains des luminaires T8 au plafond ont été remplacés par des tubes à DEL. « Remplacer l'éclairage des présentoirs par des lumières à DEL a été une décision facile », a déclaré Neil Kudrinko, « mais remplacer le système d'éclairage général du magasin demeure dispendieux, et je peux réaliser davantage d'économies ailleurs. Je prévois remplacer les tubes [le reste des luminaires au plafond] par des lampes fluorescentes une dernière fois. Quand celles-ci ne seront plus bonnes, j'espère que la conversion en vaudra la peine du point de vue financier. »

L'éclairage du stationnement est cependant une tout autre histoire. « Nous avons dépensé 250 000 \$ pour refaire le stationnement, mais je voulais éviter les coûts liés à la pose et à l'enfouissement des câbles. J'ai alors entamé des recherches sur les systèmes d'éclairage alimentés par capteurs solaires puis j'ai découvert une entreprise située à Boise en Idaho, qui utilise des pellicules photovoltaïques enroulées autour de poteaux lumineux dont les batteries se trouvent à la base. » Puisqu'il n'y a pas d'entrepreneurs certifiés au Canada, Neil Kudrinko a suivi un cours afin de pouvoir installer lui-même son système d'éclairage une fois le matériel reçu.

L'éclairage à DEL du stationnement a permis d'éliminer la consommation d'énergie provenant du réseau électrique. Des capteurs de mouvement à la base des poteaux permettent à l'éclairage de diminuer d'intensité lorsque la zone est inoccupée. L'intensité augmente à nouveau quand quelqu'un arrive dans le stationnement. « Elles produisent assez de lumière pour assurer la sécurité sans toutefois contribuer à la pollution lumineuse. »

PARTIE

Surveillance

Neil Kudrinko effectue un suivi de sa consommation d'énergie et de son utilisation de réfrigérant, ainsi que des émissions qui leur sont associées. Il se sert de ces données pour les comparer à celles des années précédentes. Quelques-unes de ces données sont présentées dans les tableaux 5 et 6 ci-dessous.

Tableau 5. Données sur les émissions provenant de la consommation électrique de l'épicerie Kudrinko's

| L'épicerie Kudrinko's : données sur les émissions provenant de la consommation électrique* | | | |
|---|-----------------------|-------------------------------|---|
| | Quantité (KWh) | Éq. CO₂ (t) | ~ Réduction des émissions en comparaison avec les données de base (2007) |
| Données de base (2007) | 468 281 | 98,3 | |
| 2008 | 459 116 | 78,1 | 21 % de moins |
| 2009 | 434 952 | 43,9 | 55 % de moins |
| 2010 | 458 892 | 61,0 | 38 % de moins |
| 2011 | 432 970 | 57,6 | 41 % de moins |
| 2012 | 446 655 | 59,4 | 40 % de moins |
| 2013 | 434 817 | 42,6 | 57 % de moins |
| 2014 | 395 429 | 38,8 | 61 % de moins |

Tableau 6. Données sur les émissions totales du bâtiment de Kudrinko's

| L'épicerie Kudrinko's : données sur les émissions totales du bâtiment* | | |
|---|-------------------------------|---|
| | Éq. CO₂ (t) | ~ Réduction des émissions en comparaison avec les données de base (2007) |
| Données de base (2007) | 184,8 | |
| 2008 | 119,2 | 36 % de moins |
| 2009 | 76,2 | 59 % de moins |
| 2010 | 94,0 | 49 % de moins |
| 2011 | 92,1 | 50 % de moins |
| 2012 | 92,6 | 50 % de moins |
| 2013 | 77,7 | 58 % de moins |
| 2014 | 73,4 | 60 % de moins |

*Les données n'ont pas été normalisées de manière à tenir compte des conditions météorologiques.

PARTIE 2

Comment ces rénovations ont-elles été financées?

Durant la première phase des rénovations, Neil Kudrinko a investi 600 000 \$ qui seront amortis sur une période de 15 ans, puis une somme additionnelle pour la deuxième phase de 200 000 \$ qui sera amortie sur une période de 12 ans, avec un délai de rentabilisation de 8 ans.

