

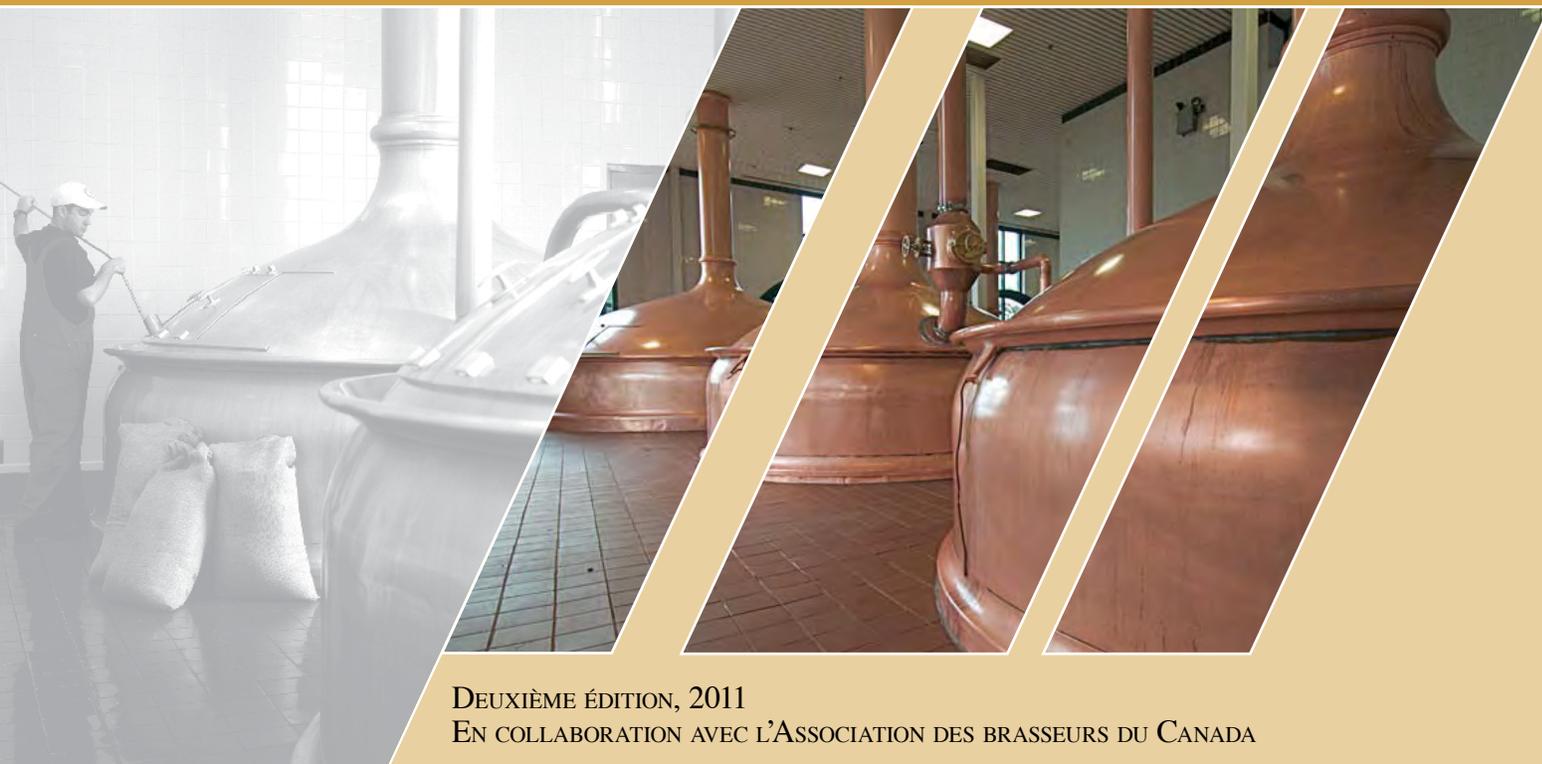


Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



LES POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE BRASSICOLE CANADIENNE



DEUXIÈME ÉDITION, 2011

EN COLLABORATION AVEC L'ASSOCIATION DES BRASSEURS DU CANADA



Canada

Déni de responsabilité :

Toutes les mesures ont été prises afin de présenter l'information contenue dans le « guide » avec exactitude. L'emploi de dénominations sociales ou commerciales ne laisse aucunement entendre l'appui ou la promotion d'une entreprise, d'un produit commercialisé, d'un système ou d'un individu. Les possibilités telles que présentées dans le présent guide relativement à l'application dans une brasserie donnée ne constituent pas des recommandations particulières de l'Association des brasseurs du Canada, de Ressources naturelles Canada ou des auteurs. Les parties susmentionnées n'acceptent aucune responsabilité en ce qui a trait à la mise en œuvre de telles possibilités dans les brasseries ou ailleurs.

Pour de plus amples renseignements ou pour recevoir d'autres exemplaires de cette publication, communiquez avec :

Le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 12^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Tél. : 613-995-6839

Télé. : 613-992-3161

Courriel : cipec-peeic@nrcan-rncan.gc.ca

Site Web : peeic.gc.ca

ou



L' Association des brasseurs du Canada
100, rue Queen, bureau 650
Ottawa (Ontario) K1P 1J9

Tél. : 613-232-9601

Télé. : 613-232-2283

Courriel : office@brewers.ca

Site Web : www.brewers.ca

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Les possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne

Aussi disponible en anglais sous le titre :

Guide to Energy Efficiency Opportunities in the Canadian Brewing Industry

Publié par le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne.

N° de cat. (en ligne) M144-238/2012F-PDF

ISBN 978-1-100-98997-6

Photos : gracieuseté de l'Association des brasseurs du Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, deuxième édition, 2012. Le présent guide remplace la version originale de 1998 et la réimpression de 2003.



REMERCIEMENTS

L'Association des brasseurs du Canada tient à remercier Ressources naturelles Canada pour son appui financier et ses conseils (le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne [PEEIC]). L'étude n'aurait pu être possible sans le soutien technique de Lom & Associates Inc., entreprise active dans les domaines de la consultation et de la formation en matière d'énergie qui a acquis des connaissances pratiques et spécialisées de l'industrie brassicole canadienne et internationale au cours des 33 dernières années. Nous souhaitons également exprimer notre sincère appréciation à l'Association des brasseurs du Canada (ABC) pour avoir assuré la direction de projet et le soutien organisationnel ainsi qu'au Groupe de travail du secteur de l'industrie brassicole pour avoir supervisé la production du document.

Le groupe de travail sur l'énergie, créé par l'ABC en 2009, a fourni d'importants conseils en ce qui a trait au guide de même qu'à sa pertinence et à son utilité pour les brasseurs de toute envergure. Finalement, nous souhaitons remercier les nombreux brasseurs pour leur participation enthousiaste, leurs idées et leurs conseils, lesquels se sont avérés des plus utiles.

Brasseurs participants :

- *Brasserie Labatt du Canada
- *Yukon Brewing Company
- *Sleeman Breweries Ltd.
- Tree Brewing/Fireweed Brewing Corporation
- Sierra Nevada Brewing Co.
- Wellington County Brewery Inc.
- Great Western Brewing Company
- *Molson Coors Canada
- *Moosehead Breweries Limited
- Central City Brewing Co.
- *Storm Brewing in Newfoundland Ltd.
- Vancouver Island Brewery
- Heritage and Scotch Irish Brewing
- Wellington County Brewery Inc.
- Drummond Brewing Company Ltd.

*Membres du groupe de travail sur l'énergie de l'ABC

Remarque : Les auteurs remercient les nombreuses sources d'information énumérées dans la bibliographie présentée à l'annexe 10.1 qui ont soutenu la révision et la mise à jour du présent guide.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

1. INTRODUCTION	2
1.1 Profil du secteur brassicole au Canada	4
1.2 Procédés liés au brassage de la bière	7
2.0 STRATÉGIES DE GESTION DE L'ÉNERGIE	10
2.1 Considérations stratégiques	10
2.2 Synergies pratiques – intégration de systèmes	11
2.3 Définir le programme	15
2.4 Ressources et soutien : Sources d'aide	22
2.4.1 Soutien financier, formation et outils	22
2.4.2 Autres ressources	22
2.4.3 Outils d'auto-évaluation	23
3.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE	26
3.1 But de la vérification énergétique	26
3.2 Phases de la vérification énergétique	27
3.2.1 Amorce et préparation	27
3.2.2 Mise en œuvre	31
3.2.3 Rapport	32
3.3 Activités postérieures à la vérification	33
4.0 REPÉRAGE ET PRIORISATION DES POSSIBILITÉS DE GESTION DE L'ÉNERGIE (PGE)	36
4.1 Repérage des possibilités de gestion de l'énergie (PGE)	36
4.2 Évaluation et calcul des économies d'énergie et autres impacts des PGE	37
4.3 Choix et priorisation des projets PGE	38
4.3.1 Examen initial	38
4.3.2 Évaluation des risques	40
4.3.3 Coûts du projet	40
4.3.4 Modèle économique des compromis	41
4.4 Élaboration de programmes de gestion de l'énergie	45

5.0	<u>MISE EN ŒUVRE DES POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE</u>	48
5.1	<u>Participation des employés</u>	48
5.2	<u>Communication efficace</u>	49
6.0	<u>GESTION DES RESSOURCES ET DES COÛTS EN MATIÈRE D'ÉNERGIE</u>	52
6.1	<u>Coûts et gestion de l'énergie et des services publics</u>	52
6.2	<u>Surveillance et évaluation de la consommation et fixation d'objectifs</u>	54
6.3	<u>Plan d'action : élaboration, mise en œuvre et surveillance</u>	56
6.4	<u>Contrôle et suivie (CES)</u>	58
7.0	<u>CONSIDÉRATIONS LIÉES AUX TECHNIQUES ET AUX PROCÉDÉS</u>	64
7.1	<u>Combustibles</u>	64
7.2	<u>Électricité</u>	69
7.2.1	<u>Sources d'énergie électrique de remplacement</u>	76
7.3	<u>Systèmes de chaudières</u>	78
7.3.1	<u>Efficacité des chaudières</u>	79
7.3.2	<u>Impacts environnementaux liés à la combustion de la chaudière</u>	81
7.4	<u>Systèmes de vapeur et de condensat</u>	88
7.5	<u>Isolation</u>	92
7.6	<u>Systèmes de réfrigération et de refroidissement et thermopompes</u>	94
7.6.1	<u>Systèmes de réfrigération et de refroidissement</u>	94
7.6.2	<u>Thermopompes industrielles</u>	99
7.7	<u>Air comprimé</u>	102
7.8	<u>Gaz de procédés</u>	112
7.9	<u>Services publics et eau de procédés</u>	115
7.10	<u>Perte de rendement et déchets issus du produit</u>	123
7.11	<u>Sous-produits de brasserie</u>	125
7.12	<u>Eaux usées</u>	125
7.13	<u>Enveloppe du bâtiment</u>	129
7.14	<u>Chauffage, ventilation et climatisation (CVC)</u>	133
7.15	<u>Éclairage</u>	138
7.16	<u>Moteurs électriques et pompes</u>	141
7.17	<u>Entretien</u>	148
7.18	<u>Procédés de brassage de la bière : quelques possibilités d'amélioration du rendement énergétique</u>	149

8.0 ÉMISSIONS ISSUES DES BRASSERIES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES	154
8.1 Calcul de l’empreinte carbone	156
8.2 Calcul de l’empreinte carbone à l’échelle internationale	158
9.0 ANNEXES	160
9.1 Glossaire et acronymes	160
9.2 Unités d’énergie et facteurs de conversion	163
9.3 Calcul des réductions des gaz à effet de serre (GES) dans les brasseries	166
9.4 Liste de vérification : auto-évaluation pour repérer les possibilités d’amélioration du rendement énergétique	169
9.5 « Pratiques exemplaires » en matière d’efficacité énergétique proposées par les petits brasseurs	178
9.6 Principales économies d’énergie spécifiques et périodes de récupération anticipées	181
10.0 RÉFÉRENCES	186

LISTE DES FIGURES

1-1 Brasserie : énergie totale et production (1990-2008)	4
1-2 Brasserie : indice d’intensité énergétique (1990-2008)	5
1-3 Brasserie : sources d’énergie en térajoules par année (1990-2008)	6
2-1 Représentation linéaire d’un système de gestion de l’énergie	11
2-2 Aperçu d’un système de gestion de l’énergie	16
2-3 Types de possibilités de gestion de l’énergie	18
4-1 Outils de modélisation économique	42
7-1 Délestage	71
7-2 Déplacement de la charge	71
7-3 L’effet de la température de l’air sur le niveau d’excès d’air	80
7-4 Options pour le fonctionnement d’une pompe éconergétique	143
8-1 Émissions totales d’équivalent CO ₂ de l’industrie brassicole canadienne	154
8-2 Intensité d’équivalent CO ₂ dans l’industrie brassicole canadienne	155

LISTE DES TABLEAUX

4-1 Liste exhaustive des projets de PGE (exemple)	38
4-2 Estimation précise des coûts	41
6-1 Augmentation du bénéfice attribuable aux économies d'énergie	59
6-2 Déploiement du système CES (exemple)	60
6-3 Pose de compteurs de consommation d'énergie et des services publics (exemple)	61
7-1 Comparaison des types de combustible	65
7-2 Lignes directrices pour les émissions de NO_x des nouveaux systèmes de chauffage du CCME	82
7-3 Émissions courantes de NO_x sans équipement de contrôle de NO_x	83
7-4 Pertes relatives aux fuites de vapeur	89
7-5 Coût des fuites d'air comprimé	103
7-6 Étude sur la consommation spécifique de l'eau au Royaume-Uni	115
7-7 Fuites d'eau et coûts et pertes associés	117
7-8 Problèmes dans les procédés et solutions	123
7-9 Résistance thermique minimum de l'isolation	129
7-10 Valeur isolante RSI et R pour les fenêtres	131
8-1 Potentiel de réchauffement de la planète (PRP) des émissions	157
9-1 Facteurs d'émission de gaz à effet de serre par source de combustion	167
9-2 Moyenne des émissions de CO₂ en 1998, par unité d'électricité produite	168
9-3 Principales économies d'énergie et périodes de récupération anticipées dans le cadre de mesures d'efficacité énergétique propres aux procédés	181
9-4 Principales économies d'énergie et périodes de récupération anticipées dans le cadre de mesures d'efficacité énergétique propres aux services publics	183

AVANT-PROPOS

Les possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne consistent en une initiative concertée de l'Association des brasseurs du Canada (ABC) et de Ressources naturelles Canada (RNCan). Il s'agit de la deuxième édition révisée et mise à jour de la version originale portant le même titre produite par Lom & Associates Inc. publiée en 1998 et réimprimée en 2003.

Cette nouvelle version vise à reconnaître les activités courantes mises en œuvre par l'industrie brassicole canadienne et les entreprises individuelles de toute envergure en portant une attention à la consommation de l'énergie, à la réduction des gaz à effet de serre et à la conservation de l'eau. Elle propose des possibilités d'amélioration dans ces volets respectifs et renferme les plus récentes données recueillies au Canada et à l'étranger. Le guide est également conçu pour favoriser l'élaboration et la réalisation des objectifs du secteur volontaire sur le plan de l'efficacité énergétique, sous l'égide du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC). L'ABC est membre du PEEIC et représente le secteur de l'industrie brassicole.

Ce programme de longue date, qui connaît un franc succès, constitue un partenariat volontaire entre le gouvernement du Canada et l'industrie, et rassemble des associations et des entreprises industrielles représentant plus de 98 p. 100 de toute la consommation d'énergie dans le secteur industriel au Canada. Depuis 1975, le PEEIC aide les entreprises à réduire leurs coûts et à accroître les bénéfices en fournissant de l'information et des outils pour améliorer leur rendement énergétique.

De nombreuses occasions de faire des économies considérables d'énergie et de coûts sont souvent perdues, et ce, malgré l'accessibilité à des conseils de différentes sources. Au nombre des obstacles contre l'efficacité énergétique, mentionnons l'aversion pour les nouvelles technologies, le manque de connaissances sur l'efficacité relative des produits disponibles, le manque d'information pertinente sur les avantages financiers qu'ils présentent, une forte préférence pour les technologies connues et la trop grande importance accordée aux questions de production.

L'Association des brasseurs du Canada a pour mandat de créer, au nom de l'industrie brassicole et de ses membres, un climat propice à un développement économique sain et soutenu. En augmentant l'efficacité de leurs opérations par le recours à des technologies et à des pratiques efficaces relatives à l'énergie et à d'autres services, les entreprises peuvent réduire leurs frais d'exploitation et rehausser leur compétitivité. Dans cette optique, le guide fournit une motivation en ce qui a trait à la gestion judicieuse de l'énergie. Le présent document a également pour but de servir de guide pratique et d'outil d'apprentissage pour le personnel technique peu familiarisé aux activités brassicoles.

L'élaboration et la publication de ce guide révisé illustrent de façon concrète le profond engagement de l'industrie à protéger l'environnement, comprenant la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et à gérer les ressources du Canada de façon judicieuse.

Le présent guide fournit une multitude d'idées et de conseils sur la façon d'aborder la question relative à l'amélioration du rendement énergétique des activités brassicoles et aux moyens d'y parvenir. Il ne s'agit pas d'un guide scientifique ou théorique, ni d'un manuel d'opération sur la gestion de l'énergie dans les brasseries. Il devrait servir de source d'information unique et pratique qui orientera les établissements dans le but de trouver l'aide dont ils ont besoin.

Peu importe le type et l'envergure de la brasserie ou sa situation précise, le guide fournit des idées qui peuvent être adaptées à une situation particulière ou offre des solutions à des problèmes précis. Il permettra aux entreprises du secteur brassicole d'apporter des améliorations en matière de rendement énergétique.

La gestion moderne de l'énergie aborde globalement plusieurs systèmes interreliés qui consomment de l'énergie. Nous vous suggérons de lire le guide complet d'abord afin d'avoir une vue d'ensemble.

Remarque

Les mesures dérivées historiques, comme le format pratique de l'hectolitre – hl (100 litres) –, sont couramment utilisées dans l'industrie brassicole. L'emploi du baril canadien (= 1,1365 hl) perd du terrain. Pour des raisons de normalisation et de sorte à faciliter les comparaisons internationales et entre les brasseries, le guide a recours au système international SI (système métrique), lorsque possible.

Certaines statistiques de l'Association des brasseurs du Canada (ABC) citées dans le présent guide sont présentées en hectolitre de bière. Un hectolitre = 1 hl = 100 L. Un kilolitre = 1 kl = 10 hl = 1 000 l = 1 m³. De même, lorsqu'un poids est employé, comme une tonne métrique (t), on parle de 1 000 kg, ou 2 204,6226 lb = 0,9842206 tonne (longue) = 1,10233113 tonne (courte).

1

INTRODUCTION



1.0 INTRODUCTION

Lorsque le guide a été publié pour la première fois en 1998, il fournissait la première description cohésive des moyens à prendre pour réduire l'énorme quantité d'énergie que nécessite la production de bière par les brasseries canadiennes. Il a manifestement répondu à un besoin puisque la version initiale imprimée s'est envolée rapidement et qu'il a été publié à nouveau en 2003.

Aux mois de mars et d'avril 2010, l'Association des brasseurs du Canada (ABC) a mené un sondage auprès de certaines brasseries canadiennes de petite envergure et en est arrivée à la conclusion que même si les possibilités d'économies d'énergie sont grandes, elles ne sont pas exploitées de façon avantageuse en raison des quelques éléments suivants, par exemple :

- le manque d'appui de la haute direction;
- les questions énergétiques ne sont pas considérées une priorité;
- contraintes financières, de main-d'œuvre et de temps, etc.;
- aucune responsabilisation définie;
- le manque d'information;
- l'intéressé ne sait pas que des possibilités existent.

Il existe un important potentiel relativement à la mise en œuvre accrue de pratiques d'efficacité énergétique au sein de l'industrie brassicole du Canada, et la nouvelle version du présent guide devrait aider le brasseur en exercice ou toute industrie qui souhaite préserver l'énergie à trouver les renseignements nécessaires. À l'instar de sa version précédente, la structure et le contenu de cette publication tiennent compte du fait que le lecteur possède déjà des connaissances élémentaires des activités et procédés liés au brassage de la bière. Ainsi, il est rédigé de façon à fournir suffisamment d'information, même au personnel de soutien des brasseries de petite et de grande envergure. Son objectif est de favoriser une bonne compréhension des enjeux relatifs à la consommation de l'énergie chez tous les brasseurs et employés de sorte à obtenir leur appui afin d'aborder ces problèmes de façon efficace. Puisque la gestion moderne de l'énergie a recours à de nombreux systèmes de consommation d'énergie interreliés, nous vous suggérons de lire le guide complet d'abord afin d'avoir une vue d'ensemble.

Présentation du guide

La première section du guide dresse le portrait de l'industrie brassicole canadienne de même que des procédés liés au brassage de la bière. On présente ensuite un plan visant l'élaboration d'une approche efficace de la gestion de l'énergie, y compris des renseignements sur la formation, des outils et des ressources. Cette portion décrit la portée et les étapes de la vérification énergétique et fournit des conseils sur le choix et l'établissement des coûts des projets de même que sur l'évaluation des risques ou des défaillances. Le présent guide accorde une plus grande importance à la surveillance et à l'évaluation de la consommation d'énergie et des autres services ainsi qu'à l'établissement d'objectifs que la version précédente. Celle-ci fournit en outre des renseignements additionnels sur la relation entre la consommation d'énergie et la génération des gaz à effet de serre au sein de l'industrie brassicole.

Une portion importante de ce guide ([section 7.0 Considérations liées aux techniques et aux procédés](#)) est consacrée aux occasions potentielles d'amélioration du rendement énergétique dans les procédés liés au brassage de la bière et propose des idées et des conseils sur la façon de rehausser le rendement énergétique des activités brassicoles et les moyens d'y parvenir.

La [section 7.0](#) est plus ou moins divisée en trois catégories :

Éléments gratuits ou à faibles coûts (entretien) – **période de récupération de six mois ou moins.**

Éléments à coûts moyens – modifications à l'usine et à l'équipement ou aux installations nécessaires – **période de récupération de trois ans ou moins.**

Éléments à coûts importants – rénovation majeure ou nouvel équipement nécessaire – **période de récupération de trois ans ou plus.**

Dans le présent guide, les préoccupations des brasseries de petite envergure y ont été intégrées et on y fournit des conseils liés aux pratiques exemplaires. Lorsqu'elles sont appropriées et accessibles, des références et des études de cas ont été ajoutées aux textes à des endroits pertinents. Dans le même esprit, certains résultats de sondages menés auprès de petits brasseurs et d'études techniques sur la consommation d'énergie parmi tous les brasseurs du Canada antérieurs à la mise à jour de ce « guide » ont été choisis aux fins d'illustration. L'information permet de comprendre l'état actuel des efforts de conservation de l'énergie au sein des brasseries canadiennes.

Remarque

Les mesures dérivées historiques, comme le format pratique de l'hectolitre – hl (100 litres) –, sont couramment utilisées dans l'industrie brassicole. L'emploi du baril canadien (= 1,1365 hl) perd du terrain. Pour des raisons de normalisation et de sorte à faciliter les comparaisons internationales et entre les brasseries, le guide a recours au système international SI (système métrique), lorsque possible.

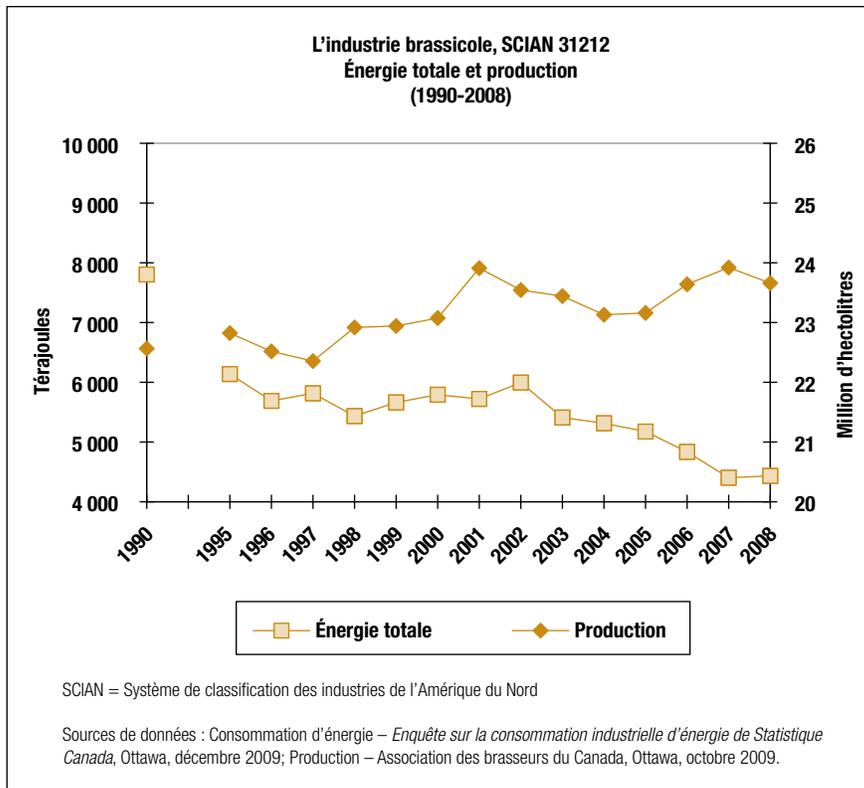
Certaines statistiques de l'Association des brasseurs du Canada (ABC) citées dans le présent guide s'apparentent à un hectolitre de bière. Un hectolitre = 1 hl = 100 L. Un kilolitre = 1 kl = 10 hl = 1 000 l = 1 m³. De même, lorsqu'un poids est employé, comme une tonne métrique (t), on parle de 1 000 kg, ou 2 204,6226 lb = 0,9842206 tonne (longue) = 1,10233113 tonne (courte).

Peu importe le type et l'envergure de la brasserie ou sa situation précise, le guide fournit des idées qui peuvent être adaptées à une situation particulière ou offre des solutions à des problèmes précis. Il permettra aux entreprises du secteur brassicole d'apporter des améliorations en matière de rendement énergétique.

1.1 PROFIL DU SECTEUR BRASSICOLE AU CANADA

Environ 160 brasseries de toutes les tailles sont actuellement exploitées au Canada. La production totale, pour laquelle les petites brasseries (celles dont la production annuelle est inférieure à 200 000 hl) comptent pour près de 10 p. 100, est présentée à la figure 1-1.

Figure 1-1 : Brasserie : énergie totale et production (1990-2008)



Les coûts énergétiques et les coûts des services publics typiques représentent généralement de 3 à 8 p. 100 du budget global d'une brasserie, selon la taille de la brasserie et d'autres variables. Le gaz naturel demeure la source d'énergie par excellence à 65 p. 100, et l'électricité arrive bonne deuxième à 24 p. 100. L'utilisation d'autres combustibles comme le mazout lourd (carburant de soute) et les distillats moyens n'est pas répandue. Récemment, on a observé une tendance à la hausse de la consommation d'électricité. Ce changement semble cadrer avec les autres secteurs de fabrication du Canada (chiffres fournis par l'ABC).

Au Canada, les efforts en matière d'économie d'énergie sont tout d'abord restés confinés à quelques brasseries. En 1993, le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) a mis sur pied le Groupe de travail du secteur des brasseries. Ce groupe de travail a tenté de coordonner les efforts de tous et de promouvoir l'échange d'information concernant les moyens à utiliser pour économiser l'énergie, l'eau et les autres sources d'énergie provenant des services publics dans les brasseries. Comme l'illustre la figure 1-1, le groupe de travail n'a pas tardé à produire des résultats. (Remarque : les résultats étaient et demeurent inégaux en raison du poids des grandes brasseries dans le calcul de la moyenne. À cause des méthodes inefficaces inhérentes aux exploitations de faible envergure, de nombreuses petites brasseries ont une consommation d'énergie spécifique jusqu'à deux fois supérieure à celle des grandes brasseries.)