Neil Kudrinko a expliqué qu'il pouvait facilement comparer sa consommation et ses coûts énergétiques avant et après les rénovations parce qu'il connaissait exactement le nombre de kilowattheures et la quantité de propane utilisée par son magasin annuellement. « Je pourrais également calculer la quantité d'argent que j'aurais dépensé si je n'avais rien fait », a-t-il déclaré. « Il s'agit d'un exercice franchement plus utile que de simplement calculer quels sont mes coûts à l'heure actuelle. »

Engagement de la collectivité et des employés

Selon Neil Kudrinko, les employés sont devenus beaucoup plus réceptifs envers les changements culturels et opérationnels qui devaient être effectués après qu'il a commencé à réaliser des investissements physiques et financiers en matière d'efficacité énergétique, car ses employés ont pu constater que les changements allaient de concert avec les objectifs stratégiques de l'entreprise.

« Nous avons l'habitude d'allumer les lumières le matin dès notre arrivée (parfois vers 6 h même si l'épicerie n'ouvre pas avant 8 h). Nous avons entamé des discussions avec nos employés sur la consommation énergétique et nous nous sommes rendu compte que nous n'avions besoin d'allumer que très peu de lumières. »

Neil Kudrinko a affirmé que les clients ont également remarqué certains des changements. « J'entends des personnes qui pointent du doigt les luminaires du stationnement en expliquant à d'autres qu'il s'agit d'appareils d'éclairage à énergie solaire qui ne sont pas reliés au réseau électrique », a-t-il dit en ajoutant que parmi toutes les mesures qu'il a adoptées, le système d'éclairage à énergie solaire est celui que les clients remarquent le plus.

L'épicerie Kudrinko's joue un rôle actif dans la résolution des enjeux en matière de durabilité au sein de la collectivité : elle fait imprimer ses dépliants sur du papier 100 % recyclé, elle promeut l'éducation nutritionnelle à l'occasion du Family Meals Month (mois des repas en famille) en association avec le Food Marketing Institute, elle est l'hôte de visites sur l'éducation nutritionnelle pour des écoles environnantes, elle fournit des services-conseils au Two Rivers Food Hub⁵² et elle a offert un soutien financier sur plusieurs années pour les mises à niveau des visiteurs de l'Aire de conservation Foley Mountain⁵³.

⁵² Le Two Rivers Food Hub, un organisme sans but lucratif, met en relation des acheteurs et des vendeurs d'aliments locaux dans les comtés de Lanark, Leeds et Grenville. <http://tworiversfoodhub.com/>.

⁵³ Faisant partie de l'Office de protection de la nature de la vallée Rideau, l'Aire de conservation Foley Mountain assure le déroulement de programmes éducatifs pour les enfants et les adolescents. <http://www.rvca.ca/careas/foley/>.

Figure 23. Présentation de produits alimentaires



En 2015, l'épicerie Kudrinko a lancé le Localize labelling system, un système d'étiquetage ayant pour objectif de mettre en valeur les aliments cultivés et produits localement.

Photo gracieusement offerte par Neil Kudrinko.

PARTIE 2

Conseils

Neil Kudrinko a affirmé que le meilleur point de départ pour les propriétaires d'épicerie était de commencer par évaluer le rendement de leurs magasins et de le comparer à celui d'autres organisations ou à celui de leurs propres magasins par le passé. Il a notamment mentionné que l'outil ENERGY STAR Portfolio Manager était un excellent programme d'évaluation pour les grandes chaînes d'épicerie qui comptent plusieurs magasins, mais toutefois très utile pour les magasins indépendants.

« C'est ce que les données sur le carbone m'ont permis de faire en plus de me responsabiliser », a-t-il dit. Pour Neil Kudrinko, la raison pour entreprendre des rénovations n'était pas seulement le coût de l'énergie. Il souhaitait également éviter les dépenses liées à sa consommation. « Un kilowattheure est un kilowattheure; un litre de propane est un litre de propane. Je n'ai pas de contrôle sur le prix de ces derniers, mais je l'ai sur ma consommation. »