Une brasserie bien gérée devrait consommer, par hectolitre de bière produit, entre 8 et 12 kWh (kilowattheures) d'électricité, 5 hl d'eau et 150 mégajoules (MJ) provenant de combustibles. Par exemple, disons qu'un MJ égale la valeur énergétique d'environ un pied cube de gaz naturel, ou l'énergie consommée par une ampoule de 100 watts allumée pendant presque trois heures ou par un moteur électrique de 1 HP fonctionnant pendant environ 20 minutes. **150 MJ/hl produisent 30 kilogrammes (kg) d'émissions d'équivalent CO₂ par hl.**

D'impressionnantes réductions relatives à la consommation d'énergie ont été réalisées par les brasseries canadiennes depuis 1990. L'indice d'intensité énergétique constitue l'un des outils permettant de recenser cette information (figure 1-2). Il s'agit d'une valeur calculée qui représente la façon dont l'intensité énergétique change avec le temps. L'intensité énergétique de l'année en cours est comparée à celle de la première année (1990).

Figure 1-2 : Brasserie : indice d'intensité énergétique (1990-2008)

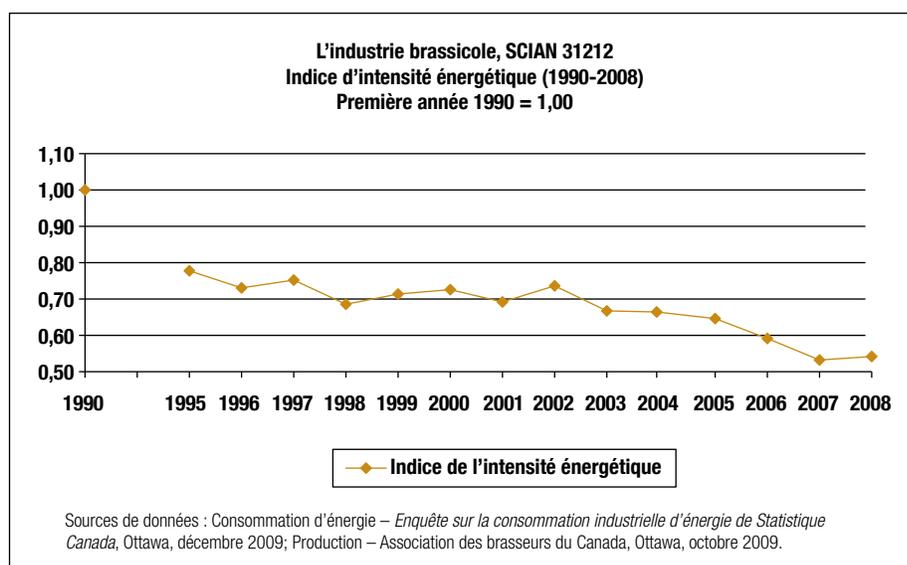
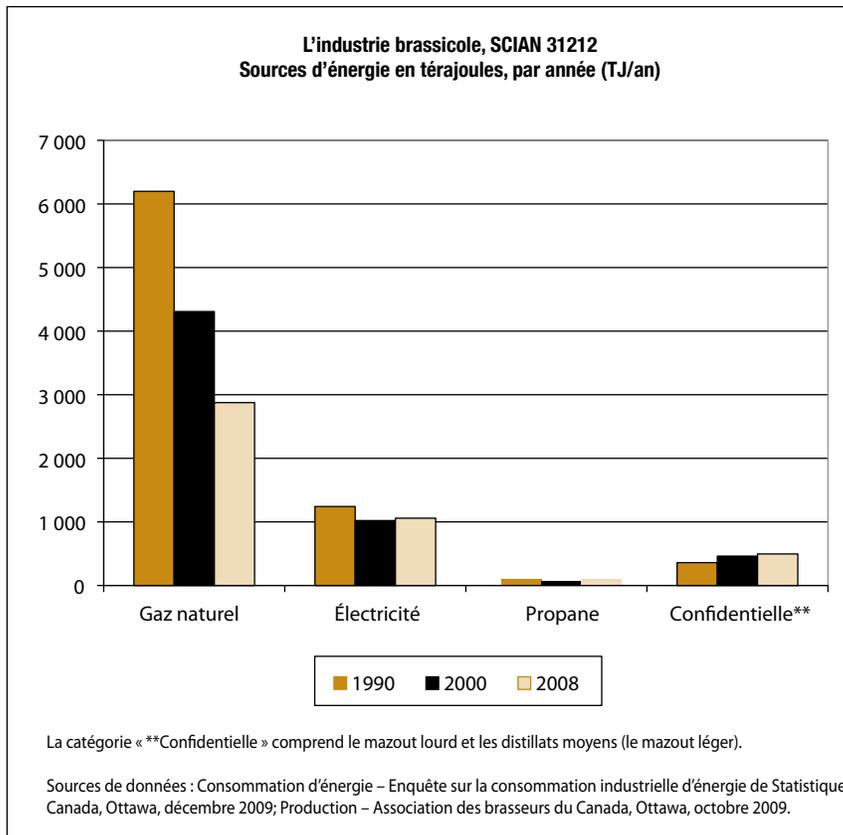


Figure 1-3 : Brasserie : sources d'énergie en térajoules par année (1990-2008)



La diminution de la consommation d'énergie par type de source est également révélatrice (voir figure 1-3). La chute de la consommation de gaz naturel a largement contribué à la réduction de la consommation d'énergie spécifique (CES), passant d'une CES moyenne de **346 MJ/hl en 1990 à 187 MJ/hl en 2008** – une réussite surprenante.

L'objectif de ce guide est d'aider les brasseries à réduire davantage leur consommation future d'énergie et d'eau. Le plus récent sondage (2007) mené par la Campden BRI du Royaume-Uni et la KWA des Pays-Bas auprès de 143 brasseries de grande envergure (>500 000 hl/an) fait état des éléments sur lesquels mettre l'accent. La consommation moyenne d'énergie était de 229 MJ/hl et celle des brasseries se situant dans le décile supérieur était de 156 MJ/hl. À titre d'exemple, l'entreprise Anheuser Busch (avant sa fusion) affichait une moyenne de 194 MJ/hl, SAB-Miller affichait une moyenne inférieure à 150 MJ/hl tandis qu'Asahi et Grupo Modelo présentaient toutes deux une moyenne de 217 MJ/hl.

La gestion des services publics constitue une préoccupation continue pour toute brasserie. Puisque le principal objectif vise les économies d'argent, les gestionnaires doivent comprendre les principes économiques et gérer leur service comme ils le feraient pour leur propre entreprise. À l'heure actuelle, les pressions concurrentielles et les marges de profit limitées rehaussent

l'importance que l'on accorde à la gestion de l'énergie et des services publics. Bien que les gains financiers issus des améliorations du rendement énergétique peuvent sembler modestes par rapport à la valeur du taux de rotation ou au budget dans son ensemble, ils peuvent contribuer au profit net de la brasserie, et ce, de façon considérable. Les coûts liés à l'énergie et aux services publics doivent être perçus comme un élément important des coûts contrôlables d'une brasserie. Le présent guide devrait être utile dans cette optique.

1.2 PROCÉDÉS LIÉS AU BRASSAGE DE LA BIÈRE

Il existe deux ou trois cycles de réchauffement et de refroidissement distincts dans le procédé de production de bière. Le premier, qui n'est pas couvert par le présent guide, survient lors du séchage (appelé touraillage) du malt d'orge – l'ingrédient de base du brassage de la bière. En ce qui a trait au brassage à proprement parler, le premier cycle de réchauffement et de refroidissement survient dans la salle de brassage lors de la production de moût. Le dernier cycle de réchauffement et de refroidissement, souvent omis par les brasseries de petite envergure, s'opère lors de la pasteurisation du produit fini. Le procédé lié au brassage de la bière est énergivore et consomme de grands volumes d'eau.

Le malt fait à partir d'orge de brasserie – presque exclusivement cultivé en sol canadien – est apporté à la brasserie puis entreposé dans des silos. Il est ensuite prélevé par moyen pneumatique, par un convoyeur ou encore par un élévateur à godets. Le malt est ensuite acheminé vers la salle des moutures où il est broyé pour obtenir la composition requise de particules fines et grossières et de pellicules pailleuses (la pellicule pailleuse est l'enveloppe extérieure du grain de malt). En fonction de la technologie employée, le broyage est parfois précédé par le conditionnement à la vapeur du grain; parfois, on a recours au broyage par voie humide (empâtage). Dans la cuve d'empâtage, les particules sont mêlées à de l'eau tiède et, par réchauffements successifs, leur contenu amidé est hydrolysé et transformé en moût à saveur sucrée.

Le moût sucré est séparé de la drêche (les pellicules pailleuses) par filtration dans une cuve-filtre ou sur des filtres à cadre. L'extrait résiduel de la drêche est éliminé par injection d'eau chaude, et le moût sucré est bouilli dans une chaudière à moût avec du houblon ou des extraits de houblon. Pendant l'ébullition, un certain pourcentage du volume du moût doit s'évaporer. Le moût à saveur amère qui en résulte est séparé de la cassure (c'est-à-dire des protéines coagulées, des complexes tanniques et des grosses particules insolubles du houblon et du malt) dans un réservoir à moût chaud, selon le principe de la tasse de thé. Le moût est refroidi, habituellement en passant à travers un échangeur thermique à plateau (dans les procédés simples, il est possible d'utiliser un refroidisseur ouvert) jusqu'au moment où il atteint la température requise pour la mise en levain. Le moût est aussi aéré ou oxygéné avant d'être mis en levain (c.-à-d., ensemencé), avec de la levure exempte de toute contamination tout en cheminant vers la cuve guilloire ou la cuve de fermentation.

La levure de brassage métabolise les sucres utilisables du moût en alcool et en gaz carbonique (CO₂) et produit aussi une nouvelle masse de levure. Dans la cuve de fermentation, le métabolisme dégage une grande quantité de chaleur qui doit être dissipée par le refroidissement du contenu. À la fin de la fermentation, la jeune bière obtenue est refroidie à environ 0 °C et « entonnée » (transférée) dans une cuve d'entreposage. La levure résiduelle est soit utilisée en partie pour une nouvelle mise en levain ou éliminée. Une partie de la levure encore en suspension repose dans la cuve d'entreposage

où est extraite de la jeune bière par centrifugation pendant son transfert. Dans la cuve d'entreposage, elle est refroidie davantage, selon sa teneur en alcool, à la température la plus basse possible, habituellement jusqu'à $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Après une période de maturation (appelée (« lagering » ou « vieillissement »), la bière est filtrée, saturée et est enfin prête à être conditionnée en bouteilles, canettes ou en barillets dans la cave de conditionnement. Certains types de bières, particulièrement ceux produits pas des brasseries artisanales ou de petite envergure, ne sont pas filtrés. La filtration consiste en un processus purement esthétique.

Au Canada, presque toutes les bouteilles de bière destinées au marché canadien sont consignables. Par conséquent, il faut les nettoyer avant de les réutiliser. Les bouteilles consignables passent à plusieurs reprises à travers la laveuse de bouteilles qui les soumet à des bains et à des gicleurs de solutions chaudes de soude caustique. À leur sortie, les bouteilles sont rafraîchies à l'aide de gicleurs et de rinçages d'eau potable froide. Elles sont alors acheminées vers la soutireuse. Les canettes, toujours neuves, ne sont pas lavées, mais simplement rincées avec de l'eau potable froide, à l'instar des bouteilles non consignables destinées à l'exportation. Les barillets sont nettoyés avec de l'eau chaude, de la solution caustique et de la vapeur.

Au Canada, les bières mises en bouteilles et en canettes sont habituellement pasteurisées. La bière en fût, pour sa part, n'est généralement pas pasteurisée, et les bouteilles et les canettes de petites brasseries dont les ventes extérieures sont limitées pourraient ne pas l'être. Le processus de pasteurisation se déroule dans des tunnels à pasteurisation et il consiste à chauffer la bière conditionnée à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. La pasteurisation tue ou désactive les micro-organismes qui pourraient entraîner une détérioration de la bière. Des gicleurs d'eau de plus en plus chaude amènent la bière à la température de pasteurisation dans la zone de chambrage du pasteurisateur. Cette température est maintenue pendant plusieurs minutes. Par la suite, des gicleurs d'eau froide la ramènent graduellement à la température de sortie, généralement d'environ $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La bière conditionnée est stockée dans un entrepôt avant d'être distribuée. La bière tiède, surtout si sa teneur en oxygène est supérieure à la normale, ne conserve pas son goût longtemps; sa durée de conservation est par conséquent restreinte. Pour des raisons de logistiques et de goût, l'entreposage devrait donc être bref pour éviter d'avoir à réfrigérer l'entrepôt.

2

STRATÉGIES DE GESTION DE L'ÉNERGIE



2.0 STRATÉGIES DE GESTION DE L'ÉNERGIE

2.1 CONSIDÉRATIONS STRATÉGIQUES

Les brasseries du Canada doivent toutes faire face à une concurrence toujours grandissante sur un marché brassicole décroissant. La réduction des coûts est devenue un des principaux éléments influençant leur survie. Les économies liées à l'énergie et aux services publics peuvent optimiser la rentabilité de toute brasserie. De nombreux principes de conservation de l'énergie présentés dans la première édition de ce guide sont maintenant ancrés dans les activités de gestion de l'énergie des brasseries canadiennes. Étonnamment, ces efforts ont favorisé la réduction de la consommation d'énergie spécifique de 59 MJ/hl.

L'adoption d'une approche improvisée de la gestion de l'énergie ne s'avère pas efficace. Elle comble des besoins immédiats ou aléatoires sans offrir les avantages d'une approche cohésive et cohérente. Toutefois, par nécessité et compte tenu de la pénurie de ressources disponibles, ce type d'approche est notamment mis en pratique par certaines brasseries canadiennes de moindre envergure.

Mettons le concept de rendement énergétique en perspective : si votre budget alloué à l'énergie est de 1 million de dollars et que vous pouvez économiser seulement 10 p. 100 grâce à de meilleures pratiques énergétiques, demandez-vous : « combien d'hectolitres dois-je vendre pour gagner 100 000 dollars nets? ».

Une brasserie qui souhaite sérieusement améliorer l'efficacité de l'énergie et des services publics doit adopter une approche systématique et cohérente – une approche relative à un système, pas simplement à un programme. Cette initiative commence par l'élaboration d'une politique énergétique.

La gestion de l'énergie dans une brasserie présente deux aspects majeurs : la mise en œuvre de techniques de gestion et l'optimisation des processus.

Pour commencer, quelques éléments décisifs doivent être présents :

1. l'engagement ferme de la haute direction;
2. des objectifs de programme clairement définis;
3. une structure organisationnelle et la définition des responsabilités;
4. l'approvisionnement en ressources – employés et argent;
5. des mesures et des procédures de suivi;

et une évaluation régulière des progrès.

Ces points sont abordés dans la figure 2-1 et dans la [section 2.3 – Définir le programme](#).

2.2 SYNERGIES PRATIQUES – INTÉGRATION DE SYSTÈMES

Peu après la Seconde Guerre mondiale, un statisticien américain, Edward Deming, Ph.D., a formulé un principe qui constitue la base de tout système de gestion en place aujourd'hui et le fondement de l'amélioration continue. Il a traité au cadre « planifier, faire, vérifier, réagir » comme le démontre cette représentation graphique. On emploie souvent l'abréviation PFVR pour y faire référence.

Dans une représentation linéaire d'un système de gestion de l'énergie (figure 2-1) commençant avec une politique, ces éléments comprennent les principaux blocs d'activités suivants :

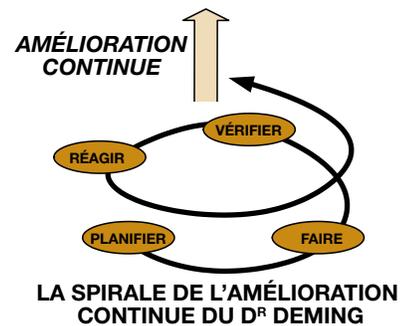
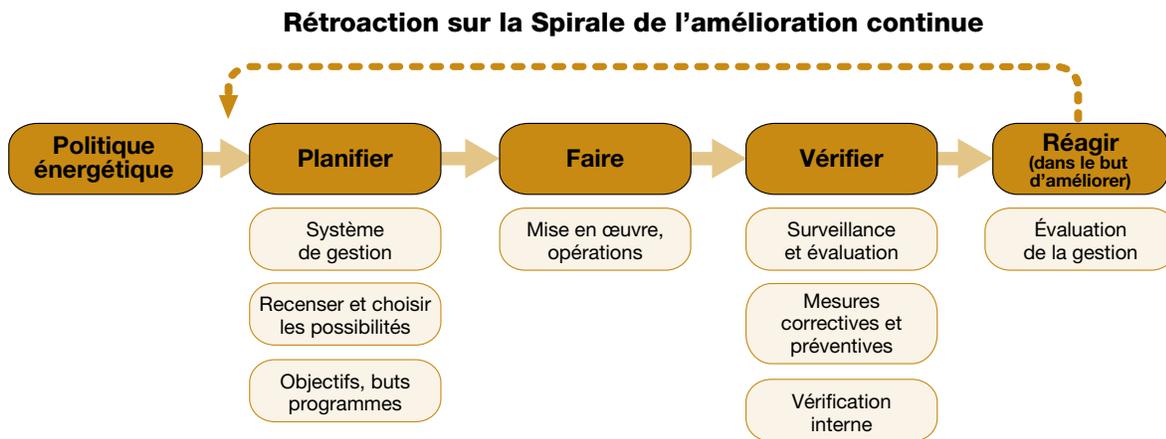


Figure 2-1 : Représentation linéaire d'un système de gestion de l'énergie



Chacune de ces appellations représente une étape logique de la mise en œuvre des exigences, et ces activités sont exercées convenablement dans le but d'atteindre un objectif, que ce soit la qualité des processus et du produit, la protection de l'environnement, la mise en place d'un système de comptabilité fiable, l'instauration réussie de pratiques de santé et sécurité au travail ou d'efficacité énergétique. En fait, des centaines de normes et de lignes directrices internationales ont été élaborées au cours des dernières décennies, principalement grâce à l'Organisation internationale de normalisation (ISO) de Genève, en Suisse. Ces normes et lignes directrices ont été produites par l'entremise de groupes de travail internationaux et adoptées par des pays à titre individuel et sont formées du préfixe ISO (« égalité » en vieux grec), suivi d'un numéro assigné et de l'année de la dernière mise à jour. Les normes ISO s'appliquant principalement aux brasseurs sont :

- ISO 9001:2008 – Système de gestion de la qualité;
- ISO 14001:2004 – Système de gestion environnementale;
- OHSAS 18001:2007 – Système d'évaluation de la santé et de la sécurité au travail et dans le contexte des améliorations du rendement énergétique dont le présent guide fait l'objet, un tout nouveau projet de norme a vu le jour ;
- ISO 50001 – Systèmes de gestion de l'énergie.

Parmi les autres normes et lignes directrices pertinentes, notons :

- HACCP – Les systèmes de points de contrôle critiques pour l'analyse des dangers (HACCP);
- ISO 31000:2010 – La structure, l'application et les principes relatifs à la gestion des risques.

Norme	Description
ISO 9001:2008	<p>Système de gestion de la qualité</p> <p>Dans les brasseries de même que dans toute autre entreprise, la satisfaction du client alimente la recherche de la qualité. Progressivement, les brasseries de partout dans le monde ont adopté la norme, et des centaines de milliers d'entreprises variées à l'échelle mondiale s'y sont conformées depuis son introduction en 1987. Dans de nombreuses industries, la certification ISO 9001 est devenue une exigence et une condition pour rester en affaire.</p>
ISO 14001:2004	<p>Système de gestion environnementale</p> <p>La mise en place d'un système de gestion environnementale (SGE) entraînera une amélioration continue du rendement environnemental.</p> <p>La spécification de la norme s'appuie sur le concept selon lequel l'entreprise mettra à jour et évaluera périodiquement son SGE afin de recenser les possibilités d'améliorations.</p> <p>Bien que l'on puisse s'attendre à certaines améliorations du rendement environnemental sur la base de l'approche systématique adoptée en vue de la norme, le SGE consiste principalement en un outil qui permet à une entreprise d'atteindre et de contrôler de façon systématique le niveau de rendement qu'elle a elle-même établi. Cette dernière est libre de fixer les limites de son SGE.</p> <p>Les exigences et les critères du système conviennent également aux efforts relatifs à la santé et à la sécurité au travail ainsi qu'au rendement énergétique.</p>
OHSAS 18001:2007	<p>Système d'évaluation de la santé et de la sécurité au travail</p> <p>La norme a été adoptée par de nombreux pays à l'échelle mondiale, mais ne constitue toujours pas une norme internationale. Elle permet de gérer les risques en milieu de travail de façon systématique, cohérente et proactive avec une vision des objectifs à long terme, et ce, afin d'assurer la santé et la sécurité de tous les employés. Bien que cette norme ait une portée plus élargie, sa structure est semblable à celle de la norme ISO 14001.</p>
ISO 50001	<p>Systèmes de gestion de l'énergie</p> <p>Dans toute brasserie, les efforts en vue d'améliorer le rendement énergétique ne constituent qu'une étape vers l'augmentation des bénéfices, de la qualité des activités et des produits et vers l'instauration d'un comportement responsable en matière d'environnement au sein de l'entreprise.</p> <p>La nouvelle norme relative au système de gestion de l'énergie favorise une approche systématique et cohérente par rapport à l'effort. Il s'agit d'un nouvel outil qui arrive au bon moment.</p>

Norme	Description
HACCP	<p>Les systèmes de points de contrôle critiques pour l'analyse des dangers (HACCP) La bière étant considérée comme un « aliment », le programme HACCP s'applique à sa production. Ce programme, qui peut également être utilisé à titre d'outil de gestion de la qualité, est un programme de sécurité alimentaire. Il a été mis au point pour s'assurer qu'à chaque stade de la production et durant les processus de conditionnement et de distribution, tout risque qui pourrait influencer sur le produit et entraîner sa contamination ou un préjudice pour la santé a été repéré et éliminé. Ce système suppose que tout le matériel de brassage et de conditionnement, toutes les activités de brassage et de conditionnement, de transport, d'entreposage et de vente au détail sont passés au crible. En ce qui a trait à l'énergie et aux services publics, il suppose également la protection contre la contamination ou la pollution de l'eau, de la vapeur, du condensat et des gaz de combustion.</p> <p>Le programme HACCP s'applique conjointement avec la norme ISO 9001 en tant qu'outil de gestion de la qualité. Lorsque des systèmes ISO plus génériques et universels n'ont pas été mis en place, le système HACCP agit en tant que système de qualité en soi. Les programmes ISO et HACCP ne doivent pas être instaurés indépendamment l'un de l'autre.</p> <p>L'Association des brasseurs du Canada a conçu un programme HACCP d'adressant spécialement aux brasseurs.</p> <p>Pour plus d'information : www.brewers.ca/index_pub.php?l=f</p>
ISO 31000:2010	<p>La structure, l'application et les principes relatifs à la gestion des risques La norme la plus pratique (expliquée par la norme CSA/Q850-10 de l'Association canadienne de normalisation) s'applique à toute situation qui comporte un danger et dont le risque doit être évalué (p. ex., les décisions relatives à l'investissement, les aspects environnementaux, la santé et la sécurité au travail, l'établissement des priorités, etc.).</p> <p>Dans ce contexte, il est intéressant de noter que la Courage Brewery (Royaume-Uni) avait recours à une double évaluation du risque qu'elle effectuait en prenant des mesures de surveillance à une certaine étape du procédé et en les comparant, à l'aide de mesures de surveillance subséquentes, avec la probabilité que ce risque se concrétise dans le produit final.</p> <p>À l'exception de la nouvelle norme ISO 31000:2010, la mise en place de tous les systèmes de gestion susmentionnés peut être évaluée par des organismes accrédités (nommés « registraires ») et certifiés indépendants. La certification, aussi appelée « enregistrement », reconnaît la conformité aux exigences rigoureuses d'une norme. Le certificat devient un document public.</p> <p>Tous ces programmes ont un élément en commun : le souhait de rehausser la qualité dans le sens le plus élargi du terme. Leur approche systématique, structurée, cohérente et réfléchie fait de ces systèmes de précieux outils.</p>

14

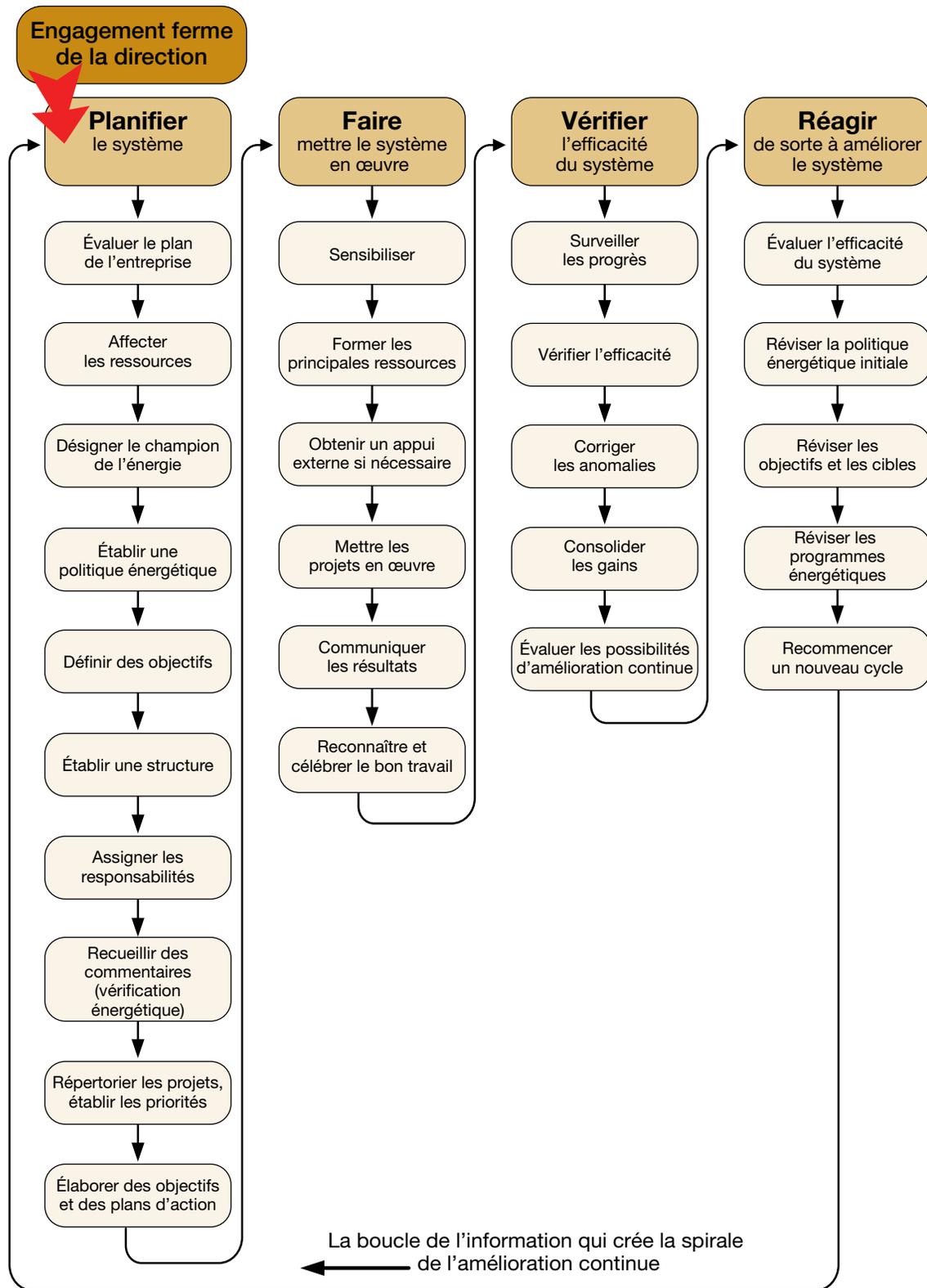
<p>Remplacer les programmes qui comportent une approche systémique</p>	<p>Les programmes ont une durée limitée. Les brasseries élaborent et lancent souvent des programmes sans établir de liens avec ceux qui existent déjà. Quelquefois, les programmes qui n'ont pas été planifiés correctement ou qui n'ont pas reçu un soutien suffisant partent à la dérive et sont abandonnés. Les employés leur trouvent souvent un « arrière-goût ».</p> <p>En revanche, les systèmes fonctionnent de façon indéfinie, en employant des programmes dans le but d'atteindre des objectifs précis au sein des systèmes. Les programmes font partie intégrante de la stratégie d'amélioration dans son ensemble.</p>
<p>Tirer profit de la compatibilité et des synergies</p>	<p>Les normes ISO précédemment énumérées sont pleinement compatibles. La structure semblable des normes relatives aux systèmes de gestion contemporains, hautement perfectionnée à ce jour, permet la mise en place de systèmes à l'intérieur même d'un système de gestion à l'échelle de toute l'entreprise. Par exemple, le système de gestion de l'énergie ne doit pas être appliqué de façon individuelle. Nombre de ses éléments peuvent s'intégrer aux éléments semblables d'autres systèmes. Cette pratique est avantageuse : le système de gestion dans son ensemble se rationalise et se simplifie, et les activités s'imbriquent, ce qui revalorise les synergies fructueuses et accroît l'efficacité.</p>
<p>La mise en place de systèmes s'avère judicieuse</p>	<p>L'utilisation, dans une stratégie de gestion globale, de systèmes intégrés fondés sur les mêmes principes est judicieuse, car elle permet d'obtenir les avantages suivants :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) uniformité du système de gestion : <ul style="list-style-type: none"> • efficacité; • élimination ou réduction des doublons; • proactivité, prévisibilité, cohérence, souplesse, compréhension. 2) formation : <ul style="list-style-type: none"> • efficacité et efficacité; • diminution des incompatibilités en matière de formation; • approche multidisciplinaire; • programme tout-en-un. 3) ressources : <ul style="list-style-type: none"> • meilleure utilisation de la main-d'œuvre, de l'énergie et du matériel dans un environnement de système de gestion unique 4) meilleur statut de conformité : <ul style="list-style-type: none"> • confiance accrue grâce aux organismes de réglementation; • démonstration tangible de l'engagement.