Neil Kudrinko a conseillé aux propriétaires de mieux comprendre les risques liés à leur entreprise et de mettre au point un plan pour gérer ces risques. « Certaines entreprises ne prennent en compte que le prix par kilowattheure. Qu'advient-il lorsque ce prix grimpera? Les entreprises devront dépenser davantage de toute façon. J'ai choisi de me protéger. Quand le prix augmentera, j'aurai un avantage vis-à-vis de mes concurrents. »

LIGNES DIRECTRICES POUR L'ANALYSE DE RENTABILITÉ

3 PARTIE

Tous les bâtiments et les projets de rénovation sont uniques. Une évaluation du bâtiment devrait être effectuée par un vérificateur de la gestion énergétique professionnel avant de prendre une décision relative à des rénovations. Consultez la section 2 du module sur les principes directeurs afin d'obtenir des conseils sur la manière d'évaluer de manière indépendante la rentabilité des mesures de modernisation de votre établissement.

Cette section présente des renseignements généraux au sujet des coûts et des avantages des mesures de modernisation en fonction d'exemples de rénovation.

Méthodologie de l'analyse de rentabilité

L'information sur les coûts et les avantages a été analysée ou modélisée pour chaque mesure de modernisation en utilisant des données d'ordre général sur les résultats escomptés. Afin d'obtenir une **estimation des économies annuelles**, les mesures de modernisation ont été analysées en fonction des conditions typiques que l'on retrouve dans un supermarché de 5 000 m² vieux de 30 ans. Des modèles énergétiques ont été créés avec l'outil eQUEST (Quick Energy Simulation Tool) v3.65 pour évaluer les répercussions qu'une mesure proposée pourrait entraîner dans l'ensemble du bâtiment au cours d'une année. Par exemple, les modèles de base se fondent sur les critères minimaux (c'est-à-dire les coefficients U) du Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNÉB) pour la conception de l'enveloppe du bâtiment, alors que les mesures pour l'enveloppe du bâtiment sont modélisées en fonction des exigences du Code national de l'énergie pour les bâtiments (CNÉB) 2011. Les modèles utilisent les données sur le climat de Vancouver, d'Edmonton et de Montréal afin de refléter les conditions climatiques du Canada.

Pour effectuer l'**estimation des coûts** associés à une mesure, les données sur les coûts ont été tirées de guides des prix conformes au secteur et de discussions avec les manufacturiers. Dans la plupart des cas, les écarts des coûts entre les cas « standards » et « mis à niveau » (coût différentiel) sont présentés et employés dans l'analyse de rentabilité. Les coûts liés à une mise à niveau complète sont quant à eux énumérés afin d'offrir davantage de renseignements. Dans les cas où une option standard ne s'applique pas, seuls les coûts liés à une mise à niveau complète sont considérés.

Enfin, pour établir la valeur actualisée nette (**VAN**), le taux de rendement interne (**TRI**) et une estimation de la **simple période de rentabilisation**⁵⁴, des données sur les coûts d'énergie marginaux provenant des trois villes mentionnées plus haut ont été recueillies⁵⁵. Aux fins de cette analyse, nous avons utilisé l'hypothèse que l'équipement existant serait remplacé à la fin de sa durée de vie utile. Veuillez noter qu'il pourrait être justifié d'envisager un remplacement précoce pour certaines mesures ayant un taux de rendement interne élevé.

Exemples de mesures

Le prix, les économies réalisées et le rendement financier sont présentés sous forme de tableau pour chaque exemple de mesure. Des prévisions et des notes propres aux mesures sont fournies après chaque tableau.

Même si le rendement financier de certaines des mesures apparaissant ci-dessous est plutôt bas pour les cas analysés, cela ne signifie pas pour autant que ces mesures ne doivent pas être envisagées pour des cas précis ou dans le cas d'une rénovation complète. Il est utile d'évaluer un projet de rénovation complète d'envergure en effectuant une analyse de rentabilité pour le projet proposé dans son ensemble ou pour un ensemble de mesures interreliées.