	<p>5) économies de coûts en ce qui a trait aux éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • matériaux et main-d'œuvre; • énergie; • produits en cours de fabrication, produits finis; • déchets; • dettes éventuelles; • relations publiques et achalandage.
<p>Les avantages de l'enregistrement du système</p>	<p>Les avantages quantifiables relatifs à la mise en place d'un système de gestion et de son enregistrement subséquent se résument ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'amélioration de la documentation portant sur les marches à suivre par rapport aux procédés et des directives concernant les tâches; • l'amélioration de la communication au sein de l'organisation; • l'amélioration de la qualité du produit, du procédé ou du service et de la satisfaction du client; • la prévention des erreurs dans toutes les activités; • l'amélioration de la productivité et de l'efficacité, et la réduction des coûts; • l'amélioration de la qualité du travail et de la satisfaction des employés; • une reconnaissance publique favorisant une augmentation de la part de marché.

2.3 DÉFINIR LE PROGRAMME

La figure 2-2 offre un aperçu de la planification générale relative à la mise en place d'un système de gestion de l'énergie. Elle représente un scénario idéal et éprouvé où les différentes étapes sont abordées de façon rationnelle, réfléchi et systématique. Ce système vous permettra de mettre en œuvre des programmes de gestion de l'énergie efficaces. La description complète de la stratégie peut toutefois ne pas convenir aux brasseries de plus petite envergure sur le plan des ressources.

Figure 2-2 : Aperçu d'un système de gestion de l'énergie



© Lom & Associates Inc., 2010

Engagement de la direction

Le rôle de la haute direction est de diriger et d'appliquer la stratégie : la direction met un changement en œuvre. La participation active des cadres supérieurs et intermédiaires de même que leur engagement permanent et visible démontrera à tous que l'amélioration du rendement énergétique de la brasserie constitue un enjeu sérieux et décisif qui en vaut le coup. Elle rehaussera considérablement l'efficacité du système de gestion de l'énergie.

Évaluer le plan d'affaires et affecter les ressources

Cette étape fournira l'information à propos de l'effet souhaité ou anticipé sur les économies d'énergie en ce qui a trait au profit, ainsi que les ressources nécessaires à la planification, à la mise en place et au maintien d'un système de gestion de l'énergie viable.

L'efficacité d'un système de gestion de l'énergie dépend du temps et des efforts que peuvent y consacrer les personnes qui sont chargées de sa mise en œuvre. Il est donc essentiel d'y affecter des fonds appropriés. Sans cela, et si on ne désigne pas des gens pour effectuer le travail, peu de choses seront exécutées.

Désigner le champion de l'énergie

Il devrait s'agir d'une personne compétente sur le plan technique jouissant du respect et du soutien de la direction et des employés de la brasserie. Le champion devrait être une personne d'action – soit un bon organisateur, un animateur chevronné et un communicateur efficace. Le champion devrait faire preuve d'un grand enthousiasme et d'une conviction profonde quant aux avantages du programme d'efficacité énergétique, et être un ardent défenseur de la cause. Pour que le champion ait facilement accès aux cadres supérieurs, il devrait s'agir d'une nomination à l'échelon de la direction. La fonction de champion de l'énergie constituera presque toujours un ajout à un poste existant, et une réaffectation ou un partage des responsabilités pourra s'avérer nécessaire.

Établir une politique énergétique – susciter la sensibilisation

L'instauration du programme de gestion de l'énergie devrait s'appuyer sur un énoncé de politique robuste du directeur général de la brasserie à l'intention du personnel. Élaborez la politique énergétique en tenant compte des autres engagements de l'entreprise, des politiques (qualité, production, environnement, etc.) et des objectifs stratégiques.

Peu après, amorcez une campagne de sensibilisation au moyen d'un bref exposé, de tableaux, d'affiches, d'envois à la maison, de pièces jointes aux talons de paye, ainsi que d'autres outils de communication convenables qui expliqueraient les avantages de l'utilisation de l'efficacité énergétique pour toute la brasserie. Tous devraient également connaître les avantages environnementaux plus généraux des améliorations de l'efficacité énergétique – soit de quelle manière la conservation de l'énergie abaissera-t-elle le niveau des émissions de gaz à effet de serre et contribuera-t-elle à lutter contre le réchauffement planétaire.

Un excellent « guide de mise en œuvre d'un programme de sensibilisation à l'efficacité énergétique au sein de votre industrie » est disponible sur demande auprès de RNCAN.

Envoyez un courriel à : info.ind@rncan-nrcan.gc.ca.

Décisions relatives aux objectifs

Les objectifs fixés par la brasserie devraient être clairement définis, mesurables, ambitieux mais atteignables. Ils peuvent couvrir plusieurs horizons temporels : de court terme à long terme. Ils devraient être communiqués à tous les employés et compris par ces derniers.

Établir la structure et assigner les responsabilités

Le champion préside l'équipe de gestion de l'énergie et est personnellement responsable de la mise en œuvre et du succès du programme de même que de son efficacité. L'équipe de gestion de l'énergie devrait réunir des représentants de tous les principaux secteurs qui consomment une grande quantité d'énergie, notamment le brassage, le conditionnement et l'entretien, ainsi que des opérateurs de production.

Dans les petites brasseries, l'ensemble du personnel de direction devrait se voir assigner des tâches liées à la réduction de la consommation d'énergie.

Concevoir des plans d'action

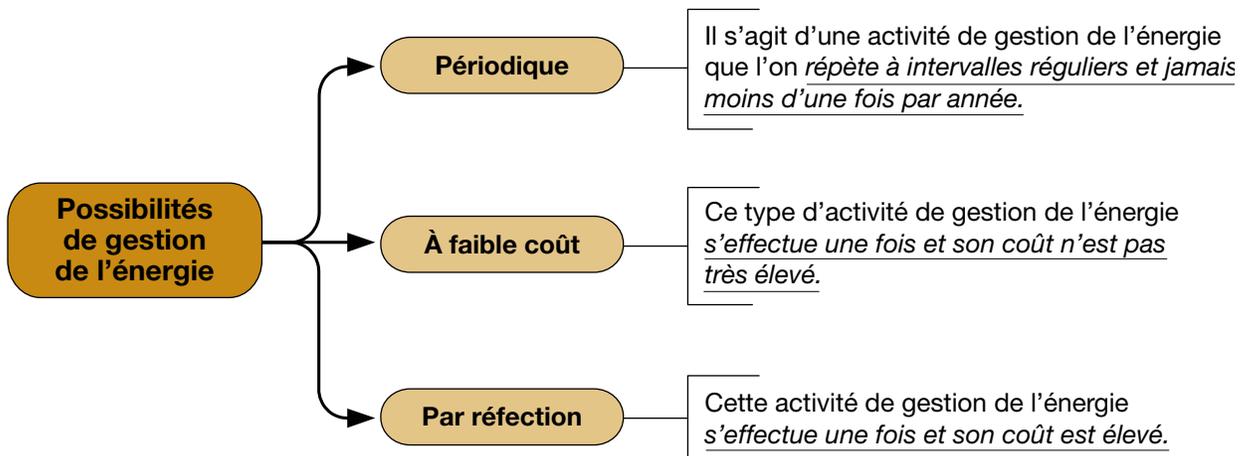
Le plan d'action est une feuille de route. Il s'agit d'un outil de contrôle et de gestion de projet qui décrit les responsabilités, les tâches spécifiques, les ressources (fonds, effectifs, formation, etc.) et les échéances des projets particuliers et leurs stades respectifs. Plusieurs applications logicielles de gestion de projet comme le gestionnaire de projet de Microsoft sont offerts sur le marché afin de faciliter la planification d'un projet. Les graphiques Gantt sont utilisés pour surveiller et contrôler la réalisation des projets, les coûts, etc.

Lors du choix de projets d'efficacité énergétique à mettre en œuvre, on recherche des possibilités de gestion de l'énergie (PGE). Nous pouvons généralement les diviser en trois catégories :

- périodique;
- à faible coût;
- par réfection.

Nous nous servirons de cette classification, présentée à la figure 2-3, pour décrire les PGE dans la [section 7 – Considérations liées aux techniques et aux procédés](#).

Figure 2-3 : Catégories relatives aux possibilités de gestion de l'énergie (PGE)



Former les principales ressources

La formation est coûteuse en argent et en temps, mais elle s'avère profitable. On l'organise généralement en deux stades. Le premier stade consiste en une formation spécifique qui s'adresse à certains employés, à savoir ceux qui participent au programme de gestion de l'énergie et qui ont une plus grande influence sur la consommation de l'énergie que d'autres.

Idéalement, le second stade – qui suit en temps opportun – est une stratégie d'intégration de la formation de la gestion de l'énergie dans la grille actuelle de la formation de l'entreprise, afin de s'assurer que la formation énergétique est couverte sur une base régulière. Une formation générale d'équipe, par exemple en gestion de conflits et en résolution de problèmes, devrait également être offerte aux membres de l'équipe de gestion de l'énergie.

RNCan offre des ateliers sur l'efficacité énergétique à travers le Canada. Pour de l'information, visitez [Ateliers de gestion de l'énergie «Le gros bon \\$ens»](#). D'autres sources de formation sont disponibles auprès des services publics; voir la [section 2.4 Ressources et soutien](#).

Mettre en œuvre des projets

Considérez un projet par rapport à un autre – le fait de les lier contribuera à rendre votre projet cohérent et vous tirerez profit des synergies issues des projets. Il est payant de commencer par des projets de « formation » qui engendrent peut-être des économies modestes, mais rapidement réalisables, en particulier s'il s'agit de projets visant à corriger des sources évidentes de gaspillage révélées par la vérification énergétique initiale. Les premières réussites encourageront l'équipe à s'attaquer à des projets plus importants et à rechercher des économies plus grandes. En acquérant plus de confiance, l'équipe s'attaquera à des secteurs où la consommation d'énergie est moins évidente, comme les cas où l'utilisation de l'énergie intervient dans les systèmes de chauffage et de ventilation de la cave de conditionnement.

Tirer profit de différentes synergies afin d'économiser davantage d'énergie.

Communiquer les résultats

Les progrès d'un projet de conservation de l'énergie et les résultats qu'il entraîne devraient être communiqués à tous les employés de la brasserie. Assurez-vous que la communication est brève et préférablement visuelle (graphiques, affiches, pictogrammes, etc.). Parlez de ces réalisations lors des réunions d'usine.

Reconnaître et souligner le bon travail – célébrer la réussite

Voilà une partie du programme que l'on néglige souvent, mais qui est malgré tout d'un grand intérêt. Les gens recherchent et valorisent la reconnaissance. On peut se servir d'une foule de moyens pour reconnaître les réalisations et souligner la contribution des équipes (plutôt que des personnes en particulier – ce qui peut semer la discorde) : donnez des t-shirts, des chapeaux thématiques et autres articles, des déjeuners, pique-niques, billets pour assister à des rencontres sportives parrainées par

l'entreprise, croisières – il n'y a pas de limite. L'atteinte d'un objectif devrait être fêtée comme un jalon sur la voie de l'amélioration continue de l'efficacité énergétique dans la brasserie. Les résultats peuvent ne pas être définitifs; il s'agit toutefois de souligner les efforts déployés dans le cadre du projet, et ce, sans condition.

Surveiller les progrès

Dans le cadre de tout projet, on doit surveiller les progrès relatifs à sa réalisation, évaluer les résultats par rapport aux objectifs et en faire état lors des réunions de gestion. Cette pratique vous permet de vous assurer que le projet demeure viable et qu'il suscite l'attention nécessaire à sa poursuite.

Vérifier l'efficacité

Dans le cas où une solution technique est mise en œuvre dans le cadre d'un projet, la vérification de son efficacité peut s'avérer aussi simple que la surveillance permanente du rendement. Lorsque le projet amène un changement de comportement (p. ex., mettre l'équipement non utilisé hors tension), la vérification de l'efficacité des mesures adoptées devrait être effectuée après une certaine période (p. ex., après un mois ou deux).

Le projet a-t-il répondu aux attentes? L'amélioration de l'efficacité énergétique mise en œuvre est-elle efficace? Est-elle entretenue? Pour appuyer la crédibilité des efforts de gestion de l'énergie, il faut évaluer l'efficacité des mesures adoptées, de sorte que les rajustements puissent être effectués et que les autres projets puissent être mieux gérés.

Corriger les anomalies

Il s'agit d'une étape essentielle à entreprendre lorsque le rendement ne répond pas aux attentes. L'usine peut mettre de l'avant une approche improvisée ou une méthode définie pour appliquer les mesures correctives, dans le cas où un système de qualité ou de gestion environnementale formalisée est déjà en place. Ainsi, la détermination de la cause fondamentale systémique d'une anomalie constitue une tâche de première importance, suivie par la mise en œuvre appropriée des mesures correctives.

Les renseignements obtenus par l'observation des données, les commentaires provenant du centre de gestion de l'énergie (CGE) et d'autres systèmes de contrôle, l'examen des résultats et la vérification de l'efficacité du projet peuvent indiquer que des mesures correctives sont nécessaires. Il incombe au champion de la gestion de l'énergie de décider des mesures correctives avec l'équipe de gestion de l'énergie ainsi que les employés du secteur en cause. Cela permet de déterminer la cause principale de l'anomalie et d'adopter la mesure corrective requise. Les projets d'efficacité énergétique à venir tireront profit de ces leçons.

Souvenez-vous de documenter ces mesures, au besoin. Cela devient un historique des faits et constitue un outil d'apprentissage pour éviter des erreurs dans d'autres projets.

Consolider les gains

Les deux étapes susmentionnées sont nécessaires à la pérennisation de l'amélioration. Idéalement, la solution mise en œuvre devrait entraîner des avantages permanents.

Examiner les possibilités d'améliorations continues

Soyez à l'affût des occasions de mettre en œuvre la mesure de conservation de l'énergie spécifique dans d'autres secteurs où le besoin pourrait être présent et qui présentent des conditions semblables. Assurément, ce mécanisme de réaction positive favorise la prévention.

La recherche d'autres occasions constitue les assises de l'amélioration continue, laquelle devrait être encouragée dans l'intérêt de toute entreprise.

Souvent, un projet débouche sur une autre idée. Le programme d'amélioration du rendement énergétique consiste en un effort constant. En définitive, il faudrait encourager l'équipe de gestion de l'énergie et tous les employés à examiner et réexaminer d'autres possibilités pour obtenir des gains supplémentaires, de façon continue. Dans certaines entreprises, il s'agit d'un point permanent à l'ordre du jour des réunions de l'équipe de gestion de l'énergie.

Évaluer l'efficacité du système de gestion de l'énergie

Afin de susciter l'intérêt, il s'avère nécessaire de présenter un compte rendu de l'efficacité du système de gestion de l'énergie à l'équipe de direction. Les mises à jour relatives à la gestion d'énergie devraient constituer un point permanent à l'ordre du jour des réunions d'évaluation de la gestion des opérations, au même titre que les questions liées à la qualité, à la production, aux finances et à l'environnement. On évalue les résultats de la mise en œuvre de projets, on procède à des ajustements, on règle les conflits et on se penche sur les besoins en matière de finances et de ressources.

Examiner les politiques énergétiques, les objectifs, les programmes d'amélioration du rendement énergétique et les plans d'action

Cette étape assure la pertinence et la mise à jour continue de la politique énergétique. Les objectifs la soutiennent. Puisque ces éléments évoluent avec le temps, les passer en revue est nécessaire pour faire en sorte que les priorités soient maintenues compte tenu du contexte actuel. Un examen annuel ou semestriel est probablement la meilleure fréquence à adopter.

Le programme d'amélioration du rendement énergétique et les plans d'action sont des documents « vivants ». Leur mise à jour et les révisions fréquentes à y apporter sont nécessaires, au fur et à mesure que des projets déjà en place sont mis en œuvre et que de nouveaux projets sont lancés mais aussi, compte tenu de l'évolution du contexte commercial. Le champion de la gestion de l'énergie dirige cette activité. Il lui faut obtenir de la rétroaction du CGE et d'autres personnes, et il cherchera par la suite à obtenir l'approbation des mises à jour auprès de l'équipe de direction.

On utilise les commentaires issus des examens dans le nouveau cycle des activités.

2.4 RESSOURCES ET SOUTIEN : SOURCES D'AIDE

Vous trouverez dans cette section une liste de ressources accessibles pour l'industrie. Cette liste comprend des renseignements, des programmes et des outils offerts par le gouvernement du Canada, les gouvernements provinciaux et territoriaux, les principales municipalités canadiennes et les plus grandes entreprises et sociétés de services publics du secteur de l'électricité et du gaz. La plupart de ces renseignements sont accessibles par l'entremise du site Web de Ressources naturelles Canada (RNCan) au peeic.gc.ca.

2.4.1 Soutien financier, formation et outils

RNCan, le PEEIC et l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) offrent à l'industrie des ressources et des services abordant les sujets suivants :

Soutien et formation

- soutien financier à la mise en place les projets pilotes de mise en œuvre de la norme ISO 50001 d'étude d'intégration des procédés (IP) et d'étude numérique de la dynamique des fluides (NDF);
- programmes d'incitation fiscale pour les investissements dans des systèmes qui produisent de l'électricité ou de la chaleur;
- répertoire des programmes industriels d'efficacité énergétique présents dans tout le Canada et offerts par des entreprises et des sociétés de services publics du secteur de l'électricité et du gaz provinciales, territoriales et municipales;
- Ateliers de gestion de l'énergie « Le gros bon \$ens » (et possibilité de tenir ceux-ci sur place et de les personnaliser afin de répondre aux besoins précis de l'entreprise).

Ressources et outils

- page Web du Secteur industriel – équipement éconergétique, laquelle contient des renseignements utiles à propos du choix et de l'achat de produits éconergétiques pour vos installations industrielles;
- guides techniques;
- *L'Enjeu PEEIC* – un bulletin électronique contenant les dernières nouvelles en matière d'efficacité énergétique;
- soutien relatif aux études d'étalonnage et aux initiatives de sensibilisation auprès des employés;
- publications – une bibliothèque virtuelle contenant de la documentation, des brochures et des dépliants sur l'énergie;
- outils et calculateurs.

2.4.2 Autres ressources

Internet constitue une véritable mine de renseignements en ce qui a trait aux programmes de formation sur l'efficacité énergétique offerts par les collèges et les autres établissements de formation. Comme nous l'avons précédemment mentionné, le répertoire des programmes industriels d'efficacité énergétique de RNCan fournit une liste des programmes offerts partout au Canada par l'entremise des entreprises et des sociétés de services publics du secteur de l'électricité et du gaz provinciales, territoriales et municipales. Pour plus d'information, veuillez consulter le site oee.rncan.gc.ca/industriel/appui-financier/programmes.cfm.

2.4.3 Outils d'auto-évaluation

Certains outils et programmes ont déjà été mentionnés précédemment. Vous pouvez toutefois faire appel à d'autres sources d'aide lorsque vous souhaitez effectuer une auto-évaluation.

Outil d'évaluation du système de chauffage à la vapeur

Progiciel téléchargeable permettant l'évaluation des projets d'amélioration du rendement énergétique des systèmes de chauffage à la vapeur. Il est doté d'une fonction d'analyse économique. Veuillez communiquer avec le bureau des technologies industrielles du département américain de l'énergie. www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/

Outil d'évaluation du système de vapeur

Progiciel téléchargeable qui consiste en un tableur servant à recenser les possibilités d'efficacité énergétique dans les systèmes de chauffage à la vapeur industriels. Il est doté d'une fonction d'analyse économique. Veuillez communiquer avec le bureau des technologies industrielles du département américain de l'énergie. www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/

Optimisation de l'isolation des conduites de vapeur des chaudières

Progiciel téléchargeable servant à déterminer le degré d'isolation optimale pour les conduites de vapeur des chaudières. Le programme calcule l'épaisseur de l'isolant industriel le plus économique pour une variété de conditions d'exploitation. Il effectue des calculs au moyen des relations de rendement thermique des matériaux d'isolation génériques qui y sont répertoriés. Veuillez communiquer avec le bureau des technologies industrielles du département américain de l'énergie. www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/

Outil d'évaluation du système de pompage (Pump system assessment tool [PSAT])

Progiciel téléchargeable qui aide les utilisateurs industriels à évaluer l'efficacité du fonctionnement du système de pompage. L'outil PSAT utilise les données relatives au rendement probable de la pompe provenant des normes de l'Hydraulic Institute et celles portant sur le rendement du moteur provenant de la base de données MotorMaster+ pour calculer les économies énergétiques potentielles et les coûts associés. Veuillez communiquer avec le bureau des technologies industrielles du département américain de l'énergie. www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/

MotorMaster+

Progiciel téléchargeable permettant la sélection et la gestion d'un moteur éconergétique qui comprend un catalogue de plus de 20 000 moteurs CA. Il inclut des outils de gestion des stocks de moteurs, un registre destiné au suivi de l'entretien et des fonctions d'analyse de l'efficacité, d'évaluation des économies, de bilans énergétiques et de production de rapports environnementaux. Veuillez communiquer avec le bureau des technologies industrielles du département américain de l'énergie. www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/

AirMaster+

Progiciel téléchargeable qui maximise le rendement énergétique et la performance des systèmes d'air comprimé grâce à des pratiques de fonctionnement et d'entretien optimisées. Veuillez communiquer avec le bureau des technologies industrielles du département américain de l'énergie. www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/

Gestionnaire de portefeuille ENERGY STAR®

Outil logiciel accessible en ligne qui évalue le rendement énergétique des bâtiments en leur attribuant une cote de 1 à 100 en ce qui a trait à leur rendement énergétique par rapport au marché national des bâtiments. La consommation d'énergie mesurée est à la base du classement de la performance. Veuillez communiquer avec l'Environmental Protection Agency des États-Unis. www.energystar.gov/index.cfm?c=business.bus_index

Calculateur d'isolation

Référez-vous au calculateur de l'épaisseur de l'isolant 3E Plus au www.pipeinsulation.org.

3

VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE



3.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

Pourquoi doit-on procéder à des vérifications énergétiques?¹ Tout projet de conservation d'énergie qui enregistre un bon rendement financier ne devrait pas être entrepris sans avoir fait l'objet d'une vérification.

Il est toutefois probable que, sans l'approche systématique d'une vérification, de bonnes possibilités d'économies d'énergie soient perdues et qu'on ne découvre pas les avantages des synergies des projets.

Une vérification énergétique peut être officiellement organisée et exécutée, et ses résultats peuvent être utilisés. Bien que les brasseries de plus petite envergure puissent ne pas adopter cette marche à suivre, particulièrement en raison de leur situation plus modeste, sa description peut malgré tout être utile.

3.1 BUT DE LA VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

La vérification énergétique initiale est une étape clé qui établit la base à partir de laquelle vous mesurerez les améliorations futures du rendement énergétique. (D'autres vérifications énergétiques pourront être effectuées plus tard, par exemple pour vérifier les réalisations ou découvrir d'autres possibilités d'économie d'énergie.)

Le but d'une vérification énergétique est d'établir et d'évaluer la consommation d'énergie d'une brasserie et de découvrir des possibilités d'économies d'énergie. Pour que la vérification ait une valeur optimale, il faudrait qu'elle exprime de façon quantitative :

- l'examen et l'évaluation du rendement énergétique de tous les systèmes, procédés et équipements consommateurs d'énergie (y compris l'alimentation en énergie et l'enveloppe du bâtiment);
- l'indication des pratiques non efficaces de la gestion des procédés, avec un impact négatif sur la consommation d'énergie.

Voici une liste des étapes pratiques éprouvées en vérification énergétique.

¹ La norme ISO 14001 définit une vérification comme étant « la vérification systématique, documentée qui consiste à obtenir objectivement et à évaluer les preuves de la vérification, en conformité avec les critères de vérification et suivie par la communication des résultats aux clients ».

3.2 PHASES DE LA VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

3.2.1 Amorce et préparation

Définir la portée de la vérification

La portée de la vérification est établie par la direction de la brasserie.

Quels objectifs doit-on atteindre? Établir un plan de référence précis en matière de consommation d'énergie? Quantifier les pertes en énergie thermique seulement? Dresser les bilans relatifs à l'énergie électrique, au gaz, à l'eau, à la vapeur et aux matières premières s'avère-t-il nécessaire? Une indication des possibilités d'améliorations? Toutes ces étapes?

Le fait de définir la portée peut aider à visualiser les limites de la vérification en la représentant comme une « boîte noire » qui contient la zone de la vérification, puis de se concentrer sur les flux d'énergie qui entrent et sortent de la boîte et d'examiner aussi ce qui leur arrive dans la boîte. La « boîte noire » pourrait être toute la brasserie ou une activité en particulier, par exemple le brassage.

Les autres aspects pratiques d'établissement de la portée de la vérification énergétique comprennent : l'effectif de la brasserie, les capacités et la disponibilité du personnel, les compétences des conseillers externes, les fonds et le temps disponibles. Il est essentiel de s'assurer des ressources et de la coopération du personnel de la brasserie. Ne tentez pas d'élargir la portée de la vérification au-delà de ce qu'il est raisonnable d'accomplir. Si possible, faites un pas à la fois. Essayer de couvrir trop d'installations ou de procédés au moyen d'un nombre limité de ressources nuira à l'efficacité de la vérification et à ses résultats.

La portée de la vérification décrit le champ organisationnel et physique, de même que les limites des activités de vérification ainsi que la manière de les signaler. La vérification portera-t-elle sur toute l'installation ou sur une partie de celle-ci? Dans le second cas, quels processus seront utilisés?

Il faut réfléchir très soigneusement aux exigences clés des objectifs et de la portée de la vérification, car elles déterminent l'envergure de celle-ci (c.-à-d., le niveau de détail requis de la ventilation de l'utilisation de l'énergie) et la portée physique de la vérification. Elles déterminent également les exigences concernant la main-d'œuvre et les coûts de l'exécution de la vérification.

Le choix des vérificateurs

Le processus de vérification et ses résultats doivent être crédibles.

La détermination de la portée et des objectifs de la vérification vous donnera une idée de la durée de celle-ci, donc du nombre de personnes dont vous aurez besoin et pendant combien de temps. Dans un milieu plus restreint, tout ce dont vous aurez besoin est d'une personne compétente ayant la formation technique adéquate et une bonne connaissance d'ensemble des activités de la brasserie et des méthodes de vérification, en particulier en ce qui concerne la vérification énergétique. Les connaissances informatiques de la personne en question constituent un atout.

Le choix d'un vérificateur (des vérificateurs) est alors d'une importance cruciale. Choisissez une personne disponible ayant les compétences requises pour le travail à effectuer. La personne doit être objective, faire preuve d'une grande intégrité personnelle et d'un bon jugement – et être perçue comme telle! De plus, le vérificateur doit être un communicateur efficace et capable d'échanger avec les gens facilement. Le vérificateur obtiendra la plupart de ses renseignements lors d'entrevues personnelles et de discussions avec les opérateurs et le personnel de la brasserie. Pour obtenir la collaboration nécessaire, il est essentiel que le vérificateur puisse établir de bons rapports avec les employés.