Amélioration du système d'éclairage

Remplacement du système d'éclairage à DHI par un système en hauteur à lampes fluorescentes ou à DEL (par luminaire)

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût supplémentaire | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|-----------------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 3,3 | 105 \$ | 92 \$ | 1 056 \$ | 89,5 % | 1,1 |
| Edmonton | 3,3 | 105 \$ | 75 \$ | 842 \$ | 73,4 % | 1,4 |
| Montréal | 3,3 | 105 \$ | 57 \$ | 614 \$ | 56,1 % | 1,8 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Fondé sur le remplacement de luminaires aux MH de 400 W par des DEL de 250 W
- 13 heures/jour, 357 jours/année
- Les coûts d'un remplacement complet sont estimés à 650 \$.

⁵⁴ Consultez la section 2, sur la planification de la gestion énergétique d'un bâtiment dans le module sur les principes directeurs pour obtenir la définition de la VAN, du TRI et de la simple période de rentabilisation.

⁵⁵ Vancouver : 0,000356 \$ par GJ d'électricité supplémentaire et 7,367 \$ par GJ de gaz naturel supplémentaire.

Edmonton : 0,000291 \$ par GJ d'électricité supplémentaire et 5,296 \$ par GJ de gaz naturel supplémentaire.

Montréal : 0,000221 \$ par GJ d'électricité supplémentaire et 10,399 \$ par GJ de gaz naturel supplémentaire.

Remplacement des lampes incandescentes et fluorescentes par des DEL (par luminaire)

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût supplémentaire | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|-----------------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 0,7 | 7 \$ | 18 \$ | 219 \$ | 258,0 % | 0,4 |
| Edmonton | 0,7 | 7 \$ | 15 \$ | 178 \$ | 210,9 % | 0,5 |
| Montréal | 0,7 | 7 \$ | 11 \$ | 133 \$ | 160,5 % | 0,6 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Fondé sur le remplacement de lampes MR16 de 50 W par des DEL de 11 W
- 13 heures/jour, 357 jours/année
- Les coûts d'un remplacement complet sont estimés à 12 \$.

Remplacement des enseignes de sortie à lampes incandescentes par des enseignes à DEL (par enseigne)

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût supplémentaire | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (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 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Fondé sur le remplacement de lampes fluocompactes de 11 W par des DEL de 1 W
- 24 heures/jour, 365 jours/année
- Les coûts d'un remplacement complet sont estimés à 50 \$.

Remplacement des lampes à l'extérieur du bâtiment et celles du stationnement par des DEL (par luminaire)

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût supplémentaire | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (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 \$ | 55,0 % | 1,9 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Fondé sur le remplacement de lampes à vapeur de sodium haute pression de 400 W par des DEL de 138 W
- 12 heures/jour, 365 jours/année
- Les coûts d'un remplacement complet sont estimés à 850 \$.

Ajout de cellules photoélectriques et de commandes par minuterie pour l'éclairage extérieur

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût total | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (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 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Fondé sur l'ajout d'une minuterie reliée à une commande informatisée pour vingt luminaires à DEL de 138 W
- Économie de 6 heures/jour, 365 jours/année

Réduction de la charge supplémentaire**Isolation des murs, isolation de la bordure de la dalle, réduction des infiltrations**

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Coût total | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 716,3 | 160 166 \$ | 5 096 \$ | -47 663 \$ | 1,6 % | 31,4 |
| Edmonton | 880,8 | 165 696 \$ | 4 579 \$ | -64 617 \$ | 0,7 % | 36,2 |
| Montréal | 878,4 | 160 473 \$ | 9 039 \$ | 39 076 \$ | 5,7 % | 17,8 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- La valeur de l'isolation des murs pour Vancouver est passée de RSI-1,233 (R-7) à RSI-3,170 (R-18).
- La valeur de l'isolation des murs pour Edmonton est passée de RSI-2,078 (R -11,8) à RSI-4,755 (R-27).
- La valeur de l'isolation des murs pour Montréal est passée de RSI-1,814 (R -10,3) à RSI-4,051 (R-23).
- La valeur de l'isolation de la bordure de la dalle est passée de nulle (aucune isolation) à RSI-1,409 (R-8) sur une profondeur de 1,2 m.
- La valeur des infiltrations, qui était de 1 l/s par m² de surface de mur (0,2 pi³/min par pi² de surface de mur), a été réduite à 0,2975 l/s par m² de surface de mur (0,0595 pi³/min par pi² de surface de mur).