Sera-t-il nécessaire d'embaucher un conseiller en énergie expérimenté pour effectuer la vérification ou une personne à l'interne possède déjà ces qualités? Souvent, une entreprise considérera le coût comme un élément déterminant lors du choix de la personne. De prime abord, le coût de l'aide apportée par un employé de la brasserie sera beaucoup moins onéreux que celui d'un conseiller externe. Toutefois, l'ajout d'activités de vérification aux tâches régulières d'un employé pourrait nuire à sa routine de travail et occasionner des erreurs. Il y aurait inévitablement une courbe d'apprentissage qui pourrait faire en sorte que la durée globale d'intervention soit deux fois plus importante que le temps qu'y mettrait un conseiller. Le personnel pourrait également faire preuve de préjugés ou ne pas être conscient de certains aspects de leurs propres tâches. En revanche, les conseillers externes possèdent probablement une expérience et des connaissances plus approfondies en ce qui a trait aux activités et aux situations semblables, lesquelles sont transférables aux autres endroits où ils procèdent à la vérification. Le pour et le contre des deux approches devraient être pris en considération.

Estimer le budget et la durée de la vérification

Tenez compte de l'ampleur physique de la vérification et examinez les objectifs en essayant d'établir sa complexité, ainsi que le temps et les ressources nécessaires. Incluez le temps de préparation de la vérification (planification, obtention des outils, collecte des données requises), de l'évaluation et de l'analyse des résultats, de la formulation des recommandations et de la préparation du rapport de vérification. Évaluez le budget en termes de jours-personnes et de semaines-personnes.

Calendrier de la vérification

Planifiez et exécutez la vérification énergétique de sorte à établir les pratiques énergétiques non efficaces dans les procédés liés au brassage, de même que les pertes énergétiques dans les flux de « déchets ».

Il faut consulter la direction de la brasserie sur cet aspect important. Il est souhaitable que la vérification reflète les conditions d'exploitation optimales, ou près du niveau de capacité de production, de sorte que les données recueillies durant la période de vérification révèlent un tableau authentique de l'utilisation de l'efficacité énergétique dans la brasserie lorsque celle-ci fonctionne à plein régime. Des niveaux de production inférieurs entraîneront le gaspillage de l'énergie.

Il faudrait choisir une période d'une à trois semaines pendant laquelle la brasserie fonctionne de manière harmonieuse. Cela devrait rapporter de bonnes moyennes de données recueillies sur l'énergie, idéalement exemptes de distorsion causée par des conditions anormales d'exploitation dans les différents services de la brasserie.

Souvent, lorsqu'on choisit des périodes de collecte de données plus longues, il se peut que se produisent des anomalies de procédés, des interruptions, etc., ce qui entraînerait des distorsions proportionnellement plus grandes des données et une consommation d'énergie spécifique plus élevée.

Déterminer la production de référence

Supposons que vous puissiez recueillir des données portant sur la période de production la plus élevée. Il est probable que la brasserie fonctionne à un niveau inférieur à celui-ci pendant le reste de l'année. Le taux de production moyen, divisé par la capacité de production maximale, donnera la production nominale du rendement, exprimée en pourcentage. Il est utile de lier la consommation d'énergie à cette base.

Entre autres choses, il est souhaitable d'utiliser les résultats de la vérification pour établir les niveaux de consommation d'énergie, en fonction de la production moyenne. En règle générale, ces données ne sont pas disponibles dans la plupart des brasseries. Elles faciliteraient toutefois la gestion de l'énergie ultérieure en ce qui concerne, par exemple, l'établissement d'objectifs de consommation d'énergie, la quantification des économies d'énergie éventuelles, la budgétisation, la planification des dépenses en immobilisations et favoriseraient l'établissement des coûts actuels réels par unité de production (p. ex., hectolitre, hl).

Rassembler les données disponibles

En planifiant l'utilisation efficace du temps de vérification, évaluez les données actuelles pour repérer les grands utilisateurs d'énergie et concentrez vos efforts sur eux.

Les statistiques antérieures, comme le coût des combustibles et de l'électricité (annuellement et mensuellement), l'achat de matières premières, les données sur la production, les données sur l'élimination des déchets et les données sur la main-d'œuvre devraient être relativement faciles à obtenir dans la plupart des brasseries. Vous aurez besoin de ces renseignements lorsque vous vérifierez ou calculerez le bilan des matières premières et le bilan énergétique.

Obtenir les outils

Juste avant de commencer la vérification énergétique, vérifiez les éléments essentiels suivants : que les contacts sur les blocs d'alimentation à prises multiples sont serrés; qu'il n'existe pas de point chaud ni de chaleur excessive sur les conducteurs et qu'ils sont de la bonne longueur, comme le précise le fabricant de l'équipement; que l'équipement ne fonctionne pas sur deux phases exclusivement; que les interrupteurs sont nettoyés; que les inversions de phase ne se produisent pas sur les moteurs et l'équipement installés (incorrectement); etc.

Les données recueillies doivent être les plus précises possible. Les principaux compteurs de conduites de gaz naturel, d'électricité et de conduites principales d'eau sont habituellement entretenus et étalonnés par les services publics respectifs, et doivent produire des lectures précises. De même, des mesures importantes, par exemple les compteurs de puissance des centres de commande de moteur ou les compteurs d'appel de puissance, sont habituellement précises et peuvent être acceptées comme telles, du moins au début. Par ailleurs, la précision des autres données de la brasserie est habituellement contestable et difficile à évaluer.

L'expérience actuelle montre qu'il existe trop peu de compteurs utilisés ailleurs dans une brasserie canadienne typique. Si d'autres instruments de surveillance et de mesure étaient disponibles, il faudrait les repérer et les vérifier. Cet examen fait appel à la vérification des registres d'étalonnage et d'entretien et de la façon dont leurs spécifications correspondent aux applications, des égalisations de la température et de la pression, de même que de leur installation appropriée. Si vous n'avez pas suffisamment de temps pour effectuer toutes ces choses avant la vérification, les anomalies relevées devraient être notées pour être corrigées ultérieurement.

Il est également utile d'obtenir le schéma de montage, l'organigramme général ainsi que les diagrammes de la distribution de l'électricité, de l'eau et du gaz naturel. On peut se servir d'autres outils pour préparer et analyser les données, comme les calculs à la main utilisés pour de simples contre-vérifications de même que des tableurs pour l'analyse des données et des programmes de simulation. Il existe sur le marché des progiciels pour évaluer les données de vérification, effectuer des simulations et trouver des solutions optimales. Pour les obtenir, consultez une entreprise de services publics et un certain nombre d'autres sources.

Il faut mesurer l'électricité consommée par les grands appareils. Une brasserie pourrait envisager d'acquérir un analyseur d'énergie pour son programme énergétique continu (complété par un analyseur de phase, nécessaire afin de bien voir le régime sinusoïdal). Cela exigerait un investissement d'environ 7 000 \$. On peut également louer ou emprunter les analyseurs auprès d'une entreprise de services publics du secteur de l'électricité. Un conseiller pourrait posséder son propre analyseur.

3.2.2 Mise en œuvre

Collecte de données

Avez la recherche sur les possibilités d'amélioration du rendement énergétique au point d'utilisation finale, soit aux endroits où l'énergie est la plus coûteuse.

Pendant que vous mesurez et enregistrez les données sur la consommation d'énergie, examinez également les pratiques et les procédures actuelles de la brasserie. Interviewez les ouvriers et les contremaîtres. Observez la façon dont le travail s'effectue. Si cela est nécessaire et faisable, demandez une démonstration. Comparez les données obtenues de diverses sources; vérifiez leur validité. Vous devriez obtenir des données objectives et vérifiables.

Bilans

Lors d'une vérification énergétique, il est utile d'établir le bilan énergétique et le bilan matériel (masse). Ils servent à comptabiliser les intrants et les extrants d'énergie (y compris les flux de déchets), pour un type de bilan donné. Ils servent à contre-vérifier et à concilier les données énergétiques comme l'un des moyens de vérifier la précision des observations de la vérification et de soutenir ses conclusions. Ils sont utiles pour évaluer l'impact des plans de développement de la brasserie et certains types de projet d'économie d'énergie.

On peut entreprendre les bilans pour toute la brasserie ou une partie de celle-ci, en se limitant aux équipements importants touchés (p. ex., la salle de brassage, l'utilisation de l'air comprimé, le rendement de la chaudière, etc.). Il est utile de se servir des schémas de procédé d'écoulement et, pour représentation factuelle aussi bien que visuelle, d'inscrire les calculs des flux appropriés sur le schéma d'écoulement.

Les bilans comprennent :

- le bilan électrique;
- le bilan du gaz naturel (ou du mazout);
- le bilan de la vapeur et des condensats;
- le bilan hydrique;
- le bilan matériel (des matières premières à la bière prête à être vendue – extraire les pertes);
- etc.

Aspects touchant la production

Lorsqu'il s'agit de vérifier les chaudières à gaz et à mazout, les vérificateurs peuvent souvent constater qu'il manque de contrôles pour ces types de brûleur. En combustion non maîtrisée, le mélange combustible-air n'est pas optimisé, et le combustible se perd d'une façon ou de l'autre, que le mélange soit trop riche ou trop pauvre. Dans ce dernier cas, les températures du brûleur sont souvent excessives.

La vérification peut indiquer plusieurs façons dont l'énergie électrique se perd, ou pourquoi la facture d'électricité consommée est inutilement élevée. Il est possible de relever un manque de surveillance et de contrôler la demande de pointe et le facteur de puissance. Cependant, nous aborderons ces sujets plus loin dans le présent guide.

Les méthodes de brassage et les pratiques des procédés ont une énorme influence sur le rendement énergétique, et il faudrait les examiner pendant la vérification.

Le vérificateur devrait également prêter attention à l'équipement et à la façon dont il est utilisé pour mieux saisir toutes les pertes énergétiques. Par exemple, évaluez les laveuses et les pasteurisateurs, les convoyeurs, la ventilation, l'état de leur réparation, etc. Les pertes d'énergie influencent principalement les profits de la brasserie.

3.2.3 Rapport

À la suite de la conclusion de la vérification, on a l'habitude de faire rapport de deux façons :

- un rapport verbal à la fin de la vérification, qui souligne les observations et les conclusions préliminaires;
- un rapport écrit peu après, dès que les calculs et les conclusions vérifiés sont rendus accessibles.

En règle générale, le rapport de vérification comprend :

- des généralités – qui consistent en des descriptions du ou des objectifs et la portée de la vérification; le lieu et la durée; les effectifs et les ressources utilisés; les conditions d'exploitation de la brasserie au moment de la vérification; des observations générales; les difficultés éprouvées pour établir les mesures et les calculs; les observations sur la précision, en particulier quant aux instruments, à leur entretien et à d'autres travaux relevés qui pourraient accroître la précision; les avertissements;
- le corps principal du rapport comprenant les données d'utilisation de l'énergie, les calculs et les bilans;
- les conclusions;
- les recommandations.

3.3 ACTIVITÉS POSTÉRIEURES À LA VÉRIFICATION

33

Comprendre les résultats de la vérification

Avec le dépôt du rapport de vérification, la vérification énergétique est terminée. Les résultats du rapport reflètent une tranche particulière de temps où la vérification a été effectuée. Bien qu'ils ne soient pas absolus, les résultats peuvent être extrapolés avec une précision raisonnable au contexte d'exploitation de la brasserie moyenne. L'équipe de direction devrait examiner le rapport de vérification en tenant compte de cela, et décider de la ligne de conduite à adopter.

Les résultats de la vérification énergétique peuvent donner à la brasserie des orientations très concrètes concernant la gestion de l'énergie.

On compte deux résultats probables à la vérification énergétique :

- l'établissement d'un programme de gestion de l'énergie à l'échelle de la brasserie;
- le recensement des possibilités d'amélioration du rendement énergétique, issu de la vérification et auquel le programme de gestion de l'énergie répondra.

4

REPÉRAGE ET PRIORISATION DES POSSIBILITÉS DE GESTION DE L'ÉNERGIE (PGE)



4.0 REPÉRAGE ET PRIORISATION DES POSSIBILITÉS DE GESTION DE L'ÉNERGIE (PGE)

4.1 REPÉRAGE DES POSSIBILITÉS DE GESTION DE L'ÉNERGIE (PGE)

Après un certain temps, un tableau commence à émerger quant à ce que l'on peut faire dans une brasserie pour améliorer la façon dont l'énergie est utilisée. Voici une liste possible des intrants :

- les résultats initiaux de la vérification énergétique;
- un examen de la documentation, y compris des sources dans Internet;
- des renseignements au sujet des idées applicables provenant d'autres brasseries et, de fait, d'autres industries;
- des consultations auprès de CanmetÉNERGIE² et de l'Office de l'efficacité énergétique de RNCAN;
- des recommandations de fournisseurs d'équipement;
- des conseils d'experts;
- un regard nouveau sur la façon dont la brasserie gère sa production et ses activités;
- des idées et des suggestions.

Cela pourrait déboucher sur une très longue liste de possibilités de gestion de l'énergie (PGE). Les PGE relèvent de toutes ces grandes catégories :

Changements organisationnels	<p>L'influence d'un changement organisationnel sur la conservation de l'énergie est souvent dissimulée. Il s'agit de changements dans la planification et l'ordonnancement de la production qui permettent un nivellement partiel ou général de l'utilisation de l'énergie, d'où sa meilleure utilisation.</p> <p>Il s'agit d'atteindre un extrant de production plus stable. Cela peut sembler un défi de taille, mais les services du marketing et des ventes peuvent épauler le personnel de production de façon considérable.</p>
Changements de procédés	<p>Il s'agit d'améliorations dans l'équipement des procédés et des changements technologiques qui débouchent sur une consommation d'énergie réduite.</p> <p>La catégorie de changements de procédés constituera probablement la plus grande catégorie et celle qui exigera le plus de capitaux. Les améliorations comprennent des changements à la capacité de production, l'amélioration de la qualité (caractéristiques des produits) et les contrôles des procédés mais, d'habitude, l'efficacité de l'utilisation de l'énergie ne constitue pas le facteur déterminant. Cela peut servir à justifier d'autres projets et activités de réfection (p. ex., les variateurs de vitesse, les moteurs à haut rendement).</p>

² Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

Efficacité énergétique de la chaudière et remplacement potentiel des combustibles	Cette catégorie comprend la réfection des systèmes de brûleur et la surveillance et le contrôle de la composition des gaz de combustion, de même que le chemisage et l'isolation des fours. Elle favorise la maximisation de l'efficacité de la consommation énergétique et la sélection de la meilleure source d'énergie (p. ex., mazout ou gaz naturel). Le remplacement des combustibles est un aspect qui dépend de la disponibilité sur le marché des combustibles (p. ex., le gaz naturel au Québec) et des prévisions de coût à long terme.
Gestion de l'énergie électrique	La gestion de l'énergie électrique constitue un volet qui peut améliorer les profits de la brasserie de façon considérable. Elle a trait à la surveillance et au contrôle complets de la consommation d'énergie électrique, y compris la gestion de la demande de pointe, du facteur de puissance et de la cogénération (se référer à la section 6.4 – Contrôle et suivi).
Récupération de chaleur	La catégorie relative à la récupération de chaleur comprend des projets que l'on peut mieux apercevoir dans le contexte de toute la brasserie; plusieurs systèmes énergétiques peuvent être en cause et des synergies sont atteignables. Elle a trait à la réutilisation des circuits de chaleur perdue et à leur intégration de même qu'à la prévention des pertes de chaleur sous toutes les formes (échangeur thermique, isolant).

4.2 ÉVALUATION ET CALCUL DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE ET AUTRES IMPACTS DES PGE

Il faut maintenant évaluer les économies d'énergie associées aux PGE. Une simple quantification des différences dans les intrants énergétiques entre la situation actuelle et l'état amélioré, exprimée à la fois en kWh (ou en MJ) et en dollars, annuellement, suffit.

Les renseignements exigent l'inclusion des coûts en capital (ou des coûts d'exploitation) des modifications ou améliorations, et le calcul du taux de rendement du capital investi (RCI). Il faut également saisir d'autres données (bénéfices/inconvénients) du projet d'amélioration de façon quantitative, si possible (p. ex., l'amélioration de la capacité de production de 15 p. 100, la consommation réduite de l'air comprimé de 20 p. 100 ou xx \$/an).

Il faut se rappeler que le but de l'évaluation consiste à classer de façon préliminaire les projets pour sélection future. Même en essayant de recourir à des estimations raisonnablement proches, il ne faut pas consacrer trop d'efforts à essayer d'atteindre une précision à quatre décimales des résultats à ce stade – la précision des intrants est plus importante.

Pour structurer tous ces renseignements en une liste exhaustive de projets, on peut produire un tableau à l'image du tableau 4-1. Les colonnes sont explicites, sauf le coût-bénéfice où l'énergie annuelle économisée par dollar d'investissement est énoncée.

Tableau 4-1 : Liste exhaustive des projets de PGE (exemple)

Description du projet PGE	N° de PGE	Type	Capitaux investis en milliers de \$	Économies d'énergie en GJ/an	Coûts-bénéfices en GJ/an/\$	Années RCI	Autres conséquences du projet
Par exemple : optimisation du pasteurisateur	35	Ops	50	150 000	3	3,0	Hausse de production de 5 %; réutilisation de la chaleur à des fins de réchauffement; économies d'eau de 15 % grâce au redimensionnement de la tuyauterie
Etc.							

4.3 CHOIX ET PRIORISATION DES PROJETS DE PGE

De prime abord, les projets qui offrent le rendement le plus élevé du capital investi devraient être retenus pour être mis en œuvre. Toutefois, cela n'est pas aussi simple. D'autres aspects doivent être pris en compte. Le choix et la priorisation des projets sont souvent perçus comme des tâches très difficiles. Voici un bref guide qui comprend des **outils éprouvés de prise de décision** afin de faciliter suffisamment la tâche pour quiconque. Ceux-ci comprennent :

4.3.1 Examen initial

La liste exhaustive initiale des projets de PGE doit maintenant être scrutée sous des angles différents. En plus des idées nettement impraticables que l'on doit écarter immédiatement, il faut en outre éliminer les projets qui ne répondent pas à nos critères (qui sont particuliers à la brasserie). Les critères suivants doivent être pris en compte :

Faisabilité technique	<p>Évaluez tous les renseignements disponibles, comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les bonnes pratiques techniques; • l'expérience d'autrui, les témoignages; • les données transmises par les fournisseurs; • la documentation; • les conseillers; • les incertitudes sur le plan technique; • les risques pour le rendement.
------------------------------	---

Synergies possibles	<p>Le projet peut-il s'intégrer de manière avantageuse à d'autres projets pour atteindre des bienfaits plus grands (p. ex. l'amélioration de la récupération de chaleur du pasteurisateur, de concert avec un chauffage des locaux et une ventilation améliorés)?</p> <p>Si c'est le cas, essayez de quantifier les avantages de l'interaction des projets, et comparez-les à ceux des projets individuels et dans leur ensemble.</p> <p>Tenez compte de diverses combinaisons de projets avant d'arrêter votre choix sur un groupe optimal à mettre en œuvre conjointement.</p> <p><i>L'approche décrite ici est considérée comme étant appropriée, car elle est complète. Toutefois, il est reconnu que le manque de ressources nécessaires peut forcer une brasserie à mettre en application un projet sans consacrer le temps et les efforts requis pour le comparer à d'autres. Dès qu'un projet est considéré comme satisfaisant aux exigences des économies d'énergie et qu'il écarte tous les autres obstacles à l'investissement que nous décrivons ici, il n'existe pas de motif pour le reporter. L'avantage de cette approche improvisée est la mise en œuvre rapide des projets qui commencent à offrir des économies d'énergie permanentes.</i></p>
Risques	<p>Consultez la section 4.3.2 Évaluation des risques pour plus de détails.</p>
Plan d'entreprise et priorités	<p>Vous devez également tenir compte du plan d'entreprise de la brasserie (habituellement soit à court, à moyen et à long terme), des objectifs de priorité et de la situation financière.</p> <p>« Ce qui importe, ce n'est pas de prioriser ce qui figure sur votre calendrier, mais d'ordonner vos priorités. » Steven Covey</p> <p>Appliquez la règle des « choses importantes en premier » : mettez l'accent sur une approche proactive préventive en regard des questions et des projets, ce qui vous permettra de ne pas vous empêtrer dans la gestion de crise relativement aux activités. En d'autres termes, posez-vous la question suivante : « s'agit-il de la bonne chose à faire? »</p>
Rentabilité du projet	<ol style="list-style-type: none"> 1. Évaluez le total du coût en capital du projet, dont : le prix, la modification, l'installation et la certification de l'équipement; les locaux de l'installation. 2. Évaluez les économies d'exploitation annuelles cumulatives du projet d'amélioration, dont : l'électricité, l'eau, le gaz naturel, l'air comprimé, les produits consommables; l'entretien, les pièces de rechange, la main-d'œuvre; de tous ces éléments, la consommation d'énergie constitue le facteur le plus important dans le cadre de projets de conservation de l'énergie. (À noter que l'air comprimé, à cause du coût élevé de l'énergie servant à le produire, est examiné séparément.) 3. Calculez la période de récupération simple de l'investissement et exprimez-la en années (en mois, s'il s'agit d'une période inférieure à un an).

Calculez-vous le rendement sur le capital investi uniquement comme période de récupération simple des coûts? Cette pratique est répandue, mais il vaut souvent mieux utiliser la valeur actualisée nette, ou le taux de rendement interne, qui est basé sur les flux monétaires actualisés, prévus. Cette méthode est préférable, car vous pouvez inclure l'effet des déductions pour amortissement (DPA). La DPA varie avec le type d'actifs en examen. Par exemple, la DPA sur les machines est de 20 p. 100 et, sur les bâtiments, de 5 p. 100. Ces calculs indiquent le taux de rendement de façon plus précise.

4.3.2 Évaluation des risques

Tous les projets comprennent un certain degré de risque. Les organisations doivent composer avec une vaste gamme de risques, par exemple :

- **les risques financiers** – comptabilité et vérification, assurabilité, crédit, insolvabilité;
- **les risques organisationnels** – image de l'entreprise, relations humaines;
- **les risques externes** – marché, changements sociaux, changements climatiques;
- **les risques réglementaires** – réglementation, politiques gouvernementales;
- **les risques légaux** – lois, délits civils, contrats;
- **les risques opérationnels** – production, environnement, santé et sécurité, actifs.

Le risque d'entreprise est la menace selon laquelle un événement, une action ou une inaction aura un effet négatif sur la capacité de l'organisation à atteindre son objectif d'entreprise et à mettre en œuvre ses stratégies de façon réussie. **La gestion du risque d'entreprise** est une approche proactive qui aide les propriétaires et les gestionnaires à prévoir le risque et à y réagir de manière efficace. On ne peut pas éliminer tous les risques d'entreprise. Pour savoir si d'autres efforts doivent être consacrés à la réduction du risque de manière importante, il faut établir **un niveau de tolérance au risque** acceptable.

On peut se renseigner davantage sur l'évaluation du risque d'entreprise en prenant connaissance, par exemple, de la norme CAN/CSA-Q850-10 : *Gestion du risque : Lignes directrices à l'intention des décideurs*, ou de la nouvelle norme s'y apparentant, la norme ISO 31000:2010 – *Principes, structure et application de la gestion des risques*. Équilibrez les perspectives des points de vue de la sécurité, de l'environnement, du contexte légal et réglementaire, de l'image de l'entreprise et de l'image publique. Quantifiez le risque en recourant à la formule suivante (issue de la norme CAN/CSA-Q850-10) :

$$R = E \times L \times C$$

où **R** = risque, **E** = exposition, **L** = probabilité et **C** = conséquences (la somme des conséquences individuelles dans les domaines susmentionnés). À l'aide de critères simples, attribuez une valeur à la mesure du risque dans chacune de ces catégories (p. ex., élevée, moyenne, faible, négligeable).

1. Évaluez s'il existe une possibilité d'exposition au risque à la fois dans la mise en œuvre du projet et dans son abandon.
2. Déterminez le niveau de risque tolérable.
3. Incluez des contre-mesures dans la conception du projet, si possible.

4.3.3 Coûts du projet

Il convient de noter qu'à des fins initiales de filtrage, des estimations approximatives du coût en capital d'un projet sont suffisantes en général. Ce qui nous intéresse, c'est l'ordre de grandeur à ce niveau de préfaisabilité sur la base d'un concept préliminaire. Prévoyez des éléments de coût plus importants à examiner dans le projet, comme les coûts en capital de l'équipement, les coûts d'installation

(mécaniques, structuraux, des conduits et du génie civil, de la préparation des lieux, des modifications ou du retrait de l'équipement existant, électriques, etc.). Prévoyez une marge pour les coûts indirects (comme la gestion de la construction, les frais généraux des entrepreneurs, les coûts du propriétaire, les conseillers) et prévoyez une marge de manœuvre généreuse pour les impondérables à ce stade. Nous savons qu'à ce point, la précision prévue peut être décalée de 50 p. 100. Utilisez les résultats du classement initial.

Même s'il est difficile de prédire l'avenir dans une brasserie, les projets d'économies d'énergie doivent être évalués dans ce contexte : par exemple, les augmentations futures de production, les goulets d'étranglement dans les procédés possibles et les modifications aux procédés prévues. Au fur et à mesure de la sélection des projets, les premiers choisis peuvent désormais être soumis à une estimation de coûts, qui fait appel à un établissement de prix plus officiels et ayant fait l'objet d'une meilleure recherche dans le cadre du projet. À ce stade, on peut obtenir des prix des fournisseurs. L'ensemble des éléments de coût du projet, comme nous l'avons mentionné précédemment, doit être examiné plus en détail.

Dès que nous avons réduit nos choix à une solution en particulier, il faut en arriver à une plus grande précision dans le processus officiel de l'approbation de projet. Cela signifie que la conception technique détaillée du projet doit se faire : les plans, le schéma électrique, le schéma des tuyaux et des conduites, l'émission de demandes officielles pour obtenir des propositions de plusieurs fournisseurs, avec toutes les spécifications de projet, etc. Les relations typiques et les niveaux de précision prévus sont illustrés au tableau 4-2 présenté ci-après.

La tâche sera considérée comme terminée lorsque nous arriverons à un coût plus précis du projet retenu ou lorsque nous aurons examiné **les compromis possibles**. Nous devons faire des choix. Il existe beaucoup d'aspects, tous accompagnés d'un coût, et nous devons trouver une solution optimale. Celle-ci doit donc faire l'objet d'une approbation à l'égard d'une soumission de projet.

Tableau 4-2 : Estimation précise des coûts

Stade du projet	Coûts d'affectation, %	Coûts indirects (en % des coûts d'affectation)	Coûts éventuels en (% du total)
Étude de pré faisabilité	± 40-70	± 30-50	+ 20
Étude de faisabilité	± 25-30	± 25-35	+ 10-15
Approbation du projet	± 10, ou 0-10	± 20-30	+ 5

4.3.4 Modèle économique des compromis

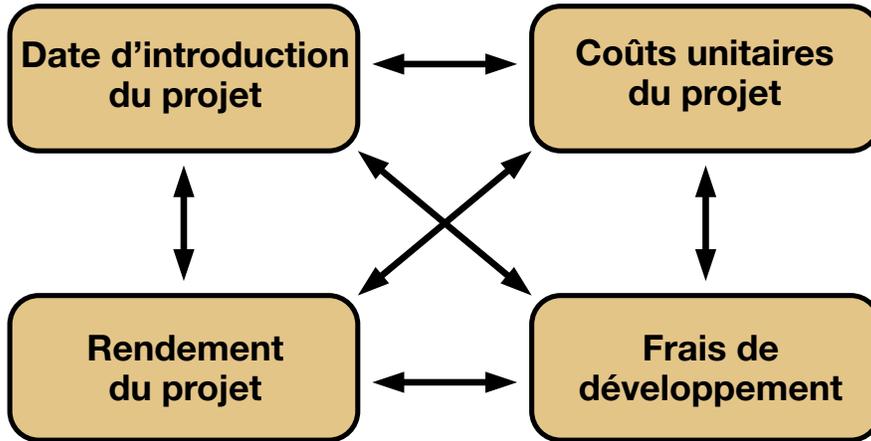
Si vous avez affaire à un projet complexe comportant de nombreuses variables, vous voudrez peut-être considérer la modélisation informatique (ou simulation). Des réponses rapides à des scénarios multiples en sont les avantages. Les inconvénients comprennent le coût élevé et le niveau de compétence requis pour exécuter un programme de modélisation informatique.