Isolation du toit

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Coût total | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 425,4 | 50 516 \$ | 3 519 \$ | 27 177 \$ | 7,5 % | 14,4 |
| Edmonton | 378,5 | 51 340 \$ | 2 276 \$ | -1 088 \$ | 3,8 % | 22,6 |
| Montréal | 262,0 | 49 187 \$ | 2 788 \$ | 12 353 \$ | 5,7 % | 17,6 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- La valeur de l'isolation du toit pour Vancouver est passée de RSI-2,113 (R-12) à RSI-3,698 (R-21).
- La valeur de l'isolation du toit pour Edmonton est passée de RSI-3,452 (R-19,6) à RSI-6,173 (R-35).
- La valeur de l'isolation du toit pour Montréal est passée de RSI-3,452 (R-19,6) à RSI-5,464 (R-31).

Fenêtres

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Coût total | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 42,2 | 28 018 \$ | 313 \$ | -21 109 \$ | -4,2 % | 89,5 |
| Edmonton | 64,5 | 28 275 \$ | 336 \$ | -20 847 \$ | -3,9 % | 84,0 |
| Montréal | 55,8 | 26 972 \$ | 574 \$ | -14 295 \$ | -0,8 % | 47,0 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- La valeur U des fenêtres est passée de 3,5 W/m²°K (0,62 Btu/h pi² °F) à 2,0 W/m²°K (0,35 Btu/h pi² °F).

Redimensionnement et remplacement des appareils de chauffage et de réfrigération

Réfrigération – présentoirs à température moyenne

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût total | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|--------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 500,4 | 70 875 \$ | 13 761 \$ | 102 986 \$ | 19,6 % | 5,2 |
| Edmonton | 500,4 | 70 875 \$ | 11 231 \$ | 71 024 \$ | 15,3 % | 6,3 |
| Montréal | 500,4 | 70 875 \$ | 8 521 \$ | 36 779 \$ | 10,3 % | 8,3 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Équipement : 25 présentoirs ouverts pour les produits laitiers (4 étagères, 3,65 m de long) plus 25 congélateurs fermés de type armoire (3,65 m de long)
- Modernisation : moteurs d'évaporateurs à MCE, éclairage à DEL, commande de chauffage anticondensation (humidité relative du magasin à 55 %)

Réfrigération – présentoirs à basse température

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût total | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|--------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 432,0 | 49 125 \$ | 11 880 \$ | 100 971 \$ | 25,0 % | 4,1 |
| Edmonton | 432,0 | 49 125 \$ | 9 696 \$ | 73 378 \$ | 20,0 % | 5,1 |
| Montréal | 432,0 | 49 125 \$ | 7 356 \$ | 43 813 \$ | 14,2 % | 6,7 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Équipement : 25 congélateurs fermés de type armoire (3,65 m de long)
- Modernisation : moteurs d'évaporateurs à MCE, éclairage à DEL, commande de chauffage anticondensation (humidité relative du magasin à 55 %)

Système de récupération de la chaleur provenant de la réfrigération (vers le chauffe-eau)

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût total | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|--------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 365,0 | 5 000 \$ | 2 639 \$ | 28 347 \$ | 54,7 % | 1,9 |
| Edmonton | 365,0 | 5 000 \$ | 1 897 \$ | 18 973 \$ | 39,6 % | 2,6 |
| Montréal | 365,0 | 5 000 \$ | 3 726 \$ | 42 073 \$ | 76,5 % | 1,3 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Équipement : La chaleur récupérée provient du circuit de condensation de la réfrigération.
- Modernisation : Chauffe-eau à chaleur récupérée : la quantité de chaleur rejetée excède les besoins pour chauffer l'eau domestique, les économies plafonnent donc en fonction de la consommation annuelle d'eau chaude domestique.