Pour ceux qui ne sont pas portés sur la simulation informatique, un autre outil très simple de modélisation économique est celui de Reinertsen & Associates de Redondo Beach en Californie.

« *Do your product development math*, » présenté à la figure 4-1.

Figure 4-1: Outil de modélisation économique

Objectifs économiques clés



Règles de décision tactiques

impact du bénéfice sur le cycle de vie



Dépassement de frais de 1 %, 40 000 \$



Dépassement du coût du projet de 1 %, 150 000 \$



Écart de rendement de 1 %, 100 000 \$

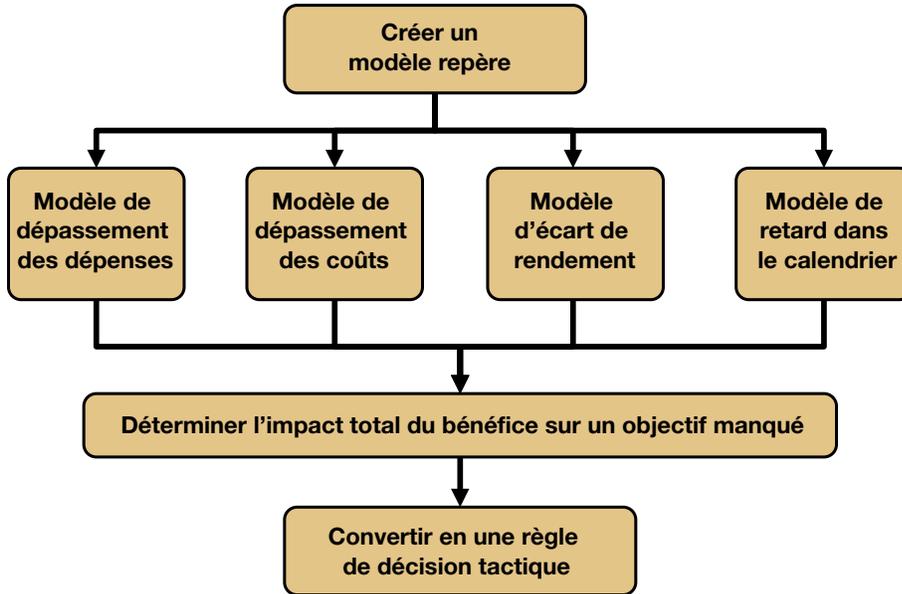


Retard d'un mois, 500 000 \$

Une simple analyse de sensibilité a produit ces règles de décision tactiques. Elle quantifie l'effet d'un changement de 1 p. 100 dans les dépenses, le coût du projet et l'écart de rendement, de même que l'effet d'un retard d'un mois.

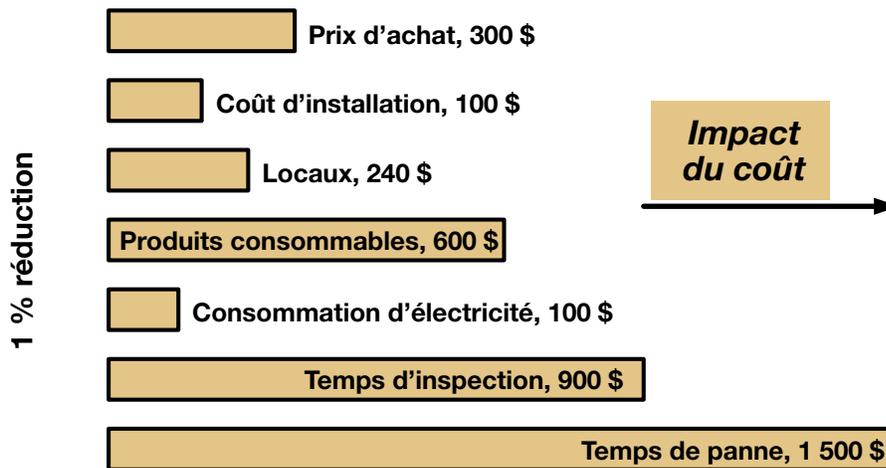
Source : Graphiques de D. Reinertsen, Machine Design, mai 1998

Créer des règles de compromis



Application des règles de compromis

Impact du bénéfice sur le cycle de vie du coût



Un modèle économique d'application aide à décider des compromis parmi les caractéristiques ou les attributs particuliers du projet. Les divers éléments déterminants sur le plan financier – coût d'installation ou temps de panne – peuvent être quantifiés et évalués, et le coût de propriété total peut s'exprimer en dollars. Cela peut servir à calculer les règles de compromis. Dans ce cas, en réduisant le temps d'inspection, on multiplie l'impact de l'abaissement de la consommation d'électricité par 9.

Source : Graphiques de D. Reinertsen, Machine Design, mai 1998

L'outil de modélisation économique est basé sur l'établissement de règles de compromis simples en élaboration de projet. Il reconnaît que chaque projet comprend quatre objectifs principaux :

- le calendrier – la date limite;
- le coût unitaire du projet;
- le rendement du projet;
- les frais de développement.

Les compromis entre eux devraient optimiser la rentabilité d'un projet. Le modèle permet d'adopter les bonnes décisions d'investissement.

La date limite est la date où le projet devrait être totalement en application. Les coûts unitaires du produit sont les coûts en fonction d'une unité du produit, d'un hectolitre, etc. Le rendement du projet mesure le flux de revenus pendant toute la durée de vie du projet à partir des économies ou de la productivité accrue que le projet atteindra. Les frais de développement constituent le coût unique lié à l'élaboration du projet.

L'étape suivante consiste à attribuer une valeur pécuniaire à un écart de 1 p. 100 à chacun de ces paramètres. Cela dépend de la brasserie et c'est un élément que nous pouvons définir de façon générale très facilement. Nous pouvons modéliser maintenant, par exemple, un dépassement de 50 p. 100 des frais de développement (acquisition et installation de l'équipement), un dépassement de 10 p. 100 des coûts de production, un écart de rendement de 10 p. 100 et un retard de six mois dans la mise en œuvre du projet. En appliquant ces valeurs pécuniaires à chacun des paramètres, nous pouvons constater rapidement l'impact qu'aura chaque changement sur les économies prévues (bénéfices).

Le modèle économique peut s'appliquer également à un compromis entre des caractéristiques d'un équipement en particulier, comme l'illustre le tableau ci-dessus. Dans ce cas, les coûts totaux de propriété du projet doivent être évalués : coût de l'équipement, installation, mise en service; coût des locaux; électricité, air comprimé et produits consommables; nettoyage, entretien, main-d'œuvre; coût des pannes; pièces de rechange, mauvais produits, coût du temps de panne, temps et volume de production perdus, coût des ventes non réalisées, etc. Exprimés en dollars, les coûts totaux de propriété aident à prendre des décisions quant aux compromis parmi les différents attributs de rendement et d'équipement.

Remarque importante : le modèle économique peut également servir, dans une brasserie, à évaluer les caractéristiques de développement des produits et les compromis possibles (c.-à-d., remplacer les termes appropriés, comme la date d'introduction sur le marché, le produit, etc., par ceux utilisés dans les tableaux ci-dessus qui ont trait aux projets).

Conseils sur la façon d'appliquer l'outil de modélisation économique

- Ne compliquez pas le modèle financier – quand les données d'entrée sont imprécises, ne vous tracassez pas au sujet de la précision des coûts unitaires des produits; utilisez le bénéfice cumulatif avant impôt, car c'est un élément qui est bien compris en général. Tout effort supplémentaire doit viser à rendre les données d'entrée aussi précises que possible.
- Faites participer les bonnes personnes – des membres de l'équipe peuvent posséder diverses données essentielles nécessaires pour construire le modèle; faites appel au directeur financier pour des motifs à la fois d'ordre analytique et politique.

Il faut faire un effort pour provoquer le changement culturel – soit de se détourner de la prise de décision intuitive et passer à la quantification rationnelle. Cela en vaut la peine.

- Faites en sorte que les règles de compromis soient visibles – affichez les chiffres importants (p. ex., ce que vaut une heure de panne, etc.), pour que les gens les voient en permanence et s'en servent couramment. Passez en revue ces chiffres à l'occasion.
- Servez-vous du modèle économique du projet pour prendre des décisions – soyez cohérent et utilisez-le de manière systématique.
- Intégrez les règles de décision tactiques à votre façon de faire – intégrez les règles de décision à chaque projet (p. ex., à tout plan d'entreprise de nouveaux produits). Amorcez chaque projet à l'aide d'un ensemble de règles de décision tactiques toujours bien analysées et calculées.
- N'élaborez pas de projets (produits, etc.) à moins d'être en mesure d'effectuer des calculs mathématiques simples!

4.4 ÉLABORATION DE PROGRAMMES DE GESTION DE L'ÉNERGIE

Un programme de gestion de l'énergie réussi dans une brasserie équivaut à plus que simplement la somme des projets PGE. À l'aide des divers intrants précités, il faut se concentrer sur la préparation :

- d'un plan de projet détaillé pour la première année;
- d'un plan d'économie de l'énergie à moyen terme;
- d'un plan d'économie d'énergie à long terme;

Les bénéfices issus de projets de gestion interne ne nécessitant aucun capital sont immédiats et considérables.

- d'un plan pour améliorer la gestion de l'énergie en général, notamment la mise sur pied d'un système de surveillance de l'énergie.

Ces éléments peuvent être adaptés à la situation de la brasserie. L'ébauche sera très simple pour une petite brasserie et plus détaillée pour une brasserie de plus grande envergure.

Le dernier point comprend une campagne de sensibilisation afin d'améliorer les pratiques d'entretien. Ces pratiques engendreront assurément des **économies d'énergie de 10 à 15 p. 100 en éliminant les pratiques de gaspillage, et ce, sans entraîner d'investissement en capital.**

Établissement des priorités

L'établissement de priorités fait appel à l'examen des besoins de l'entreprise et à certains outils de prise de décision décrits dans la section précédente. Souvenez-vous d'un cliché éculé mais vrai : il faut savoir marcher avant de pouvoir courir! Amorcez le programme avec des projets qui donneront des résultats rapidement et plutôt facilement – récoltez les fruits à portée de la main. Cela représentera une grande source de motivation pour les employés de voir qu'ils peuvent réussir des projets. Cela donnera également aux membres de l'équipe de gestion de l'énergie la confiance

nécessaire pour démarrer des projets plus complexes et à long terme. Il serait bon d'inclure dans les premiers projets ceux qui corrigeront les sources évidentes de gaspillage relevées dans la première vérification énergétique.

Souvenez-vous que, sans une attention constante, même les projets faciles peuvent échouer et rendre les efforts initiaux vains!

L'auto-évaluation fournit des repères

Au Royaume-Uni, Campden BRI, en collaboration avec KWA, a conçu un outil d'étalonnage d'auto-évaluation pour la consommation d'énergie dans les brasseries. Celui-ci permet à l'utilisateur d'évaluer le rendement énergétique de la brasserie par rapport aux autres brasseries d'un groupe, sur le plan de l'usine et de l'unité de production. De même, il permet aux brasseurs de cerner les mesures potentielles visant la réduction de la consommation d'énergie, les économies potentielles par unité de production et le délai de récupération. L'outil dans son ensemble peut aider les brasseurs à axer leurs efforts sur la réduction de la consommation d'énergie, aspect auquel ils portent peut-être moins d'attention.

5

MISE EN ŒUVRE
DES POSSIBILITÉS
D'AMÉLIORATION
DU RENDEMENT
ÉNERGÉTIQUE



5.0 MISE EN ŒUVRE DE POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

5.1 PARTICIPATION DES EMPLOYÉS

Le programme de gestion de l'énergie serait de peu de valeur sans la participation de tous les employés de la brasserie, des gestionnaires aux opérateurs. Le changement de culture appelle la participation de tous. La participation active de tous les employés aux mesures de conservation de l'énergie et aux améliorations du rendement énergétique est nécessaire.

Accroître la sensibilisation à l'énergie	Cette première étape s'avère essentielle et cruciale.
Susciter l'intérêt	Mettez en œuvre une campagne de publicité : servez-vous des moyens actuels de communication pour stimuler l'intérêt. (Envoyez par la poste des bulletins d'information spéciaux aux employés, utilisez des affiches, des fiches d'information et des cahiers d'efficacité énergétique pour tous les employés – vous pouvez obtenir une foule de ces documents auprès de diverses sources.)
Former une équipe	Formez une équipe de volontaires provenant de divers services, et baptisez-la d'un nom accrocheur (p. ex., les Super-économiseurs, les Coupeurs de coûts énergétiques, les Lapins énergiseurs, etc.). Inaugurez le tout avec panache!
Se concentrer sur les projets simples d'abord	Ciblez les « fruits à portée de la main » afin d'assurer le succès du programme dès ses débuts et d'encourager la participation.
Ces éléments sont inclus	Avez d'abord votre travail sur l'élimination des pratiques de gaspillage – zéro sur les pratiques d'entretien. Expliquez les bonnes méthodes d'entretien qui favorisent une faible consommation d'énergie.
Éviter d'atténuer les efforts	Pour vous concentrer sur un type d'énergie à la fois, vous pouvez traiter de trois points distincts, soit le gaz naturel, l'électricité et l'air comprimé, selon les ressources disponibles.
Encourager	Ne cessez pas d'encourager, de surveiller les progrès et de souligner les améliorations.
Persévérer	Faites du changement un changement permanent.

Les séances de remue-méninges et les programmes de suggestions peuvent contribuer aux idées. Mais pour produire des résultats, ils doivent avoir lieu sur une base régulière. D'après certains, il vaut mieux axer ces séances sur le travail d'équipe plutôt que de les laisser à l'initiative individuelle. Cela réduit la possibilité de rivalités personnelles.

Une autre solution consiste à voir la question de l'efficacité énergétique comme une possibilité d'amélioration continue et de recourir à un certain nombre de techniques démontrées pour y parvenir : par exemple, les cercles de qualité, Kaizen, la Gestion de la qualité totale (GQT), etc. Bien sûr, dès que le système de gestion environnementale (comme ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 ou ISO 50001) est mis en place, l'amélioration continue est déjà intégrée à cette norme comme une exigence clé dans toute l'organisation. Des programmes d'amélioration du rendement énergétique sont souvent retenus par l'organisation pour atteindre ses objectifs globaux (voir la [section 4](#)). Dans ce cas, l'équipe axe ses efforts sur un besoin précis de la brasserie.

La formation continue aide également. Ce ne sont pas toutes les brasseries qui peuvent offrir deux heures de formation par employé par semaine comme l'a fait cette brasserie de l'est de l'Ontario.

Étude de cas : Modules de formation pour les cadres intermédiaires

Une brasserie a décidé qu'elle était incapable d'offrir une formation sur la détection et la réduction du gaspillage d'énergie à tous ses employés. Ainsi, seuls les cadres intermédiaires ont été choisis, puisqu'ils étaient en mesure d'influencer la consommation d'énergie de façon directe et en encourageant leurs équipes respectives. Grâce à la participation de ressources externes (services publics du secteur de l'électricité, entreprises gazières, RNCan), la brasserie a élaboré une formation qu'elle a donnée aux cadres intermédiaires pendant des heures de déjeuner prolongées.

La formation comportait quatre modules de deux heures, à raison d'un module par semaine au coût de 150 \$ par personne. Le cours encourageait d'abord les participants à effectuer une vérification énergétique de leur domicile, et à établir des parallèles avec la consommation d'énergie de leur lieu de travail. D'autres approches peuvent aussi être efficaces. Les participants ont procédé à une vérification énergétique de leur propre service et ont suscité la participation des autres employés.

Résultats : l'initiative a donné lieu à une réduction de 3 p. 100 de la facture totale d'électricité et à un délai de récupération de seulement trois semaines. Avant la tenue du projet, seulement 10 p. 100 de la main-d'œuvre appliquait des mesures concrètes d'économie d'énergie. Cette proportion s'est accrue à 85 p. 100 après la tenue du projet.

5.2 COMMUNICATION EFFICACE

La communication entre les membres de l'équipe et les employés de la brasserie en général est essentielle pour soutenir l'intérêt envers le programme de conservation de l'énergie.

Un plan de communication bien exécuté est essentiel pour que tous sentent qu'ils participent aux efforts de gestion de l'énergie. Des rapports à intervalles réguliers produits à l'aide des données de surveillance encouragent les employés, car ils les informent des progrès accomplis pour atteindre leurs objectifs.

Placez l'information bien en vue à l'aide de tableaux d'affichage où tout le monde peut la voir. Il faut désigner quelqu'un pour l'afficher et la mettre à jour sur une base régulière. Les vieilles nouvelles ne sont pas intéressantes. La disposition, les couleurs, etc., peuvent être modifiées à l'occasion afin de maintenir l'intérêt visuel.

Souvenez-vous : *personne n'aime lire des notes de service!* Faites appel à des représentations visuelles et graphiques simples des résultats – utilisez des tableaux, des diagrammes, des « thermomètres » de réalisations, etc. Reliez-les aux coûts.

Ne vous contentez pas d'une représentation ennuyeuse des résultats : utilisez un mode de représentation que les gens peuvent comprendre. Ainsi, exprimez les économies en dollars, en dollars par employé ou en dollars par unité (hl; 1 000 caisses de 24 bouteilles produites, etc.). Illustrez-les selon un mode cumulatif; montrez de quelle manière elles contribuent aux bénéfices généraux de l'entreprise.

Le champion de la gestion de l'énergie doit partager avec les membres de l'équipe de gestion de l'énergie tous les renseignements disponibles au sujet de l'utilisation de l'énergie, et les inviter à se dépasser pour envisager des moyens de conserver l'énergie dans leurs secteurs respectifs. Songez à utiliser des concours d'équipe comme outils.

Il est tout aussi important d'informer la direction de la brasserie au sujet des activités et des progrès accomplis. L'objectif est d'obtenir son accord et de rétablir le soutien obtenu auprès des cadres supérieurs pour le système de gestion de l'énergie toutes les fois que vous produisez un rapport.

6

GESTION DES RESSOURCES ET DES COÛTS EN MATIÈRE D'ÉNERGIE



6.0 GESTION DES RESSOURCES ET DES COÛTS EN MATIÈRE D'ÉNERGIE

6.1 COÛTS ET GESTION DE L'ÉNERGIE ET DES SERVICES PUBLICS

Il se peut que le comptable de la brasserie soit le meilleur ami du champion de l'énergie. Il suffit d'expliquer au comptable les concepts sous-jacents aux factures d'énergie (voir la [section 7.2](#)), et d'illustrer les conséquences énergétiques de la non-qualité de la production en regard du coût total des opérations. Les coûts fixes et les coûts variables peuvent être également touchés.

L'étape la plus importante en gestion et en conservation de l'énergie consiste à mesurer et à comptabiliser la consommation d'énergie.

Il est probable que les seules connaissances que possède le comptable en matière d'énergie se limitent au paiement des factures – une situation trop fréquente dans les brasseries qui possèdent peu ou pas du tout de compteur, ce qui occasionne un manque d'intérêt pour les améliorations en matière d'efficacité énergétique. Toutefois, vous pourriez susciter son intérêt professionnel si vous lui expliquez les mesures visant le contrôle des coûts relatifs à l'énergie. Pour élaborer un ensemble d'indicateurs énergétiques clés, il faut des contrôles essentiels sur le comptage, la surveillance et les activités. En constatant les possibilités des mesures et l'ampleur des coûts, le comptable appuierait certainement l'initiative d'amélioration énergétique et contribuerait à préparer des justifications de coût pour acquiescer les compteurs et les contrôles nécessaires. Le reste est le travail du champion de l'énergie.

Le ratio des coûts totaux de l'énergie par rapport au total des coûts de fabrication représente l'intensité énergétique des activités dans la brasserie.

Voici certains des indicateurs que toute brasserie connaît probablement :

- coût de l'électricité – total :
 - frais de consommation (tarifs et frais pour l'heure du jour ou le jour de la semaine);
 - tarif de l'appel de puissance;
 - pénalité du facteur puissance (au besoin);
- coût du gaz naturel (ou des autres combustibles);
- coût de l'eau (comprend les frais d'égout).

L'intensité énergétique, le coût de l'énergie par hectolitre, l'électricité par heure de travail et d'autres mesures globales semblables peuvent être élaborés à partir de ces données. Il n'est pas toujours possible de séparer les coûts énergétiques du chauffage et de l'éclairage des bureaux de la partie production de la brasserie, ou de savoir combien d'énergie utilise certains procédés. Les données de base ne sont pas suffisantes pour un contrôle efficace : il faut savoir **comment, où, quand et pourquoi** l'énergie est dépensée, et combien elle coûte. Par exemple, cela pourrait être révélateur de

connaître la quantité d'énergie qui se gaspille dans une brasserie durant les périodes autres que celles de la production et les fins de semaine! On peut notamment y parvenir en mesurant, par division et à l'aide d'appareils, l'énergie dépensée par les équipements ou les principales activités. On peut ainsi élaborer d'autres indicateurs :

- l'énergie (gaz, mazout ou électricité) et le coût de l'énergie par hectolitre;
- le facteur de charge moyen;
- le facteur de puissance moyen;
- le rendement de la conversion thermique des chaudières;
- la demande énergétique de la salle de brassage en pourcentage de la demande énergétique de toute la brasserie;
- les coûts de l'électricité consommée par les compresseurs, etc.

Toutes ces mesures peuvent servir à élaborer des normes par rapport auxquelles les nouveaux objectifs de consommation (coût) de l'énergie peuvent être déterminés (plus de détails à ce sujet aux [sections 6.3](#) et [6.4](#)). Dans le cadre de la comptabilité des coûts énergétiques, on devrait analyser l'impact des pratiques de production sur les coûts généraux contribuant ainsi à déterminer des solutions optimales. Par la suite, le soutien de la direction et les approbations de capitaux pourraient être plus faciles à obtenir pour :

- les changements de procédé et d'équipement;
- les programmes de réduction de pertes d'énergie et des systèmes de récupération de l'énergie.

La méthode de la capitalisation du coût entier, en contexte énergétique, équivaut à établir le coût de la non-qualité dans l'utilisation de l'énergie de la brasserie.

<p>Conseils relatifs à la gestion</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Envisagez d'élaborer des indicateurs de rendement énergétique significatifs particuliers aux besoins de votre brasserie. • Offrez des séminaires ou des séances de sensibilisation à tous les opérateurs afin de leur expliquer : <ol style="list-style-type: none"> 1. les coûts énergétiques et les moyens de les contrôler; 2. l'effet de bonnes opérations d'entretien pour réduire les coûts énergétiques; 3. l'importance des bonnes pratiques opérationnelles. • Passez régulièrement en revue les indicateurs à l'occasion de réunions de gestion des opérations. • Tenez les employés informés, communiquez les résultats. • Servez-vous des résultats des coûts énergétiques pour élaborer et examiner des plans d'entreprise, d'autres plans énergétiques et des projets d'immobilisations. • Servez-vous des indicateurs de coût énergétique comme outil de gestion pour améliorer le rendement.
--	---

6.2 SURVEILLANCE ET ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION ET FIXATION D'OBJECTIFS

On suppose ici que les données sont accessibles. Elles ont trait à une base de mesures à laquelle les améliorations peuvent être liées. Toutefois, on s'aperçoit souvent que les équipements de mesure disponibles sont rudimentaires (et, par conséquent, que peu de données sont accessibles), et ce, particulièrement dans les brasseries de petite envergure. On peut malgré tout surmonter cet obstacle et mettre en place un programme de gestion de l'énergie. Au fur et à mesure que le programme prend son essor et produit des résultats, il sera plus facile de convaincre la direction d'investir dans l'acquisition de compteurs, de jauges, de capteurs et de contrôleurs. Ceux-ci permettront d'enregistrer des données relatives aux principaux appareils consommateurs d'énergie.

Ce que vous pouvez mesurer, vous pouvez le contrôler. Ce que vous pouvez contrôler, vous pouvez l'améliorer.

Il se peut que vous manquiez d'indicateurs de rendement essentiels parce qu'ils n'ont jamais été mesurés. Servez-vous des résultats de la vérification énergétique ou calculez les besoins en énergie pour établir des repères par rapport auxquels vous définirez les objectifs futurs. Mesurez votre rendement actuel par rapport aux normes de l'industrie (dont certaines sont indiquées ailleurs dans le présent guide).

Dès qu'un objectif a été atteint de façon continue pendant plusieurs mois, il est temps de l'examiner. Il peut devenir la nouvelle norme et un nouvel objectif peut se voir attribuer une valeur progressive. L'établissement d'objectifs contribue à faire participer toute la main-d'œuvre à des projets éconergétiques en lui donnant des buts atteignables.

Les objectifs doivent être réalistes, mesurables et vérifiables.

Le champion de l'énergie de la brasserie doit gérer le plan de gestion de l'énergie comme un programme permanent, et coordonner un certain nombre de projets d'économie d'énergie. Tenez compte des interactions (positives ou autres) entre les différents projets. Vous ne voudriez pas que la mise en œuvre d'un projet vienne en contradiction avec les économies prévues d'un autre.

La meilleure approche à adopter est de suivre la consommation en fonction d'un objectif et du rendement antérieur et de réagir aux aberrations au moyen de mesures correctives et préventives, toujours dans une optique d'amélioration continue. L'analyse du rendement doit tenir compte des autres facteurs connexes, par exemple, le pourcentage de freinte de bière ou les variations de production ou de procédés.

Suivre la consommation d'énergie et des services publics suppose que les coûts de l'énergie et des services sont considérés comme des ressources précieuses qui doivent être gérées prudemment, comme le sont la main-d'œuvre et toute autre variable.

<p>Sélectionner les résultats mesurables adéquats</p>	<p>La surveillance et la mesure de la consommation nécessitent la sélection rigoureuse de résultats mesurables significatifs permettant la comparaison avec le temps, et ce, en employant la même référence – p. ex., kWh/hl de bière vendue. Le choix des points de référence cause généralement certaines difficultés. D'autres repères de base pourraient être choisis, comme la consommation d'une source donnée par heure travaillée, par employé, par hl de bière brassée (salle de brassage), par hl de bière dans le cellier du gouvernement, par 1 000 \$ de revenu brut, etc. Ces bases peuvent toutefois changer d'une année à l'autre pour une multitude de raisons, et l'amélioration (ou la détérioration) réelle pourrait s'avérer difficile à déterminer lorsque la valeur de ces bases change. Par conséquent, le suivi du rendement au fil du temps nécessite un point de référence standard.</p>
<p>Les unités de mesure ne doivent pas fluctuer avec le temps</p>	<p>À l'instar des autres entreprises, les brasseries peuvent choisir les données sur la consommation liées au produit à vendre, c.-à-d., le nombre de hl de bière vendue, comme une mesure plus complète, englobant toutes les influences de la brasserie. Il s'agit d'une donnée valide pour une production stable et relativement constante pendant de longues périodes. Lorsque la composition du produit fluctue en ce qui a trait aux volumes de dilution/saturation (c.-à-d., le volume des ventes de la marque), la brasserie peut vouloir relier la consommation à une étape de production en amont (p. ex., salle de brassage ou cave de fermentation).</p>
<p>Fixer des objectifs et des cibles</p>	<p>Tenez compte du rendement antérieur, des objectifs organisationnels et fiscaux de même que des options et des conséquences technologiques lorsque vous fixez des objectifs de gestion de l'énergie des services publics. Ces objectifs doivent s'arrimer avec la politique (ou les politiques) de l'entreprise. Viser un objectif pour des raisons d'apparence s'avère contre-productif. Votre objectif doit favoriser l'amélioration continue et être ambitieux, considérable mais atteignable.</p>
<p>Visualiser les rapports sur le rendement</p>	<p>Les représentations graphiques des valeurs suivies (sans tenir compte s'il s'agit d'énergie, de productivité ou d'heures supplémentaires) doivent à tout le moins inclure ces paramètres : valeur moyenne pour l'année précédente, objectif actuel, rendement mensuel et courbe de tendance. Le graphique constitue un outil visuel de grande valeur qui transmet l'information de manière efficace, en un seul coup d'œil. Il peut être accompagné d'un tableau où les données et les variations courantes peuvent être augmentées par l'expression des coûts, le tout sur une base cumulative jusqu'à ce jour.</p>
<p>Évaluation régulière</p>	<p>Le rendement de la gestion de la consommation doit être évalué de façon régulière (p. ex., sur une base mensuelle), analysé, et doit faire l'objet d'un compte rendu lors des évaluations par la direction.</p>
<p>Rajuster l'objectif</p>	<p>L'établissement progressif d'objectifs permet aux gestionnaires de considérer l'énergie comme une ressource que l'on doit gérer avec autant d'attention que d'autres intrants, comme la main-d'œuvre et les matières premières.</p>

6.3 PLANS D'ACTION : ÉLABORATION, MISE EN ŒUVRE ET SURVEILLANCE

Plans d'action

Afin que le champion de l'énergie soit en mesure de mettre en œuvre le plan de gestion de l'énergie et les différentes PGE, il s'avère essentiel d'élaborer des plans d'action ciblés. Ils lui serviront d'outil de gestion et de contrôle nécessaire pour atteindre les objectifs de manière efficace et efficiente. Vous y préciserez les détails nécessaires, soit qui fera quoi, quand et avec quelles ressources. Ce processus sera constructif et efficace seulement si un grand nombre d'employés de la brasserie de fonctions et de niveaux différents y prennent part. Les responsabilités, les ressources nécessaires et les échéanciers doivent faire partie d'un plan d'action visant l'atteinte d'objectifs. Le plan d'action doit comprendre les autres possibilités de gestion de l'énergie et conseils pour chaque procédé qui se trouvent à la [section 7 – Considérations liées aux techniques et aux procédés](#). Vous pouvez utiliser plusieurs progiciels de gestion de projet pour créer facilement la représentation graphique des plans d'action.

Amorcez le travail tôt

N'attendez pas à demain. Les retards tuent l'enthousiasme. Aussi, commencez avec des projets simples qui donneront un élan et la confiance à l'équipe. Préconisez un renforcement positif afin d'aider les employés à adopter les nouvelles pratiques d'économie d'énergie.

Souvenez-vous : Un dollar économisé se reflète dans le résultat net.

Encouragez les membres de l'équipe à poursuivre les travaux qui leur ont été confiés et à respecter le calendrier de mise en œuvre. Rencontrez l'équipe de gestion de l'énergie à l'occasion de réunions brèves à intervalles réguliers pour passer en revue l'évolution, planifier de nouveaux projets, évaluer les objectifs établis et définir de nouveaux objectifs, au besoin.

Assurez une surveillance continue

Il importe de suivre les flux énergétiques qui entrent dans la brasserie, de même que leur usage. Cela produira des données qui offriront des réponses aux questions suivantes :

- Faisons-nous des progrès?
- Les données énergétiques sont-elles précises?
- Pouvons-nous apporter des correctifs rapides aux conditions de traitement qui ont causé une consommation excessive soudaine?
- Quelles sont les tendances en utilisation de l'énergie? (Servez-vous de ces données dans la budgétisation.)
- Quelles sont les économies de coût atteintes à partir des données recueillies par le système de surveillance de l'énergie, et quel est le rendement du capital investi?
- Les mesures d'économie d'énergie mises en œuvre correspondent-elles aux prévisions? (On peut repérer les problèmes de rendement du projet et améliorer les techniques d'évaluation des coûts et des avantages des améliorations éconergétiques pour des projets futurs.)
- L'équipement fonctionne-t-il selon les garanties des fournisseurs?

- Pouvons-nous établir des objectifs futurs de réduction de l'utilisation de l'énergie et surveiller l'évolution en vue de nouveaux objectifs?
- Y a-t-il des secteurs dans l'usine où nous aurions besoin d'une vérification énergétique détaillée?

Le meilleur moyen de surveiller la consommation d'énergie consiste à utiliser des compteurs installés à des points stratégiques afin de mesurer le flux des sources d'énergie, comme l'électricité et l'air comprimé, pour chaque utilisateur principal.

Exprimez le rendement énergétique de façon significative

Exprimez les mesures en unités SI, comme les mégajoules (MJ) ou les gigajoules (GJ), car elles permettent d'établir des comparaisons globales. Ainsi, indiquez la consommation énergétique ou les économies de cette façon :

Considérez exprimer l'utilisation de l'électricité dans le contexte du réchauffement de la planète, où 1 MJ = 0,2 kg d'équivalent CO₂.

- par hl de bière à vendre;
- par dollar d'investissement;
- par dollar de vente;
- en électricité économisée (ou gaz, vapeur, air comprimé); indiquez également son équivalent en dollars;
- en économies de coût d'exploitation annuel;
- en évitement des coûts en capital.

Servez-vous de mesures qui sont pertinentes aux conditions particulières de votre brasserie.

La surveillance du rendement énergétique aide les gestionnaires à repérer les secteurs de gaspillage dans leur service et leur permet de se responsabiliser quant à l'utilisation de l'énergie. Dès que la surveillance indique que la consommation d'énergie baisse au fur et à mesure que des améliorations sont apportées, les intervenants peuvent prêter attention au prochain élément.

Consolidez les gains – établissez de nouveaux objectifs

Souvenez-vous que la gestion de l'énergie est une affaire autant de technologie que de personnes.

L'attention constante est nécessaire en gestion de l'énergie sinon les gains pourraient disparaître et les efforts s'amenuiser. Pour consolider les nouvelles mesures d'économie d'énergie, prêtez une attention constante à la mise en œuvre du projet jusqu'à ce que la mesure soit devenue une pratique bien intégrée.

Si les pratiques et les procédures ont été changées à cause du projet, prenez le temps de les documenter. Cela assurera l'uniformité future de la pratique et servira d'outil de formation et de vérification.

6.4 CONTRÔLE ET SUIVI (CES)

Depuis sa création, le système de contrôle et suivi (CES) de gestion de la consommation d'énergie et des services publics est devenu une méthodologie courante. Plusieurs entreprises vendent l'équipement et le logiciel sous-jacents, lesquels sont employés par une grande variété d'industries. En ce qui a trait au brassage de la bière, c'est la U.K. Brewers' Society (devenue la Brewers and Licensed Retailers Association) qui a initialement proposé son utilisation.

Il s'agit d'un système rigoureux et structuré qui fait en sorte que les ressources énergétiques sont fournies et utilisées de façon efficace. Le système CES est également applicable à d'autres services publics comme l'eau, le CO₂, l'azote, les effluents, etc.

Au Canada, la Brasserie Molson Coors de Toronto-Etobicoke, en Ontario, a été la première à mettre en œuvre le système CES et a obtenu des résultats spectaculaires. Ces résultats ont été publiés (voir le rapport intitulé *Energy Services, Case Study No. 1*, Ontario Hydro, décembre 1994). Selon ce rapport, un investissement initial de 200 000 \$ a rapporté des économies de 1,5 million de dollars en redevances pour l'eau seulement, et ce, dès la première année de la mise en œuvre du CES. Depuis ce temps, d'autres brasseries du Canada ont adopté la technologie CCEO.

Le système CES n'entraîne pas de changements dans les spécifications des procédés. Il ne cherche pas à mettre plus ou moins l'accent sur la gestion énergétique que ce qui est justifié proportionnellement aux coûts contrôlables. Le principe fondamental du CES s'appuie sur le fait que l'énergie et les services publics constituent des coûts directs qui devraient être vérifiés et maîtrisés de la même façon que les autres coûts directs liés à la production, comme la main-d'œuvre et le malt. La consommation réelle d'énergie devrait être incluse dans les comptes de gestion au même titre que la main-d'œuvre et le malt.

La responsabilité de la maîtrise de la consommation d'énergie devrait revenir aux gens qui la consomment, à savoir les directeurs d'unités de production des brasseries. Le contrôleur des installations de production devrait aussi y être associé puisqu'il voudra savoir comment ces coûts contrôlables sont gérés.

Il est démontré que les avantages directs du système CES, tant dans l'industrie brassicole que dans les autres industries, représentent entre 4 et 18 p. 100 des factures de combustible et d'électricité. D'autres avantages intrinsèques sont issus des changements bénéfiques de la culture d'entreprise dans la brasserie, comme la sensibilisation des employés, le renforcement du sentiment d'appartenance, l'amélioration du bilan environnemental de l'entreprise et le transfert d'habitudes nouvellement acquises en matière d'économie d'énergie à d'autres aspects de la production.

On sait par expérience que l'amélioration des pratiques d'entretien d'usage (c.-à-d., porter attention à la consommation quotidienne d'énergie comme la mise hors tension de l'équipement non utilisé, etc.) génère typiquement des économies de l'ordre de 10 à 15 p. 100. L'augmentation des pourcentages de marge bénéficiaire avec 35 p. 100 d'économies d'énergie présentées dans le tableau 6-1 ne sont pas démesurées.

Tableau 6-1 : Augmentation du bénéfice attribuable aux économies d'énergie

Marge bénéficiaire initiale	Pourcentage des coûts énergétiques de la brasserie					
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %
	Avec une réduction des coûts énergétiques de 35 %,					
	le pourcentage de la marge bénéficiaire augmente de :					
1 %	104 %	139 %	173 %	208 %	242 %	277 %
2 %	51 %	69 %	86 %	103 %	120 %	137 %
5 %	20 %	27 %	33 %	40 %	46 %	53 %
10 %	9 %	13 %	16 %	19 %	22 %	25 %
20 %	4 %	6 %	7 %	8 %	9 %	11 %
30 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %

Adaptation du tableau de V.A. Munroe

Le coût de la mise en œuvre d'un système CES dépend de l'étendue de l'installation du système de comptage, de la zone de couverture désirée ainsi que des méthodes employées pour l'enregistrement des données et l'analyse de la consommation d'énergie. L'envergure du projet peut être rajustée en fonction du niveau des économies escomptées.

La voie qui mène à l'amélioration de l'efficacité énergétique commence par l'adoption, par le conseil d'administration, d'une directive voulant que les coûts de consommation d'énergie et des services publics soient dorénavant considérés comme des coûts directs. Cette directive doit être mise en œuvre à l'aide d'une structure de gestion appropriée. La mise en œuvre est soutenue par un contrôle continu de la consommation d'énergie en regard des normes et par l'établissement d'objectifs ayant reçu l'accord des gestionnaires. Afin que les objectifs soient atteints, tous les employés doivent participer activement au projet.

Le processus de CES débute par la division de la brasserie en centres d'imputation énergétique (CIÉ), dont certains convertissent l'énergie, et d'autres la consomment. Un CIÉ devrait correspondre à un centre d'imputation administrative existant, comme la salle de brassage. Pour des raisons évidentes, les CIÉ ne devraient pas chevaucher des unités de travail placées sous la compétence de plusieurs gestionnaires. À l'intérieur de chaque CIÉ, la consommation d'énergie (p. ex., la consommation de vapeur, d'électricité ou autre) sera vérifiée. Pour plus de contrôle, l'énergie pourra être vérifiée dans des zones particulières à l'intérieur du centre d'imputation énergétique. Pour chaque élément faisant l'objet d'une surveillance continue, comme l'efficacité des chaudières, il faut se reporter à un indice approprié afin d'établir des comparaisons de rendement. Pour chaque indice, il faut établir une norme de rendement à partir de données rétrospectives qui tiendront compte

des facteurs (p. ex., la production) susceptibles d'avoir une incidence sur le rendement énergétique. Ici encore, les gestionnaires associés au processus doivent s'entendre sur les normes ainsi établies.

Les objectifs sont établis à l'instar des normes. Ils représentent les améliorations du rendement énergétique. Pour s'assurer que le processus fonctionnera, les gestionnaires qui établiront des objectifs par rapport à leur consommation devront s'assurer que ces objectifs sont réalistes. Le tableau 6-2 présente quelques exemples de paramètres (chiffres de consommation spécifique) qui pourraient être mesurés.

Tableau 6-2 : Déploiement du système CES (exemple)

Unités d'opération de la brasserie	Prise de mesures
Salle de brassage	Consommation/hl de moût froid
Cave de fermentation	Consommation/hl de moût froid
Caves/maturation de la bière	Consommation/hl de bière clarifiée
Conditionnement	Consommation/hl de bière à expédier
Centre d'énergie	Prise de mesures
Réfrigération	Consommation/GJ de refroidissement
Production de vapeur	Consommation/GJ de chaleur
Compresseurs d'air	Consommation/Nm ^{3*} d'air
Captage de CO ₂	Consommation/kg de CO ₂ traité
Autres fonctions	Consommation/semaine

* Mètre cube normal

La prise de mesures des unités d'opération de la brasserie nécessite l'installation de compteurs dans des endroits clés du système, en particulier là où les équipements consomment une grande quantité d'énergie ou des services publics (comme la chaudière à houblonnage, la laveuse de bouteilles et la soutireuse de canettes).

Pour obtenir les données nécessaires, il est indispensable de poser des compteurs capables de mesurer les variables suivantes dans chacune des unités (tableau 6-3) :

Tableau 6-3 : Pose de compteurs de consommation d'énergie et des services publics (exemple) :

Compteurs pour	SB*	CF	CM	CON	CÉ	RÉF	CH	CO ₂	AC	AUT
Eau froide	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eau chaude	X	X	X	X	X					X
Vapeur	X	X	X	X	X		X	X		X
kWh	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Air comprimé				X	X					
CO ₂			X	X	X			X		
Réfrigération					X					

* Note : SB – Salle de brassage, CF – Cave de fermentation, CM – Caves/maturation de la bière, CON – Conditionnement, CÉ – Centre énergétique, RÉF – Réfrigération, CH – Chaufferie, CO₂ – Installation de récupération de gaz carbonique, AC – Air comprimé, AUT – Autres zones

On sait par expérience que le coût de la pose des compteurs et de l'équipement de contrôle connexe sera vite compensé par les gains réalisés à la suite de la mise en œuvre d'un programme de CES. Il s'écoule environ 18 mois entre la décision initiale d'explorer le potentiel du CES jusqu'à la mise en œuvre intégrale du système.

Le concept du CES est judicieux et de nombreux secteurs industriels en ont grandement profité.

7

CONSIDÉRATIONS LIÉES AUX TECHNIQUES ET AUX PROCÉDÉS



7.0 CONSIDÉRATIONS LIÉES AUX TECHNIQUES ET AUX PROCÉDÉS

On doit aborder la gestion de l'énergie avec une certaine ouverture d'esprit afin d'évaluer de façon rigoureuse les pratiques précédemment acceptées, puisque certaines d'entre elles peuvent se révéler inefficaces. Un regard nouveau ou une plus grande sensibilisation, conjuguée à un brin d'imagination ou à l'aide d'un spécialiste peut s'avérer payant en ce qui a trait à la réduction de l'énergie et des coûts.

Cette section décrit les mesures à prendre quant à la conservation de l'énergie et de l'eau dans les procédés liés au brassage de la bière. **Les possibilités de gestion de l'énergie (PGE) et les conseils sont classés de façon sommaire**, comme le souligne le chapitre « d'introduction », en trois catégories présentées ci-après.

Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts (période de récupération de six mois ou moins).

Éléments à coûts moyens (modifications à l'équipement ou aux installations nécessaires; période de récupération de trois ans ou moins).

Éléments à coûts importants (changements dans les procédés, nouvelle usine ou nouvel équipement nécessaires; période de récupération de trois ans ou plus). En règle générale, on peut s'attendre à ce que ces améliorations apportées au rendement énergétique aient la plus longue période de récupération.

La division en dollars est approximative puisqu'elle relève normalement de la taille, du type et de la politique financière de l'entreprise. En outre, la période de récupération n'est qu'une estimation, basée sur le type et la complexité d'un projet.

7.1 COMBUSTIBLES

La présente section ainsi que la [section 7.3](#) sur les systèmes de chaudières sont étroitement liées et devraient être lues ensemble.

La plupart des brasseries canadiennes choisissent de sécuriser leurs activités fonctionnant sans interruption en alimentant leurs chaudières au moyen de deux combustibles, le gaz naturel et le mazout, avant tout pour des raisons de diligence raisonnable et de planification d'urgence. Les brasseries situées dans les régions non desservies par des pipelines de gaz naturel peuvent toutefois faire exception. De plus, la possibilité de brûler différents combustibles constitue un moyen de négocier de meilleurs prix au moment de signer les contrats d'approvisionnement. La souplesse du choix des combustibles à long terme, en cas de changement de prix relatif ou de disponibilité, constitue un autre avantage.

Le choix du combustible requiert une étude attentive. Des facteurs comme le prix des combustibles, les coûts d'immobilisations des installations de production, l'approvisionnement actuel et futur prévu ainsi que les frais d'exploitation et d'entretien doivent être évalués. Comme la plupart des

systèmes de chaudières dans les brasseries vieillissent, ces considérations entreront en jeu au moment de la décision d’apporter des améliorations éconergétiques ou de remplacer les systèmes vieillissants. Le tableau 7-1 pourrait d’ailleurs susciter l’intérêt des brasseries qui considèrent entreprendre de nouvelles activités.

Tableau 7-1 : Comparaison des types de combustible

Type de combustible	Avantages	Désavantages
Gaz naturel	<ul style="list-style-type: none"> • le plus commode à utiliser • aisément disponible • aucun stockage • se mêle à l’air aisément • brûle proprement • valeur calorifique élevée • ne produit pas de fumée ou de suie, car il ne contient pas de soufre • permet de récupérer la chaleur à partir des gaz de combustion au-delà du point auquel la condensation commence • plus léger que l’air • se disperse aisément en cas de fuite 	<ul style="list-style-type: none"> • nécessite de l’équipement d’entretien de sécurité
Gaz de pétrole liquéfié (GPL) (habituellement du propane; parfois du butane)	<ul style="list-style-type: none"> • les observations d’ordre général concernant le gaz naturel s’appliquent également au GPL 	<ul style="list-style-type: none"> • requiert des installations de stockage (coûts d’immobilisations ou de location, coûts d’utilisation et d’entretien, inspection et tests des appareils de stockage sous pression et des mécanismes de distribution) • exige des précautions particulières en cas de fuites • plus lourd que l’air • peut s’infiltrer dans les tunnels souterrains et les canalisations • requiert une dispersion forcée à l’aide d’un ventilateur (choix du site de stockage à envisager) • le GPL butane, bien qu’un peu moins cher, se liquéfie à 0 °C • a besoin d’une source d’énergie pour sévaporer à basse température

<p>Huile lourde Carburant de soute n° 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> • moins chère que les catégories d'huiles plus légères, parfois moins chère que le gaz 	<ul style="list-style-type: none"> • requiert des systèmes de stockage • exige beaucoup de capitaux et d'entretien • possibilités de fuites et de contamination de l'eau et du sol • nécessite des inspections à intervalles réguliers • produit des oxydes d'azote (NO_x) en raison des températures de combustion élevées • contient beaucoup de soufre, ce qui peut empêcher l'utilisation d'économiseurs de gaz d'échappement en raison des problèmes de corrosion découlant de la condensation et de la formation d'acides provenant des oxydes de soufre (SO_x) • très visqueuse, a besoin de réservoirs de stockage isolés et chauffés et d'un mécanisme de distribution comportant des tuyaux et des pompes d'injection • oblige le doublement de circulation du pompage et doit être gardée à une température élevée • requiert une pulvérisation complète dans le brûleur • peut produire de la fumée ou de la suie • les coûts de nettoyage et d'entretien des brûleurs et chaudières
<p>Huile légère (p. ex., huile n° 2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • partiellement désulfurée entre 0,1 et 0,3 p. 100 de teneur en soufre • demeure fluide à $-11\text{ }^\circ\text{C}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • se gélifie par très grands froids • entraîne des possibilités de précipitation des cires par grands froids • peut boucher les filtres • nécessite le réchauffement des conduites • mêmes observations générales que pour l'huile lourde

Autres considérations relatives aux combustibles

Le charbon, le coke et le bois ne sont habituellement pas utilisés dans l'industrie brassicole au Canada. Une brasserie américaine dit se servir de déchets solides combustibles pour compléter ses sources d'énergie.

L'utilisation des biogaz provenant des stations de traitement anaérobie des eaux usées (principalement du méthane lourdement contaminé par du CO₂), peut s'avérer avantageuse. Puisque le volume généré dépend des activités des stations de traitement des eaux usées, le biogaz joue un rôle supplémentaire par rapport aux autres combustibles. Son volume est relativement faible (si on l'utilise seul) et est par conséquent pratique pour les activités de moindre envergure comme le préchauffage des canalisations de retour des condensats et des bouches d'entrée d'air, ou pour le chauffage de l'eau. En raison de sa forme liquide, la corrosion du système d'approvisionnement peut s'avérer un problème. Toutefois, au moins une brasserie canadienne l'utilise.

Dans trois provinces de l'Ouest, le marché pour l'industrie du gaz naturel s'avère concurrentiel. L'Ontario et le Québec sont en outre familiarisés aux conditions de marché déréglementées. Les prix du gaz naturel se sont accrus de façon marquée depuis 2000. L'efficacité énergétique et la gestion axée sur la demande (GAD) constitueront des outils d'une importance capitale pour les brasseries relativement à la gestion des coûts. Les grands utilisateurs de gaz naturel achètent celui-ci sur le marché au comptant et utilisent des logiciels pour gérer ces achats afin d'en tirer le maximum d'avantages financiers. Même si les coûts en croissance du gaz constituent un facteur important des budgets énergétiques, au moins une grande entreprise a réussi à les compenser en installant des cogénérateurs de production combinée électricité-chaaleur pour produire sa propre électricité et vendre les surplus éventuels au réseau de distribution. D'autres brasseries pourraient emboîter le pas lorsque les conditions économiques le permettront.

Lorsque vous réduisez la consommation de gaz naturel ou de mazout, vous devez rendre le processus de combustion le plus efficace possible. Vous devriez examiner les points présentés ci-après.

Système de livraison de gaz ou de mazout

Est-il étanche, sans obstructions et fuites? Les conduites de gaz, dont beaucoup peuvent remonter à des décennies et être enterrées, peuvent être corrodées et fuir. Comment savoir si elles fuient : durant une période sans production, consignez la lecture du compteur de gaz et vérifiez-la après 12 à 24 heures. Le chauffe-eau au gaz n'étant même pas allumé, il ne devrait pas y avoir d'écart. Tenez compte d'une certaine consommation de gaz pour le chauffage des locaux, etc., en estimant la consommation basée sur la plaque signalétique. Dans le cas de la présence de fuites, il faut amorcer des travaux pour en découvrir la source et les compléter rapidement (il en va de la sécurité des employés). De même, procédez à la vérification de l'étanchéité des systèmes de mazout, laquelle peut produire des résultats moins précis et nécessiter davantage de temps. Si vous suspectez une fuite, l'analyse du sol environnant peut vous éclairer.

Dans les systèmes d'approvisionnement de mazout, assurez-vous de la vérification régulière des filtres et de l'entretien des pompes.

Combustion

Très souvent, les contrôles appropriés ne sont pas effectués pour les fours à mazout et à gaz. Le mauvais contrôle du ratio air-gaz entraîne des pertes d'énergie, des températures excessives fréquentes et des pertes financières. Les [sections 7.3.1](#) et [7.3.2](#) fournissent plus de détails à ce sujet.

L'analyse du gaz de combustion révélera la composition réelle. Dans le cas du gaz naturel, en conditions d'équilibre, la composition des gaz de combustion devrait indiquer environ 12 p. 100 de CO₂, 20 à 22 p. 100 de vapeur d'eau, le reste étant constitué d'azote. Des pourcentages inférieurs de CO₂ et la présence de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène indiquent une mauvaise combustion (feu réduit) et des pertes d'énergie chimique dans les deux gaz d'échappement. Autrement dit, une partie du gaz a été perdue. D'autre part, dans des conditions d'apport d'air excessif, tout le gaz est brûlé, mais l'analyse révélera la présence d'oxygène. Encore là, de l'énergie a été perdue, mais cette fois pour chauffer l'air excédentaire qui passe dans le four.

Étanchéité à l'air de la chambre du four de la chaudière

L'entrée d'air dans le four (à traitement thermique) cause d'importantes pertes d'énergie. Tout cet air supplémentaire doit être chauffé pour maintenir la température appropriée de la chambre du four. Attention à l'élimination de l'air de la vapeur, de la chaudière et de l'isolant des conduites, de même qu'à l'entretien des purgeurs de vapeur qui sont également des points importants pour rendre le système efficace. Vous trouverez ci-dessous des PGE propres aux chaudières à vapeur.

Combustibles : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Inspectez les conduites de gaz/de mazout à la recherche de corrosion ou d'autres sources de fuites afin de vous assurer qu'il n'y ait aucune perte.</i> • <i>Si vous croyez que le réservoir de mazout ou les pipelines souterrains fuient, pensez à engager un entrepreneur afin de mener une analyse du sol environnant. Il vous en coûtera un certain montant, mais cette analyse pourrait vous faire économiser davantage en vous évitant des coûts de décontamination du sol plus importants!</i> • <i>Inspectez l'isolation de la citerne à mazout à la surface et l'isolation des conduites d'alimentation; réparez-les sans délai.</i> • <i>Vous pouvez demander à votre entreprise gazière qu'elle vous prête des compteurs de gaz supplémentaires afin de voir au comptage divisionnaire de vos gros appareils de combustion à gaz.</i> • <i>Évitez de chauffer tout le réservoir de stockage d'huile à la température de pompage et de circulation requise, ce qui est du gaspillage. Effectuez la régulation de la température de l'huile dans le réservoir de stockage pour maintenir la viscosité requise pour le pompage de l'huile; vérifiez-la.</i> • <i>Évitez d'avoir trop d'huile dans la boucle de circulation : un système de pompage bien conçu ne fait circuler que 10 p. 100 de l'huile en excédent de la demande maximale des brûleurs.</i> • <i>Assurez-vous que le réchauffement électrique des conduites fonctionne et n'est en marche que lorsque cela est nécessaire.</i> • <i>Évaluez le coût de la vapeur pour le réchauffement des conduites, s'il est utilisé par rapport au réchauffement électrique.</i> • <i>Mettez les fournisseurs de gaz en concurrence en leur demandant de présenter des soumissions.</i> • <i>Revoyez votre contrat d'approvisionnement de gaz et envisagez une option relative à l'interruption de l'approvisionnement qui commande un prix plus bas pour le gaz si la chaudière est alimentée par deux combustibles.</i>
---	--

Éléments à coûts moyens	<ul style="list-style-type: none"> • Songez à installer des compteurs de débit de gaz afin de gérer la consommation des gros appareils consommateurs de gaz, comme les chaudières et les chauffe-eau. • Surveillez et contrôlez la pression interne du four de la chaudière. • <i>Envisagez de recourir à l'entreprise gazière locale pour assurer les services d'entretien de vos brûleurs à gaz.</i> • <i>Votre entreprise locale d'approvisionnement en mazout peut également vous aider à procéder aux essais de rendement et aux analyses des effluents gazeux.</i>
--------------------------------	--

7.2 ÉLECTRICITÉ

Les coûts relatifs à la consommation d'énergie des compresseurs à air et du conditionnement constituent de loin les plus importants points d'utilisation à contrôler.

Commencez par examiner les composantes de votre facture d'électricité dans un objectif d'économie d'électricité. Souvent, on ne les saisit pas bien et, par conséquent, les avantages que procurent les économies disponibles ne sont pas utilisés. Une brasserie peut se servir de ses connaissances de façon rentable pour gérer l'utilisation de l'électricité sur place, et en négociant avec les fournisseurs d'énergie sur le nouveau marché de l'électricité déréglementé au Canada. Lorsqu'il est question de **conserver l'électricité, avez vos efforts sur les possibilités d'économies.**

La facture d'électricité peut comporter quatre types de frais :

1. **Frais de consommation** – Ce sont les kilowattheures (kWh) consommés dans une période donnée, multipliés par le tarif établi, exprimés en ¢/kWh. D'autres frais de consommation peuvent s'appliquer dans les cas de temps d'utilisation et pour les tarifs saisonniers. Ces modes de tarification offrent des tarifs plus bas aux consommateurs qui peuvent déplacer les activités à forte intensité des périodes où le service public reçoit un appel de puissance pour son énergie. Le service public bénéficie d'un modèle de charge quotidienne plus uniforme, et le client paie moins.

Les moyens d'économiser :

- réduire la consommation totale d'électricité (en kWh) dans la brasserie;
 - déplacer la consommation d'énergie à un moment où les coûts énergétiques sont moindres.
2. **Frais liés à la demande** – C'est le niveau maximal de courant utilisé par la brasserie, exprimé en kW ou en kilovoltampère (kVA), également appelé appel de puissance de crête. L'appel de puissance varie durant toute la journée en fonction du fonctionnement des appareils électriques en concurrence. Le service public d'électricité mesure la demande à intervalles de 15 minutes, tous les quarts d'heure. La demande maximale enregistrée au cours du mois définit le tarif de la demande (jusqu'à 20 \$ et plus par kW), à appliquer à la facture d'électricité pour tout le mois. Le service public d'électricité finance ainsi son investissement d'approvisionnement du courant requis pour la brasserie. Si cette dernière possède son propre transformateur, elle peut négocier une remise.