Unités de toit avec chauffage à condensation

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût supplémentaire | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|-----------------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 641,3 | 229 660 \$ | 4 543 \$ | -172 261 \$ | -10,8 % | 50,6 |
| Edmonton | 1 524,5 | 229 660 \$ | 9 961 \$ | -103 810 \$ | -3,3 % | 23,1 |
| Montréal | 1 606,3 | 229 660 \$ | 17 072 \$ | -13 970 \$ | 3,2 % | 13,5 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Applicabilité : idéal pour les zones climatiques de 7a à 8, ainsi que pour les utilisations en hauteur avec un apport d'air extérieur.
- Équipement : Un appareil de traitement de l'air de 35 kW (10 tonnes) sur le toit (comprend 5 unités de toit).
- Cas de référence : Efficacité du chauffage de 80 %, TREI de 12,1
- Mesure : Efficacité du chauffage de 91 %, TREI de 12,1, roue d'enthalpie, système de ventilation contrôlé à la demande, économiseur d'enthalpie double
- Les coûts d'un remplacement complet sont estimés à 332 050 \$.

Unité de toiture à haute efficacité

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût supplémentaire | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|-----------------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 337,3 | 41 600 \$ | 7 873 \$ | 57 871 \$ | 19,1 % | 5,3 |
| Edmonton | 1 220,4 | 41 600 \$ | 12 848 \$ | 120 729 \$ | 32,3 % | 3,2 |
| Montréal | 1 248,2 | 41 600 \$ | 14 663 \$ | 143 655 \$ | 36,8 % | 2,8 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Équipement : Un appareil de traitement de l'air de 35 kW (10 tonnes) sur le toit (comprend 5 unités de toit).
- Cas de référence : Efficacité du chauffage de 80 %, TREI de 12,1
- Mesure : Efficacité du chauffage de 81 %, TREI de 19,1, roue d'enthalpie, système de ventilation contrôlé à la demande, économiseur d'enthalpie double
- Les coûts d'un remplacement complet sont estimés à 143 990 \$.

Chauffe-eau domestique

| Ville | Estimation des économies annuelles (GJ) | Estimation du coût supplémentaire | Économies annuelles sur le coût de l'énergie | Estimation de la VAN | Estimation du TRI | Simple période de rentabilisation (années) |
|-----------|---|-----------------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Vancouver | 54,3 | 5 290 \$ | 392 \$ | -332 \$ | 3,1 % | 13,5 |
| Edmonton | 59,1 | 5 290 \$ | 307 \$ | -1 412 \$ | 0,0 % | 17,2 |
| Montréal | 63,9 | 5 290 \$ | 652 \$ | 2 953 \$ | 10,7 % | 8,1 |

Prévisions et notes propres à la mesure :

- Équipement : Chauffe-eau domestique (au gaz naturel) d'une capacité de 450 litres
- Cas de référence : Rendement thermique à 80 %
- Mesure : Rendement thermique à 97 %
- Les coûts d'un remplacement complet sont estimés à 14 045 \$.

4 PARTIE

MON INSTALLATION

La section suivante, sous forme de questionnaire, offre un récapitulatif des mesures de rénovation 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 installation 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 rénovation majeure. Investir dans une série de rénovations 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 rénovation 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 rénovations 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 Entretien; les installations souhaitant maintenir leur rendement peuvent décider de se concentrer principalement sur les mesures Entretien.

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 enregistratrices : _____
 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 ciblée : _____
 IE du site ciblée : _____



Supermarchés – 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 |
|--|---|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Les calendriers de contrôle de l'éclairage et d'occupation correspondent-ils? [p. 9] <input type="checkbox"/> Le système de traitement de l'air fonctionne-t-il selon un calendrier? [p. 9] <input type="checkbox"/> Les points de consigne de températures de zones sont-ils abaissés ou rehaussés durant les heures d'inoccupation? [p. 9] <input type="checkbox"/> L'unité de toit est-elle dotée d'un économiseur en bon état pour permettre le refroidissement naturel? [p. 9] <input type="checkbox"/> La température de l'air d'alimentation est-elle réinitialisée en fonction des conditions extérieures? [p. 10] <input type="checkbox"/> Le système de régulation de l'humidité a-t-il été calibré? [p. 10] | <input type="checkbox"/> Les lampes ou les luminaires existants ont-ils été remplacés par des lampes DEL? [p. 20] <input type="checkbox"/> Les panneaux Sortie à éclairage incandescent ont-ils été remplacés par des panneaux à DEL? [p. 21] <input type="checkbox"/> L'éclairage à DHI a-t-il été remplacé par un éclairage fluorescent ou à DEL en hauteur? [p. 20] <input type="checkbox"/> Des contrôles de l'éclairage en fonction des sources de lumière naturelle ont-ils été installés? [p. 21] <input type="checkbox"/> Les circuits de l'éclairage ont-ils été configurés en fonction des activités après les heures normales d'ouverture? [p. 21] | <input type="checkbox"/> L'équipement est-il éteint lorsqu'il n'est pas requis? [p. 26] <input type="checkbox"/> L'équipement ENERGY STAR est-il utilisé, s'il y a lieu? [p. 26] <input type="checkbox"/> Un programme de sensibilisation des employés à la consommation d'énergie a-t-il été mis en œuvre? [p. 27] <input type="checkbox"/> L'équipement de cuisine a-t-il été remplacé par des appareils et accessoires à haute efficacité? [p. 28] <input type="checkbox"/> Les transformateurs ont-ils été remplacés par des modèles écoénergétiques? [p. 27] | <input type="checkbox"/> Des diffuseurs d'air à jets rotatifs à haute induction ont-ils été installés dans les aires de vente au détail? [p. 43] <input type="checkbox"/> Le chauffage a-t-il été éliminé des vestibules d'entrée? [p. 45] <input type="checkbox"/> Est-ce qu'il y a un système de VSD? [p. 41] <input type="checkbox"/> Des turbines à air de déstratification ont-elles été installées dans les aires de vente? [p. 43] <input type="checkbox"/> Des ventilateurs de déstratification ont-ils été installés dans les entrepôts? [p. 43] <input type="checkbox"/> Le système de déshumidification à DX a-t-il été remplacé par un produit déshydratant? [p. 45] | <input type="checkbox"/> Une purge manuelle est-elle effectuée régulièrement durant la saison de refroidissement? [p. 59] <input type="checkbox"/> Les registres d'air extérieur sont-ils fermés lors du réchauffement matinal durant la saison de chauffage? [p. 59] <input type="checkbox"/> Le système à DAC a-t-il été converti en système à DAV avec contrôle selon la demande et un économiseur? [p. 58] <input type="checkbox"/> Des contrôleurs de compresseurs ont-ils été installés sur les unités de toit pour réduire le temps de fonctionnement? [p. 58] <input type="checkbox"/> Un registre d'économiseur a-t-il été ajouté? [p. 58] <input type="checkbox"/> Les unités de toit âgées ont-elles été remplacées par de nouvelles unités à haute efficacité? [p. 59] |
| | <input type="checkbox"/> Les problèmes d'infiltration ont-ils été réglés? [p. 30] <input type="checkbox"/> Un pare-air a-t-il été ajouté, ou, s'il y en avait déjà un, amélioré? [p. 32] <input type="checkbox"/> Les niveaux d'isolation du toit et des murs répondent-ils aux exigences du CNEB? [p. 32] | <input type="checkbox"/> Des radiateurs à infrarouge ont-ils été installés? [p. 60] <input type="checkbox"/> Des générateurs individuels à combustion directe ont-ils été installés dans les espaces dotés de systèmes d'évacuation mécanique? [p. 61] | <h3>Chauffage des entrepôts</h3> <input type="checkbox"/> Des radiateurs à infrarouge ont-ils été installés? [p. 60] <input type="checkbox"/> Des générateurs individuels à combustion directe ont-ils été installés dans les espaces dotés de systèmes d'évacuation mécanique? [p. 61] | |

- Les courroies et poulies des ventilateurs fonctionnent-elles à une tension appropriée? [p. 10]
- Les capteurs des systèmes de contrôle automatique de bâtiment ont-ils été calibrés récemment? [p. 11]
- Les déséquilibres entre l'air d'alimentation et l'air évacué ont-ils été corrigés? [p. 11]
- A-t-on réparé l'isolation endommagée des conduits ou remplacé celle qui est manquante? [p. 11]
- Les joints des conduits ont-ils été scellés afin de prévenir les fuites? [p. 11]
- L'origine des fuites de fluide frigorigène a-t-elle été déterminée, et les fuites colmatées? [p. 11]
- Les commandes de température des présentoirs ont-elles été vérifiées et ajustées? p. 12]
- Le cycle de dégivrage a-t-il été optimisé? [p. 12]
- Le fonctionnement du système de récupération de la chaleur du circuit de condensation a-t-il été vérifié? [p. 12]