Dans les brasseries, les possibilités d'économiser au moyen du contrôle de la demande et du déplacement de la charge sont excellentes.

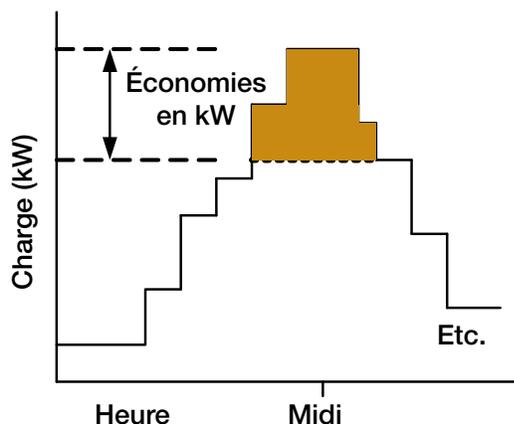
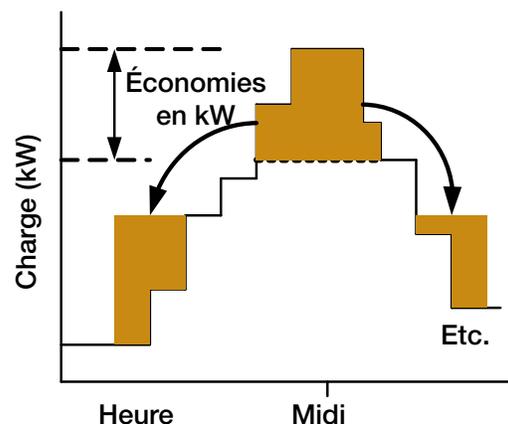
Certaines pratiques de tarification ne font pas bien voir les pénalités en cause. Par exemple, si les frais de demande combinent la demande mensuelle avec un pourcentage de la demande mensuelle maximale au cours des 12 derniers mois, alors la brasserie est pénalisée sans qu'il y ait production (pour les jours de congé ou de peu d'activité).

D'importantes économies sont possibles en gérant simplement le moment où l'électricité est utilisée.

L'une des principales stratégies d'économie d'électricité consiste à réduire le temps non productif en ce qui a trait à la production – ce qui aide à équilibrer la charge.

- Réduire l'appel de puissance de crête par :
 - le délestage (figure 7-1), c.-à-d., en coupant l'alimentation électrique non essentielle;
 - le déplacement de la charge (figure 7-2), c.-à-d., le réordonnancement des activités pour que d'autres s'effectuent durant les périodes hors pointe;
 - les améliorations de procédé qui réduisent les besoins en courant électrique;
 - la négociation, si le service public le permet, pour une période de réglage de demande de 60 minutes, au lieu d'une période de 15 minutes.
- Contrôlez l'appel de puissance par des contrôleurs à cet effet – des dispositifs qui réduisent les pointes éventuelles et font en sorte que les activités de la brasserie ajoutent de la charge aux points faibles. Si vous disposez déjà d'un contrôleur de l'appel de puissance, examinez sa fonction par rapport à une fréquence des crêtes du facteur de charge. On peut également contrôler l'appel de puissance en échelonnant les activités et en faisant appel à des blocs d'alimentation de nouvelle génération, qui peuvent partager la puissance entre les centres afin de contrôler de manière efficace l'appel de puissance.

Pour atteindre un bon appel de puissance, trouvez une charge substantielle que l'on peut mettre hors ligne instantanément sans créer de dérèglement ou de retard intolérable de production.

Figure 7-1 : Délestage

Figure 7-2 : Déplacement de la charge


71

- Frais de facteur de puissance** – C'est la pénalité que l'entreprise d'électricité impute aux clients pour la médiocre utilisation du courant fourni; il s'agit d'une mesure d'efficacité. Elle s'exprime par un ratio du courant qui passe à travers un circuit (apparement fourni, en kVA), par rapport au courant réel utilisé (travail effectué, en kW). Les services publics pénalisent les clients dont le facteur de puissance est inférieur à un niveau précisé, habituellement 90 p. 100. La déréglementation a affecté cette pénalité.

La pénalité du facteur de puissance passe souvent inaperçue quand l'appel de puissance est facturé en kVA, plutôt que selon le niveau maximal de kW.

Parfois, les kVA sont utilisés comme frais de capacité. Il s'agit de frais prévus comme paiement pour les coûts d'approvisionnement du service à l'emplacement, et ils représentent l'appel de puissance maximal du système d'approvisionnement.

On peut améliorer le facteur de puissance par :

- le contrôle des articles qui engendrent des charges inductives, comme les transformateurs, les ballasts d'éclairage, les moteurs à induction électrique (en particulier ceux qui sont sous-chargés), etc., lesquels réduisent le facteur de puissance;
 - l'installation de condensateurs dans le système électrique; il importe de surveiller l'harmonie provenant des autres équipements qui peuvent déclencher ou détruire la protection.
- Incitatifs** – Par exemple, offrir divers tarifs pour des blocs de consommation basés sur l'appel de puissance (p. ex., 9 ¢/kWh pour les 100 000 premiers kWh x appel de puissance, 6 ¢/kWh pour le bloc suivant, etc.). Cela peut pénaliser les entreprises à un seul quart de travail et celles qui ont un facteur de puissance médiocre. (Le facteur de puissance est la consommation mensuelle divisée par le produit de l'appel de puissance maximale et les heures de la période de facturation.)

À d'autres périodes, les services publics peuvent offrir de meilleurs tarifs pour les heures hors pointe afin d'amener la brasserie à déplacer ses activités (p. ex., la réfrigération).

Les moyens d'économiser :

- examinez votre facture d'électricité et essayez de renégocier;
- examinez les facteurs économiques d'un calendrier de production différent.

La plupart des entreprises industrielles et commerciales sont facturées suivant un calendrier de tarification d'électricité à service général, dans lequel le client est facturé pour l'appel de puissance de crête (kW/kVA) et la consommation d'énergie (kWh). La plupart des structures tarifaires à service général imposent également des pénalités financières aux usines dont le facteur de puissance est bas.

Certains services publics offrent désormais à leurs grands clients la tarification en temps réel, un programme par lequel, chaque jour, le service public donne au client les tarifs proposés pour chaque heure de la journée suivante.

La tarification en temps réel permet au client de prévoir ses activités à consommation élevée durant les heures du jour à coût faible pour ainsi épargner grandement.

Il existe des applications logicielles pour évaluer les coûts énergétiques dans diverses situations afin de vous aider à en arriver à la meilleure utilisation possible, suivant les contraintes opérationnelles imposées par des facteurs comme les exigences des appareils. Pour en savoir plus au sujet des logiciels et des outils d'analyse offerts, consultez votre service public d'électricité (également, voir les PGE ci-dessous).

On estime que les économies de coût potentielles de l'électricité atteintes grâce au contrôle de l'appel de puissance ou l'ordonnancement sont quatre fois supérieures à celles que permet la conservation de l'énergie.

Songez à vous procurer l'un des programmes de prévision « intelligents » de gestion axée sur la demande (GAD) disponibles sur le marché. La GAD consiste à installer des dispositifs efficaces pour réduire ou gérer la puissance électrique ou la demande de crête. (Remarque : les programmes de GAD sont également offerts pour l'utilisation du gaz naturel, par exemple.) Un réseau de compteurs électriques en ligne permet de recueillir des données en temps réel des compteurs, et le système de gestion de l'énergie informatisé peut prédire et contrôler l'appel de puissance électrique. Dès que l'appel de puissance s'approche des objectifs prédéfinis, les opérations non essentielles sont coupées et conservées afin de réduire l'appel de puissance de crête.

Les brasseries du Canada achètent leur électricité auprès de services publics, à l'exception d'une seule brasserie qui a recours à la production d'électricité sur place.

Étude de cas : mise en pratique du contrôle de la puissance appelée

En imputant aux clients des pénalités mensuelles pour la puissance maximale appelée, les entreprises d'électricité les encouragent à éviter le plus possible les variations brusques pendant leurs activités d'exploitation. Les coûts pour maintenir des réserves suffisantes afin de pouvoir faire face aux variations de l'appel de puissance, comme la loi l'impose aux entreprises d'électricité, sont importants. Les entreprises d'électricité surveillent habituellement la puissance utilisée dans une usine pendant des périodes consécutives de 15 ou 30 minutes au cours du mois. La puissance maximale appelée exprimée en kilowattheures est alors sélectionnée et détermine le tarif de l'unité de puissance qui s'applique à la période choisie (en général pendant la journée).

Les appels de puissance de crête sont causés par divers facteurs, comme nous l'expliquons dans plusieurs sections du présent guide. Les principaux facteurs à l'origine de ces pointes sont la mise en marche de gros moteurs et de nombreux moteurs de tailles différentes au cours d'une même période de 15 minutes. En effet, lors de la mise en marche, les moteurs électriques peuvent utiliser entre 5 et 7 fois leur courant de pleine charge. Ces variations de courant se poursuivent jusqu'à ce que le moteur tourne à plein régime. Les variations relatives aux moteurs à pleine charge peuvent durer de 30 secondes à 2 minutes, **d'où l'importance d'un démarrage sélectif et progressif de la chaîne de conditionnement et d'emballage le matin, et de l'utilisation synchronisée du matériel énergivore pendant les périodes hors pointe.**

Solutions : la gestion de la mise en marche en séquence peut être assistée par des solutions informatiques. Citons, par exemple, les séquenceurs de systèmes de climatisation et de mise sous tension sans appel de courant sur les gros moteurs, particulièrement efficaces pour réduire la puissance maximale appelée de presque 100 p. 100. Quel que soit le cas, l'installation d'un indicateur de maximum avec sortie imprimée (ou récepteur de télémessure) est un outil indispensable pour réguler l'appel de puissance de crête.

La variation de l'appel de puissance due à la mise en marche d'un moteur à pleine charge s'évalue à l'aide de l'équation :

VP = variation de l'appel de puissance, kW

N = taille du moteur, kW

f = augmentation du courant pendant la mise en marche (p. ex., 6 fois)

ΔT = période pendant laquelle le courant est débité (p. ex., 1,5 minute)

T = période pendant laquelle les entreprises d'électricité évaluent l'appel de puissance, en minutes

Tr = temps qui reste pendant la période d'évaluation ($T - \Delta T$)

La réduction de la variation de l'appel de puissance résultant de l'installation d'un dispositif de mise sous tension sans appel de puissance permet de générer des économies dont le montant est égal à la différence (VP - N).

En matière de dollars, les économies seront calculées selon la formule :

$\text{É} = R \times (\text{DC}/\text{kW-mois}) \times \text{AM}$:

É = économies mensuelles, \$/an

R = réduction moyenne de l'appel de puissance, %

DC = frais d'appel de puissance de crête, \$

AM = appel de puissance moyen

Résultats : dans le cas d'une usine où l'appel de puissance moyen est de 959 kW et où les frais d'appel de puissance de crête s'élèvent à 13,60 \$/kW, en prenant pour hypothèse que l'appel de puissance de crête puisse être réduit de 15 p. 100 environ grâce à un contrôle rigoureux, les économies annuelles atteignent 23 600 \$.

Pour un indicateur de maximum avec sortie imprimée de 3 750 \$, la période de récupération est de 0,2 an seulement.

Électricité : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts

- *Faites participer tous les employés – les efforts de conservation d'électricité doivent être répartis largement et obtenir le soutien des opérateurs. Il faudrait procéder à une campagne de sensibilisation dès le début.*
- *Passez en revue l'ordonnancement des activités de la brasserie à l'égard des facteurs en cause dans le coût de l'électricité qu'elles consomment.*
- *Fixez une base de consommation électrique durant les fermetures d'usine, le jour de la fête du Travail, le jour de l'Action de grâce, etc., pour suivre l'utilisation de l'énergie.*
- *Suivez et décelez les tendances de la consommation d'énergie en fonction des jours de production et des autres jours pour déceler les gaspilleurs d'énergie. Élaborez ensuite des procédures et des listes de contrôle de fermeture pour vous assurer que les arrêts d'équipement se produisent.*
- *Repérez les équipements énergivores (p. ex., les compresseurs de réfrigération et les compresseurs d'air) et dressez-en la liste en indiquant le pourcentage de la consommation d'électricité totale qu'ils mobilisent.*
- **Pensez à :**
 - *Échelonner la mise en marche des équipements énergivores ou réaménager l'horaire de production de façon à réduire la puissance appelée. Ainsi, ne pas mettre en marche tous les appareils de l'unité de conditionnement quand le quart de travail commence; les mettre plutôt en marche selon le besoin et les arrêter aussitôt la tâche terminée.*
 - *Effectuer le chargement des batteries, le remplissage des réservoirs d'eau, et exécuter les autres activités consommatrices d'énergie moins urgentes pendant les périodes hors pointe.*
 - *Vous assurer de fermer, même brièvement, les autres charges non essentielles pendant les périodes de pointe, comme les aérateurs dans la station d'épuration des eaux usées, les appareils de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC), la réfrigération dans la chambre à levure et dans les cuves d'entreposage, la réfrigération qui fonctionne dans des conditions de forte inertie thermique, c'est-à-dire quand un long délai s'écoule avant qu'un changement de température d'une grande masse se produise, comme c'est le cas pour les grands réservoirs de bière réfrigérée, etc.*
 - *Vérifiez que les moteurs sont bien dimensionnés pour le travail à effectuer.*
- **Installez des commandes automatiques de fermeture de l'équipement lorsque celui-ci n'est pas nécessaire.**
- *Fermez tous les appareils lorsqu'ils ne sont pas nécessaires (p. ex., lors des heures de déjeuner, des changements de quart et des fins de semaine).*
- *Fermez toutes les lumières lorsqu'elles ne sont pas nécessaires.*

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Envisagez d'installer des commutateurs à cellule photoélectrique et des commutateurs à détecteur de présence là où c'est possible (salles de conditionnement, corridors, caves, entrepôts, éclairage extérieur, etc.).</i> • <i>Passez en revue les antécédents de grillage des moteurs et cherchez à savoir si les circuits dans la brasserie ont besoin d'être mis à niveau.</i> • <i>Entretenez et étalonnez les commandes automatiques sur tous les équipements.</i> • Contrôlez la distorsion harmonique passivement en amont; précisez-le dans les normes d'acquisition des nouveaux équipements. • <i>Servez-vous du service public comme d'une ressource : ses représentants peuvent vous faire des suggestions quant aux autres solutions de réduction de l'appel de puissance, aux points où disposer des compteurs et à la façon de mesurer la consommation. Ils peuvent aussi vous prêter un analyseur de charge.</i> • <i>Demandez à votre service public de vous fournir un profil de charge.</i> • Demandez à votre service public de vous conseiller sur la façon de réduire votre consommation et votre appel de puissance de crête, et d'améliorer votre facteur de puissance. • <i>Demandez aux administrations fédérale, provinciale ou municipale et à votre service public des renseignements sur les mesures incitatives et les programmes financiers offerts pour la modification ou le remplacement d'équipement.</i> • <i>Envisagez l'installation d'un appareil d'analyse des appels de puissance sur le tableau électrique de la brasserie en vue d'obtenir un profil de charge et des principales utilisations, afin de tirer profit des meilleurs tarifs. Comparez les résultats en prenant en considération le barème des taux et les coûts annuels. Examinez différents scénarios possibles pour arriver à des résultats optimaux.</i> • <i>Songez à effectuer des inspections thermographiques de la brasserie pour repérer les pertes de chaleur, mais également pour détecter les points chauds électriques, p. ex., dans les couplages et les contacts qui indiquent des sources de perte mécanique.</i>
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacez l'équipement commandé par un équipement au meilleur rendement énergétique. • Remplacez les moteurs électriques standard, en particulier les gros moteurs, par des moteurs à rendement élevé lorsque le remplacement est nécessaire. • Si possible, remplacez les vieux moteurs électriques usés par de nouveaux moteurs à haut rendement, et ajoutez cet élément à votre politique d'achat. • Installez des variateurs de vitesse, des options de mise sous tension sans appel de courant et des commandes améliorées sur les moteurs électriques. • Dans les systèmes de pompage, réduisez au minimum le ravitaillement par des conduites de dérivation, lequel s'avère onéreux et peu rentable. • Faites passer le facteur de puissance à 0,95 et plus. Le facteur de puissance est le cosinus de l'angle par lequel le courant et le voltage diffèrent. Réduisez la pénalité imposée par l'entreprise d'électricité pour les opérations inefficaces en effectuant ce qui suit : <ul style="list-style-type: none"> • Remplacez les moteurs à induction légèrement chargés par des moteurs ayant la taille appropriée pour la tâche. • Installez des condensateurs. Les condensateurs produisent un facteur de puissance en avance qui contrebalance le facteur de puissance inductif de l'équipement. Ils peuvent être posés sur un équipement individuel ou comme unité à étages multiples afin de contrôler une partie ou l'ensemble du système de distribution.

	<ul style="list-style-type: none"> • Par des inspections périodiques, vérifiez si les condensateurs fonctionnent comme ils le devraient. La période de récupération de cet investissement est d'environ 18 mois. • Envisagez d'installer un logiciel de délestage électrique dans le centre de gestion de l'énergie. (Le logiciel agit comme un outil de gestion de l'électricité et des procédés. Il surveille l'utilisation du courant instantanément et le rajuste en fonction du niveau maximal de courant utilisable. Il régit la consommation au moyen d'un automate programmable. Il peut exprimer l'utilisation réelle et prévue du courant en kWh, et également en matière de coûts; p. ex., le logiciel PowerPlusReporter®; des programmes de gestion de l'environnement et de l'énergie de la société E2MS).
Éléments à coûts importants	<ul style="list-style-type: none"> • Examinez la possibilité d'installer une génératrice à moteur thermique d'appoint et de l'utiliser plusieurs heures par jour pour abaisser l'appel de puissance de crête, en particulier l'hiver. Les économies tarifaires peuvent être importantes. • Installez un système automatique et informatisé pour réguler et surveiller la consommation d'énergie électrique et thermique (particulièrement dans les grandes brasseries); utilisez-le pour appliquer la technologie du contrôle continu et de l'établissement des objectifs (CCEO). • Avant de mettre en œuvre un système de gestion de l'énergie, choisissez-en un ayant une capacité à la fois d'analyse et de rapport. • Songez à remplacer les condensateurs électriques par des circuits de résonance LRC, dimensionnés pour chaque équipement et chaque charge électrique, afin de contrôler le facteur de puissance pour obtenir des économies améliorées.

7.2.1 Sources d'énergie électrique de remplacement

Vous trouverez ci-après des exemples de sources d'énergie non traditionnelles qui gagnent en popularité à l'échelle mondiale. Il s'agit d'une liste non exhaustive; une énumération détaillée de chacun de ces modes excéderait la portée du présent guide. Des technologies spécifiques visant l'exploitation de telles sources d'énergie de remplacement (p. ex., éolienne, solaire, géothermique, biogaz et biomasse), bien que récentes dans la plupart des cas, ont déjà démontré leur viabilité. Il s'agit d'une tendance émergente émanant des directives gouvernementales à l'échelle mondiale dans le cadre de la politique d'état qui vise à inciter les industries à ménager les sources d'énergie traditionnelles au profit des sources d'énergie renouvelables.

Le fait d'envisager l'utilisation de sources d'énergie renouvelables ne concerne pas uniquement les brasseries de grande envergure. Déjà, un petit brasseur canadien pèse les pour et les contre en ce qui a trait à l'installation de panneaux **d'énergie solaire électrique** et de pompes **géothermiques**.

Les sources d'énergie de remplacement sont déjà utilisées par la Sierra Nevada Brewing Company (SNBC), une petite brasserie située aux États-Unis. Bien que les brasseries canadiennes ne dépendent pas des mêmes conditions et du même climat, elles peuvent toutefois apprendre de leurs voisins, comme l'indique cette communication datée de mai 2010 :

« On peut être en mesure de produire toute l'énergie verte du monde mais, si cette énergie n'est pas utilisée de façon efficace, on perd alors l'objectif de vue. La Sierra Nevada Brewing Co. (SNBC) saisit l'essence de cette réflexion et priorise l'importance du rendement énergétique. De nombreux projets et installations au sein de la brasserie favorisent l'amélioration de son rendement énergétique.

Récupération de chaleur

La SNBC a instauré une multitude d'applications de récupération de chaleur dans tous les procédés liés au brassage de la bière, et ce, afin de profiter du transfert de chaleur d'un procédé vers un autre. Des unités de récupération de chaleur sont installées sur les chaudières à moût, sur les chaudières et sur chacune des unités de pile à combustible, et des échangeurs à plaques sont présents dans toute la brasserie pour transférer la chaleur générée par le refroidissement du produit. Actuellement, l'eau d'appoint de la chaudière compte pour environ 15 p. 100, et 85 p. 100 du condensat et est récupéré.

Autres dispositifs d'efficacité

Des minuteries, des capteurs de lumière ambiante et des détecteurs de présence sont placés à des endroits stratégiques. Dans certains cas, un détecteur de présence est combiné à un capteur de lumière ambiante pour plus d'efficacité. Les ballasts et les luminaires ont été modernisés afin d'être le plus efficace possible, des puits de lumière ont été installés dans la brasserie afin de profiter de la lumière naturelle, des logiciels ont été ajoutés aux ordinateurs afin de surveiller la consommation d'énergie et de fermer les ordinateurs qui ne sont pas utilisés pendant une période prédéterminée.

Surveillance

Les systèmes solaires, les quatre piles à combustible, l'électricité achetée auprès d'un service public et l'électricité revendue au réseau lors de périodes de surproduction sont tous des éléments qui font actuellement l'objet d'une surveillance. En suivant la production et la consommation d'énergie en temps réel, nous sommes en mesure de constater les pointes et les creux relatifs à l'utilisation de l'énergie et de mieux nous préparer aux appels de puissance de crête. Nous avons prévu entamer la surveillance des plus importants points de consommation de charge au sein de l'usine de sorte à favoriser le délestage des charges lors des heures de pointe, moment où l'électricité est la plus dispendieuse.

Énergie solaire

En décembre 2008, la SNBC a terminé l'implantation d'une des plus importantes installations solaires de propriété privée aux États-Unis. Le système solaire comporte deux agencements : le parc de stationnement en élévation et la toiture. Celui-ci peut produire un total de 1,9 MW d'électricité en courant continu grâce à 10 000 panneaux photovoltaïques.

- Le parc de stationnement en élévation a été mis en service en septembre 2007. Il comporte 2 288 panneaux SunPower de 225 watts et génère un apport d'électricité potentiel de 503 kW en courant continu. Ce système est pourvu d'un mécanisme de poursuite du soleil qui suit les mouvements du soleil dans le ciel, rehaussant son efficacité de 30 p. 100 par rapport à un système fixe.
- La toiture a été mise en service en décembre 2008 et comprend 7 688 panneaux Mitsubishi de 185 watts. Le système est en mesure de fournir à la brasserie 1,42 MW d'électricité additionnel en courant continu.
- Le toit de la garderie de la SNBC possède 28 panneaux, lesquels fournissent la majeure partie de l'électricité nécessaire à son exploitation. Un système de 14 kW comprenant 76 panneaux est également installé sur le toit de l'installation de transfert sur voie ferrée de la SNBC.

Piles à combustible

En 2005, la Sierra Nevada constituait la première brasserie à l'échelle mondiale à installer des piles à combustible à l'hydrogène. L'installation sur place consiste en quatre unités de pile à combustible de 300 kW qui peuvent produire ensemble 1,2 MW d'électricité. Les piles à combustible sont alimentées au gaz naturel et peuvent fonctionner en circuit fermé grâce au biogaz généré par la station de traitement des eaux usées (déchets) de la Sierra Nevada. Le processus d'alimentation des piles à combustible par l'entremise du biogaz fait l'objet de travaux en cours. L'installation de piles à combustible fournit près de 60 p. 100 de l'énergie totale nécessaire à la brasserie et s'avère plus efficace dans une proportion de 15 p. 100 grâce à l'installation d'unité de récupération de chaleur générée par la vapeur sur chacune des piles.

Biogaz

La SNBC possède une station de traitement des eaux usées sur place, laquelle traite toute l'eau issue des procédés liés au brassage. Le processus de traitement comprend un digesteur anaérobie qui produit un biogaz riche en méthane. La SNBC a installé un équipement afin de recueillir le biogaz pour son réemploi. À l'heure actuelle, la SNBC utilise le biogaz dans son système de chaudières et envisage l'emploi du gaz dans les piles à combustible. L'emploi du biogaz produit sur place, pratiquement gratuit, réduit la quantité de gaz naturel requis et, du même coût, les factures de services publics. »

La SNBC n'est plus seule. Une autre brasserie, la New Belgium Brewing Company de Ft. Collins au Colorado s'est elle aussi convertie aux « technologies vertes » pour répondre à ses besoins énergétiques.

Les brasseurs canadiens peuvent envisager ces technologies, de même que d'autres technologies semblables, en fonction des conditions locales, des options technologiques et financières (et du financement) et des programmes incitatifs gouvernementaux émergents.

7.3 SYSTÈMES DE CHAUDIÈRES

En général, les brasseries canadiennes utilisent des chaudières à vapeur, car la vapeur est l'agent de transfert de chaleur qu'elles privilégient. Un kg de vapeur à 3,0 bars (à 143,6 °C) contient 2 133 kJ d'énergie quand il se condense en eau, tandis que l'énergie utilisable par kg d'eau chauffée, par exemple à 140 °C et refroidie à 120 °C dans le processus de chauffage, est de seulement 85,8 kJ.

Divers types de chaudières à vapeur sont utilisés dans les grandes brasseries. Les microbrasseries ou les pubs qui brassent de la bière utilisent des chaudières à vapeur allant d'une capacité de quelques centaines de kilos jusqu'à 3 000 kg de vapeur par heure (75 kW à 2,5 MW). Les plus grandes brasseries, qui ont un système décentralisé de distribution de vapeur fournissant de la vapeur localement, peuvent aussi tirer profit de l'utilisation de générateurs de vapeur. La conception des chaudières, leur entretien et les améliorations éconergétiques requièrent des compétences spécialisées, et il est préférable de les confier à l'expertise de fournisseurs fiables. Il est également recommandé d'avoir recours à des gens compétents lorsqu'on pense à effectuer des modifications techniques ou opérationnelles à un système.

Dans les brasseries canadiennes, le coût des combustibles nécessaires au fonctionnement des installations de chaudières représente une proportion importante de la facture totale d'énergie. Par conséquent, il est important et rentable de se concentrer sur des moyens de rendre plus efficace et moins coûteux le fonctionnement des chaudières et la distribution de la vapeur.

Entre 23 et 25 p. 100 de l'apport énergétique total des combustibles se perd durant le fonctionnement d'une chaudière : en général 4 p. 100 dans l'enveloppe de la chaudière, 18 p. 100 dans les gaz de combustion et 3 p. 100 sous forme de vidange. Entre 75 et 77 p. 100 de l'énergie thermique se retrouve dans la vapeur produite, et ce chiffre représente l'efficacité thermique de la chaudière.

7.3.1 Efficacité des chaudières

Lorsque vous tentez de réduire la consommation de gaz ou de mazout, concentrez-vous d'abord sur la mise au point du procédé. Avez ensuite vos efforts sur la récupération de la chaleur résiduaire issue des gaz de combustion.

Il existe une distinction subtile entre l'efficacité énergétique et la sécurité lorsqu'il s'agit de fournir le moins d'air possible au brûleur. En théorie, lors de la combustion, la molécule de combustible est entièrement décomposée afin de produire le dioxyde de carbone (CO_2) et la vapeur d'eau. En pratique, de sorte à assurer la combustion complète du carburant, il faut faire passer plus d'air dans l'appareillage de combustion, aussi moderne et bien équipé qu'il soit. L'excès d'air a un effet bénéfique sur l'accélération du mélange de combustible et d'air et fournit au combustible l'oxygène nécessaire à la combustion. De même, il prévient les situations où le combustible non brûlé crée des conditions potentiellement explosives à l'intérieur de la chaudière. En revanche, l'excès d'air favorise la perte d'énergie par la cheminée.