- L'éclairage à DHI a-t-il été remplacé par un éclairage fluorescent ou à DEL en hauteur? [p. 24]
 - Des contrôles de l'éclairage en fonction des sources de lumière naturelle ont-ils été installés? [p. 24]
 - Des capteurs d'occupation ont-ils été installés? [p. 24]
- Extérieur/stationnement**
- L'éclairage extérieur et des stationnements a-t-il été remplacé par un éclairage à DEL? [p. 25]
 - Des contrôles à photocellules ou à minuteries sont-ils utilisés? [p. 25]

- Les portes et fenêtres ont-elles été améliorées? [p. 33]
- Des portes à ouverture-fermeture rapide et des rideaux d'air ont-ils été installés? [p. 34]
- Le bâtiment a-t-il un « toit blanc »? [p. 34]
- Des joints d'étanchéité ont-ils été ajoutés aux quais de chargement? [p. 35]
- Un vestibule a-t-il été ajouté à l'entrée principale? [p. 35]

Eau chaude domestique

- Des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit ont-ils été installés? [p. 62]
- L'eau est-elle préchauffée avec la chaleur récupérée du circuit de refroidissement? [p. 62]
- Les chauffe-eau ont-ils été remplacés par des unités à haut rendement? [p. 62]
- Les systèmes de distribution d'eau chaude à stoackeg ont-ils été remplacés par des systèmes à la demande? [p. 62]

Systèmes frigorifiques

Présentoirs

- Des rideaux de nuit sont-ils utilisés sur les présentoirs ouverts à température moyenne durant les heures d'inoccupation? [p. 47]
- Les appareils de chauffage anticondensation sont-ils contrôlés de manière à effectuer le cycle de chauffage en fonction du point de rosée? [p. 48]
- L'éclairage a-t-il été remplacé par des lampes DEL? [p. 48]
- Des portes ont-elles été installées sur les présentoirs à température moyenne? [p. 47]
- Le dégivrage selon la demande est-il utilisé? [p. 48]
- Les compresseurs ont-ils été regroupés à l'écart des aires de vente? [p. 48]
- Les moteurs des ventilateurs des évaporateurs ont-ils été remplacés par des MCE? [p. 49]

Chambres de réfrigération et de congélation

- Les ventilateurs sont-ils éteints lorsque les portes sont ouvertes? [p. 50]
- Des portes à lanières sont-elles utilisées? [p. 51]
- Les compresseurs sont-ils éteints lorsque les portes sont ouvertes? [p. 51]
- Des dispositifs de fermeture de portes ont-ils été ajoutés? [p. 51]

- Les dégivreurs à air sont-ils utilisés dans les chambres de réfrigération à température moyenne? [p. 51]
- Les luminaires ont-ils été remplacés par des appareils à DEL? [p. 51]
- L'isolation a-t-elle été améliorée? [p. 49]
- Un système avancé de contrôle électrique du dégivrage est-il utilisé pour les chambres de congélation à basse température? [p. 50]
- Des ventilateurs à deux vitesses ont-ils été installés sur les évaporateurs? [p. 50]
- Les moteurs des ventilateurs des évaporateurs ont-ils été remplacés par des MCE? [p. 50]
- Un système de refroidissement naturel a-t-il été installé? [p. 50]

Systèmes de compression

- La chaleur est-elle récupérée du circuit de condensation? [p. 52]
- La pression de de refoulement foliatnte est-elle contrôlée? [p. 53]
- Des DE ont-ils été installés? [p. 52]
- Le système à condensation a-t-il été converti en système hybride? [p. 53]
- Des ventilateurs à vitesse variable ont-ils été installés sur les condensateurs à basse température? [p. 53]
- Le sous-refroidissement du réfrigérant a-t-il été incorporé aux circuits de condensation? [p. 54]
- Les compresseurs ont-ils été remplacés par de nouvelles commandes et un nouvel équipement numériques? [p. 54]