Voici une méthode simple et directe pour calculer l'efficacité de la chaudière :

1. Mesurez le débit de vapeur (par lb ou par kg) pendant une période donnée, par exemple, pendant une heure. Si possible, utilisez les relevés d'un intégrateur-vapeur.
2. Mesurez le débit du combustible pendant la même période donnée. Utilisez un intégrateur de gaz ou de mazout, ou déterminez la masse du combustible solide utilisé.
3. Convertissez le débit de vapeur et de combustible à des unités énergétiques identiques, par exemple Btu ou kJ.
4. Calculez l'efficacité à l'aide de l'équation suivante : efficacité = (énergie de la vapeur : énergie du combustible) x 100.

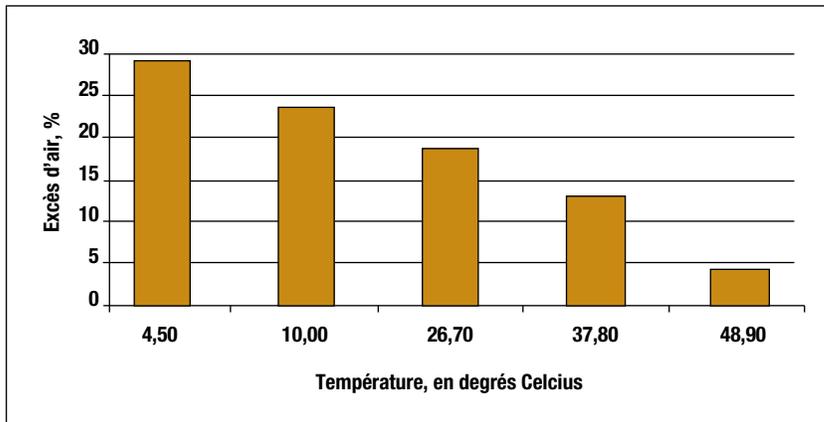
Puisque notre objectif est de rehausser le rendement énergétique des chaudières, il serait utile d'examiner les principales causes de pertes thermiques dans le fonctionnement d'une chaudière.

L'importance de la perte de chaleur dans les gaz de combustion dépend de l'excellence de la combustion; il est donc possible de la maîtriser. La perte de chaleur des gaz de combustion peut être réduite par l'installation et l'entretien appropriés du brûleur, par l'obtention d'un mélange maximal d'air et de combustible et par le contrôle d'air comburant et de la température de l'air dans les limites de variation optimale. La combustion incomplète produit de l'oxyde de carbone (CO). De la suie peut se déposer sur la surface exposée au feu de la chaudière, ce qui en diminue encore l'efficacité. Quand le combustible n'est pas complètement brûlé, de la fumée sort de la cheminée.

Les brûleurs sont toujours réglés de sorte à fournir une quantité d'excès d'air dans le gaz de combustion. Un excès d'air produit entraîne une perte de chaleur; la réduction du niveau d'oxygène dans le gaz de combustion réduirait les pertes.

Il faut bien comprendre que le ratio air-gaz consiste en un indice de masse et non de volume. Il faut par conséquent le contrôler en « kg par kg ». De cette façon, les contrôles du brûleur devraient compenser les variations saisonnières liées à la température, et idéalement les variations jour/nuit. L'effet de la température de l'air sur l'excès d'air dans le gaz de combustion peut s'avérer important, comme le démontre la figure 7-3 ci-après.

Figure 7-3 : L'effet de la température de l'air sur le niveau d'excès d'air



En règle générale, une réduction de l'O₂ de 1 p. 100 correspond à une amélioration de l'efficacité de l'ordre de 2,5 p. 100. Le contrôle de l'excès d'air constitue l'outil le plus précieux pour un opérateur afin de gérer le rendement énergétique et les émissions atmosphériques d'un système de chaudières.

Les écarts de pression et de température peuvent être corrigés par des systèmes perfectionnés de régulation d'air et de combustible, lesquels sont souvent onéreux. Pour éviter une telle dépense, on a souvent recours à des systèmes plus simples, moins précis et réglés à des marges plus grandes d'excès d'air. Puisque ces systèmes ne peuvent pas assurer un fonctionnement optimal continu, il serait profitable d'évaluer l'intérêt à investir dans un système de contrôle haut de gamme.

Le monoxyde de carbone est un indicateur sensible de combustion incomplète dont les concentrations devraient se situer entre zéro et quelques dizaines de parties par million (ppm) par volume, au lieu de correspondre à la limite environnementale habituelle de 400 ppm. Chaque chaufferie devrait être équipée d'analyseurs étalonnés avec précision pour mesurer l'O₂, le CO et les NO_x.

Le contrôle de la perte de chaleur lors des vidanges dépend aussi de la qualité de l'eau d'appoint, c'est-à-dire, principalement, des matières solides en solution qu'elle contient, de la quantité de condensat non contaminé retourné à la chaudière et du régime de vidange utilisé. Le contrôle des vidanges peut être fait en ouvrant manuellement une soupape pendant un certain temps à intervalles, selon l'expérience ou l'analyse de l'eau de la chaudière, ou de façon continue. Ce contrôle peut également se faire à l'aide d'une soupape commandée par une minuterie ou, encore, automatiquement à partir de la vérification des matières solides en solution à l'aide, notamment, d'un compteur de conductivité. Il est évident que la dernière méthode, avec une protection appropriée, réduit au minimum les pertes de chaleur de la vidange.

Un exemple des coûts d'une piètre gestion des vidanges

Envisagez une chaudière à vapeur de 50 000 lb/h de 125 psig. L'eau de purge contient 330 Btu/lb. Si le dispositif de purge en continu est réglé à la valeur habituelle de 5 p. 100 de l'évaluation maximale de la chaudière, le débit de purge serait de 2 500 lb/h, contenant 825 000 Btu. La perte thermique correspond à 825 pi³/h ou jusqu'à 168 000 m³/an de gaz naturel (à 300 jours d'activité par année et 0,45 \$/m³, une valeur approximative de 75 600 \$).

7.3.2 Impacts environnementaux liés à la combustion de la chaudière

Il importe de faire brièvement mention des impacts environnementaux de la combustion de la chaudière. Ils sont aussi exposés dans la [section 7.1 sous Combustion](#), et sont examinés en détail dans le guide intitulé « *Amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage* » de RNCan.

La chaufferie d'une brasserie présente un défi à deux volets. Le premier volet, d'ordre économique, consiste à obtenir le meilleur rapport de qualité du budget destiné au combustible. L'autre volet, d'ordre environnemental, consiste à maintenir les émissions au niveau le plus bas possible afin de rester dans les limites prescrites par les règlements. Heureusement, ces deux objectifs se rejoignent. Le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) a publié des lignes directrices pour les émissions de NO_x des nouveaux systèmes de chauffage (tableau 7.2) présentées ci-après.

Les lignes directrices fournissent des limites supérieures pour les équipements qui peuvent démontrer une efficacité accrue et qui, par conséquent, brûlent moins de combustible. L'application des lignes directrices constitue une responsabilité provinciale, et les provinces peuvent fixer des limites plus strictes. Veuillez lire les lignes directrices du CCME (www.ccme.ca/publications/ceqg_rcqe.html) afin de connaître dans quelle mesure elles s'appliquent à une chaudière en cours de modification ou à la remise en état d'une chaudière. Il est tout aussi important de connaître les conséquences lorsque la brasserie possède un équipement moins moderne. Les stratégies visant la conformité avec la réglementation en matière de NO_x, lesquelles vont au-delà de la portée du présent guide, figurent dans le document de RNCan intitulé « *Amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage* » (oee.nrcan.gc.ca/node/7900 ou www.energysolutionscenter.org/boilerburner/Primer/PrimerFrameSet.htm).

Le tableau 7-2 présente les lignes directrices pour les émissions de NO_x des nouveaux systèmes de chauffage et le tableau 7-3 illustre les émissions de NO_x courantes sans équipement de contrôle.

Tableau 7-2 : Lignes directrices pour les émissions de NO_x des nouveaux systèmes de chauffage du CCME*

Capacité d'alimentation	Limite d'émission de NO _x , g/GJ** et (ppm à 3 % O ₂)***	
	10,5 à 105 GJ/h (10 – 100 millions Btu/h)	Supérieure à 105 GJ/h (>100 millions Btu/h)
Gaz naturel	26 (49,6)	40 (76,3)
Mazout distillé	40 (72,3)	50 (90,4)
Huiles résiduelles contenant moins de 0,35 % d'azote	90 (162,7)	90 (162,7)
Huiles résiduelles contenant plus de 0,355 % d'azote	110 (198,9)	125 (226,0)

* Conseil canadien des ministres de l'Environnement

** g/GJ = grammes de NO_x émis par gigajoule d'alimentation en combustible

*** ppm = parties par million par volume, corrigées à 3 % O₂ dans les gaz de combustion (10 000 ppm = 1 %)

Pour corriger les ppm de NO_x à 3 % O₂ :
$$\text{NO}_x \text{ à } 3\% \text{ O}_2 = (\text{NO}_x \text{ mesuré} \times 17,9) : (20,9 - \text{O}_2)$$
 où O₂ est l'oxygène mesurée dans le gaz de combustion, base sèche

Pour convertir les ppm de NO_x à 3 % O₂ à g/GJ :
 Pour le gaz naturel, g/GJ = ppm : 1,907
 Pour le mazout, g/GJ = ppm : 1,808

Tableau 7-3 : Émissions courantes de NO_x sans équipement de contrôle de NO_x

Type de combustible et de chaudière	Émissions courantes de NO _x ppm à 3 % O ₂
Gaz naturel	
Tube de fumée	75-115
Tube d'eau préfabriqué	40-90
Tube d'eau sur place	45-105
Huile n° 2	
Tube de fumée	70-140
Tube d'eau préfabriqué	90-150
Tube d'eau sur place	40-115
Huile n° 4	
Tube d'eau préfabriqué	160-310
Tube d'eau sur place	140-190
Huile n° 6	
Tube d'eau préfabriqué	200-360
Tube d'eau sur place	190-330

Récupération de chaleur dans la chaufferie

Même avec des brûleurs bien réglés, la température de sortie du gaz de combustion peut normalement osciller entre 175 °C (~ 350 °F) et 260 °C (~ 500 °F). Il s'agit du meilleur moyen de récupérer la chaleur. On peut avoir recours aux échangeurs de chaleur pour le préchauffage de l'eau d'alimentation de la chaudière (appelés économiseurs) ou de l'air comburant (appelés réchauffeurs d'air) de sorte à augmenter l'efficacité globale de la chaudière de l'ordre de 3 à 4 p. 100. Grâce aux économiseurs à condensation, les rendements globaux des chaudières peuvent être supérieurs à 90 p. 100. Le recours aux thermopompes peut rehausser davantage l'efficacité de la récupération de chaleur.

La chaleur peut également être récupérée à partir de la vidange, laquelle est normalement déversée dans les égouts. L'installation d'échangeurs d'air peut favoriser la récupération de la chaleur sensible pour le chauffage de l'eau d'appoint de la chaudière et des éléments du même genre.

Étude de cas : Préchauffage de l'air comburant avec la chaleur perdue par les corps de cheminée

Une chaudière à gaz naturel de 300 HP aspirait l'air de l'extérieur, ce qui entraînait une consommation inutile de combustible pour chauffer l'air utilisé. La chaudière consommait 56 787 calories par an et fonctionnait à 82 p. 100 de son rendement. Un récupérateur de chaleur de haute qualité pouvait récupérer 60 p. 100 de la chaleur perdue, soit 6 133 calories par an. À 0,95312 \$ la calorie, les économies annuelles totalisaient 5 846 \$.

Pour le gaz naturel, les calculs s'effectuent selon la formule :

$$\dot{E} = \dot{E}C \times (1 - \eta) \times \dot{E}R :$$

\dot{E} = économies réalisées, \$/an

$\dot{E}C$ = énergie consommée, cal/an

η = rendement de la chaudière, en pourcentage

$\dot{E}R$ = énergie récupérée par le récupérateur, en pourcentage

Résultats : le coût d'installation du récupérateur était de 19 980 \$ et la période de récupération était de 3,4 ans. Cependant, la période de récupération pourrait être réduite de façon importante en augmentant la durée d'utilisation et le nombre de quarts pour augmenter la production.

Étude de cas : Mise en œuvre d'une vérification et d'un réglage de la combustion d'une chaudière à gaz à intervalles réguliers

La combustion excessive de l'air de la chaudière de 300 HP dont il est question dans l'étude de cas précédente produit 6,2 p. 100 d'oxygène dans le gaz de combustion et s'effectue à une température de 20 °C. Pour une exploitation optimale de la chaudière, l'excès d'oxygène ne devrait pas dépasser 2 p. 100, soit l'équivalent de 10 p. 100 d'excès d'air, ce qui, dans le cas de cette chaudière, permettrait de réaliser des économies de combustible de 3 p. 100.

Résultats : en utilisant les données de l'étude de cas précédente et en reportant les données relatives à l'excès d'air (en pourcentage) à la température des corps de cheminée, aux économies de combustible (en pourcentage) et au pourcentage d'oxygène par rapport à l'excès d'air, il est possible de calculer le montant des économies réalisables. Ces économies s'établiraient à 1 083 \$ par an. Avec l'achat d'un analyseur de gaz de combustion de 750 \$, la période de récupération était de 8,2 mois.

Efficacité des chaudières : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gardez votre chaudière propre – enlevez les dépôts sur les parois des tuyaux exposés aux flammes. Cet encrassement réduit le transfert de chaleur de façon considérable : une couche de suie de 0,8 mm seulement entraîne une réduction du transfert de chaleur de 9,5 p. 100, et une couche de 4,5 mm provoque une réduction de 65 p. 100. En conséquence, la température des gaz de combustion augmente, tout comme le coût de l'énergie, et ce, en raison des pertes d'énergie.</i> • <i>Maintenez les mécanismes d'enlèvement de la suie en bonne condition (p. ex., les systèmes de soufflerie, les brosses, les lances d'arrosage manuelles, etc.).</i> • <i>Mettez sur pied un programme de traitement chimique pour réduire l'entartrage et l'encrassement des surfaces de chauffe et la résistance de pompage. Une couche de tartre de 1 mm d'épaisseur augmente la consommation de combustible de 2 p. 100.</i> • <i>Analysez l'eau de la chaudière régulièrement afin de vérifier l'efficacité du traitement des eaux et de prévenir l'entartrage.</i> • <i>Évitez l'entrée d'air indésirable. Réglez la chaudière de sorte à atteindre le rendement optimal de combustion (ratio air-combustible). Un ratio insuffisant de combustible provoque la formation de suie et réduit les échanges thermiques sur la surface exposée au feu de la chaudière (s'il s'agit d'une chaudière à l'huile).</i>
---	--

- Évitez l'entrée d'air additionnelle dans la chambre de combustion.
- Vérifiez régulièrement le rendement énergétique de la chaudière et tenez des registres. (Un simple calcul consiste à convertir la quantité de combustible utilisée au cours d'une période donnée ainsi que la vapeur générée en unités d'énergie [kJ ou Btu]. L'efficacité de la chaudière est donnée par le coefficient des deux.)
- Vérifiez régulièrement les niveaux des émissions gazeuses d'oxygène et d'oxyde de carbone avec un analyseur de gaz d'échappement manuel (analyseur chimique d'Orsat) ou avec un analyseur automatique de gaz. Les niveaux d'oxygène devraient se situer à l'intérieur des variations suivantes :
 - Gaz naturel : 2,0 p. 100 min. et 2,7 p. 100 max.
 - Huile lourde : 3,3 p. 100 min. et 4,2 p. 100 max.
 - Huile légère : 2,3 p. 100 min. et 3,5 p. 100 max.
 - (Remarque : Les réglages ci-dessus sont caractéristiques des chaudières qui ne comportent pas d'équipement de combustion à faible excès d'air. Dans le cas du gaz naturel, il est possible d'atteindre une valeur minimale de 1,7 p. 100.)
- Rappelez-vous qu'une réduction de 10 p. 100 de l'oxygène excédentaire réduit les températures des gaz de combustion de 2,5 p. 100 et augmente l'efficacité de la chaudière de 1,5 p. 100!
- Gardez les niveaux et la fréquence des vidanges au minimum absolu après les vérifications régulières des niveaux de matière totale dissoute.
- Établissez un programme d'entretien pour le détartrage des deux côtés des interfaces d'échange thermique.
- Vérifiez la consommation de vapeur et échelonnez la charge pour éviter les augmentations subites d'appel de puissance.
- Dans les installations à chaudières multiples, ajustez l'utilisation des chaudières de façon optimale en fonction de l'horaire de production, des appels de puissance, du calendrier de production, du jour de la semaine et des saisons.
- Maintenez le réglage pour éviter la surchauffe.
- Maintenez la pression de la vapeur en tenant compte de l'appel de puissance; évitez l'excès de pression.
- Tentez de stabiliser les demandes de chauffage en révisant le calendrier de demande d'exploitation, de sorte à minimiser les variations de charge des chaudières et d'optimiser leur efficacité. Tentez de faire fonctionner les chaudières à pleine charge.
- Évitez le fonctionnement dynamique : vérifiez la logique de bouillage des bouilloires de la salle de brassage et le fonctionnement des robinets d'admission de vapeur.
- Réduisez la pression de vapeur (ou la température de l'eau) aux niveaux prescrits dans le cadre des processus – réglez l'approvisionnement en fonction de la demande et ne créez pas d'excédent (p. ex., si aucune activité de pasteurisation n'est en cours, réduisez la pression de vapeur et limitez-la aux exigences de la salle de brassage seulement).
- Optez pour le fonctionnement à basse pression pendant les périodes où la production est arrêtée ou utilisez une plus petite chaudière seulement.
- Condensez l'horaire de brassage dans les périodes de faible production pour éviter les arrêts et les mises en marche des grandes chaudières.
- En été, scellez les chaudières en fermant les robinets principaux : aucun chauffage n'est requis et aucune vapeur n'est distribuée, mais le fait de garder les chaudières chaudes augmentera considérablement la vie du chemisage de brique réfractaire et des tubes.

	<ul style="list-style-type: none"> • Assurez une désaération appropriée de l'eau d'alimentation de la chaudière en vérifiant et en entretenant les événements. • Étalonnez les appareils de mesure et faites la mise au point du système de régulation de la combustion de façon régulière. • Vérifiez fréquemment tous les réglages. • Vérifiez régulièrement le rendement de la chaudière. • Surveillez régulièrement les données liées au rendement de la chaudière et comparez-les aux normes et aux objectifs. • Appliquez des programmes de suivi et d'entretien préventif pour la chaudière et les systèmes de distribution de chaleur et de récupération de condensat. • Évaluez s'il y a des sous-produits combustibles disponibles dans votre brasserie ou à proximité (p. ex., des biogaz issus de votre station de traitement anaérobie des eaux usées, des résidus d'écoulement d'hydrogène, d'oxygène, de monoxyde de carbone [CO] ou d'hydrocarbures provenant d'une installation à proximité) que vous pouvez utiliser en tant que supplément de combustible de chaudière gratuit ou à faibles coûts.
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Captez le contenu des purges pour générer de la vapeur à basse pression qui sera utilisée dans les systèmes de chauffage ou dans les désaérateurs. Utilisez une autre source de chaleur pour chauffer l'eau d'appoint. • Équipez les chaudières de brûleurs qui mélangeront les huiles usées au combustible standard de la chaudière afin d'obtenir de l'énergie additionnelle et de réduire les coûts d'élimination. • Ajoutez de l'équipement de mesure, de comptage et de contrôle à la chaudière et aux systèmes de distribution de la chaleur afin d'évaluer les débits de combustible, de vapeur, de fluide chauffant, de condensat et de purge. • Optimisez l'emplacement des capteurs. Assurez-vous que les dispositifs de contrôle et de détection sont facilement accessibles. • Placez des dispositifs de verrouillage sur les commandes afin d'éviter les manipulations et les réglages non autorisés. • Déménagez l'entrée d'air comburant dans un endroit où l'air entrant bénéficie de la température la plus élevée possible tout au long de l'année.

<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Envisagez la mise sur pied d'un programme de contrôle continu et d'établissement d'objectifs (CCEO) afin de mieux gérer la consommation d'énergie thermique dans toute la brasserie. • Considérez les moyens permettant de capter le rayonnement thermique et la chaleur par convection de la calandre de chaudière pour le préchauffage de l'air comburant. Pensez aux avantages économiques de ces mesures. Évaluez l'utilisation du système de récupération de chaleur des gaz de combustion pour le préchauffage de l'eau d'alimentation ou pour l'entrée d'air de la chaudière. Un certain nombre de ces systèmes sont commercialisés. • <i>Souvenez-vous qu'une chute de 20 °C dans la température de sortie des gaz de combustion améliore le rendement de la chaudière de 1 p. 100.</i> • Envisagez l'installation d'un équipement de récupération de chaleur de pointe – les économiseurs et les réchauffeurs d'air de combustion, les échangeurs de chaleur et les thermopompes pour la vidange de la chaudière. • <i>Envisagez la mise en place d'un principe de chauffage en cascade dans la brasserie, si possible, dans le cadre duquel la chaleur de haute qualité produite par le combustible est dirigée directement vers la brasserie (le procédé requérant les températures les plus élevées) et le rejet thermique est employé pour les demandes de températures plus basses (p. ex., la laveuse de bouteilles).</i> • Envisagez d'investir dans l'achat d'un appareil de réglage du brûleur de haute précision afin d'assurer une gestion continue et adéquate du ratio air-gaz. • Modernisez le brûleur à combustible. Envisagez par exemple l'utilisation de la technologie d'injection directe de combustible. L'utilisation à temps plein d'un brûleur régénératif à injection directe de combustible permet de réduire les émissions de NO_x d'environ 90 p. 100 comparativement aux brûleurs régénératifs courants. Ce genre de brûleur compact permet de simplifier les choses, de réduire les effectifs, de diminuer considérablement la consommation d'énergie et de récupérer l'investissement en peu de temps. • Installez un générateur de turbulence dans la chaudière à tube de fumée. • Installez des chaudières locales à rendement élevé qui répondent avec rapidité aux appels de puissance. • Envisagez d'enlever les puits de chaleur lorsqu'une mise hors tension régulière des brûleurs est nécessaire : si on a utilisé de la brique réfractaire dense pour le chemisage du four, il faut l'installer selon l'épaisseur appropriée pour limiter les pertes de chaleur conductrice. La grande masse de la brique réfractaire, toutefois, agit comme un puits de chaleur et son chauffage s'avère dispendieux. On fait appel à de nouveaux matériaux en fibre céramique à basse densité, souvent combinés à d'autres matériaux réfractaires, pour enlever ces puits de chaleur et offrir une isolation thermique supérieure. • Envisagez le repositionnement des brûleurs modernisés dans le four de la chaudière comme l'a fait une entreprise du Québec. Cette mesure a rehaussé la distribution de chaleur et lui a également permis de réaliser des économies de gaz naturel.
---	---

7.4 SYSTÈMES DE VAPEUR ET DE CONDENSAT

Cette section est liée à la description des systèmes de chaudières présentée dans la [section 7.3](#). Ces deux sections devraient être lues ensemble.

Souvenez-vous : la perte de vapeur ou de condensat équivaut à jeter de l'argent par les fenêtres!

Voici les facteurs importants qui influent sur la maîtrise de l'efficacité de la distribution de la vapeur et du retour de condensat :

<p>Pression optimale de la vapeur</p>	<p>Pour établir un équilibre entre le coût d'immobilisations et l'efficacité d'ensemble du système, il importe que la pression du condensat atteigne tout juste le rendement maximum requis par l'équipement dans le système. Une pression élevée engendre des fuites et des pertes de vapeur de décompression; une pression basse engendre des pertes de chaleur sur de grandes surfaces pendant la distribution et dans l'équipement utilisé.</p> <p>Le système de distribution de la vapeur devrait être examiné à intervalles de quelques années pour vérifier s'il est toujours approprié, compte tenu des changements de la situation de la brasserie, comme des projets d'expansion et d'utilisation de nouvelles technologies et des besoins.</p> <p>Souvent, avec le temps, le système de distribution de la vapeur doit être modifié. Les équipements désuets sont envoyés à la ferraille pour faire place à de nouveaux équipements. Toutefois, l'ancienne tuyauterie qui n'est plus utilisée est rarement enlevée. La première étape de toute évaluation des conduites consiste à enlever la tuyauterie superflue et à réduire ensuite la tuyauterie utilisée au minimum. Le diamètre de la tuyauterie doit avoir la taille appropriée pour l'usage auquel celle-ci est destinée. Les tuyaux au diamètre trop grand qui conduisent de faibles volumes de vapeur peuvent donner lieu à des pertes de chaleur plus grandes que la chaleur nécessaire pour la production. Les tuyaux trop petits exigent une pression plus élevée, ce qui occasionne des pertes par fuite plus importantes.</p> <p>Il importe de porter attention à la conformité de l'aménagement et de l'emplacement des points de vidange afin d'assurer l'évacuation du condensat au bon moment pour prévenir les problèmes.</p> <p>La présence de condensat dans les tuyaux de vapeur peut provoquer des coups de bélier, qui entraînent un besoin d'entretien accru, un faible transfert de vapeur et un gaspillage d'énergie.</p>
--	---

<p>Isolation</p>	<p>L'isolation optimale est un compromis entre son coût et le coût de l'énergie perdue. La loi des rendements décroissants s'applique quand une isolation supérieure à l'isolation optimale est envisagée. Le fait de doubler l'épaisseur de l'isolant se traduit seulement par une réduction marginale de la perte de chaleur. Les pertes de chaleur évitées par l'isolant produisent des économies de combustible appréciables dans la chaufferie. Il importe de porter attention aux inspections et à l'entretien à intervalles réguliers des tuyaux isolés, autant aux tuyaux de vapeur et de retour de condensat qu'à leurs composantes, soupapes, joints de dilatation, etc. L'arrivée d'eau de l'extérieur ou provenant des fuites annule l'effet isolant.</p> <p>Les conséquences économiques de ne pas isoler les tuyaux sont démontrées dans une étude de cas présentée à la section 7.17 Entretien.</p>																		
<p>Fuites</p>	<p>(Voir la section 7.17 Entretien)</p> <p>Le bruit de sifflement souvent entendu dans une brasserie peut également provenir d'une fuite de vapeur.</p> <p>Le tableau suivant illustre le coût probable qu'engendrent des fuites typiques dans un système de 7 bars liées à la perte de carburant. On peut facilement évaluer le coût de plusieurs fuites en utilisant le tarif courant du combustible payé par la brasserie.</p> <p>Tableau 7-4 : Pertes relatives aux fuites de vapeur</p> <table border="1" data-bbox="472 1047 1284 1398"> <thead> <tr> <th>Taille de la fuite (diamètre en mm)</th> <th>Perte de vapeur (tonne/an)</th> <th>Perte de l'huile n° 2 (tonne/an)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,80</td> <td>12</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>1,60</td> <td>48</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td>3,20</td> <td>180</td> <td>12,6</td> </tr> <tr> <td>6,40 (1/4")</td> <td>732</td> <td>51,2</td> </tr> <tr> <td>9,50</td> <td>1 680</td> <td>118,0</td> </tr> </tbody> </table>	Taille de la fuite (diamètre en mm)	Perte de vapeur (tonne/an)	Perte de l'huile n° 2 (tonne/an)	0,80	12	0,8	1,60	48	3,4	3,20	180	12,6	6,40 (1/4")	732	51,2	9,50	1 680	118,0
Taille de la fuite (diamètre en mm)	Perte de vapeur (tonne/an)	Perte de l'huile n° 2 (tonne/an)																	
0,80	12	0,8																	
1,60	48	3,4																	
3,20	180	12,6																	
6,40 (1/4")	732	51,2																	
9,50	1 680	118,0																	
<p>Échange thermique</p>	<p>Le condensat, les couches d'air et la présence de tartre sur le côté vapeur de l'équipement thermique causent des pertes de chaleur pas toujours apparentes mais malgré tout importantes.</p> <p><i>Aussi peu que 1 p. 100 par volume d'air dans la vapeur peut réduire le rendement de l'échange thermique de plus de 50 p. 100.</i></p> <p><i>Un dépôt de tartre de 1 mm peut entraîner une augmentation de la consommation du combustible de 2 p. 100.</i></p> <p>Des pertes de chaleur importantes se produisent non seulement à cause du condensat et des couches d'air, mais aussi à cause de la présence de tartre sur le côté vapeur de l'équipement d'échange thermique.</p>																		

Purgeurs de condensat	Les purgeurs de condensat sont une source de problèmes commune s'ils sont mal choisis, mal installés et mal entretenus. De la vapeur et du condensat peuvent s'en échapper. Le condensat et l'air qui s'échappe par inadvertance des tuyaux de vapeur et de l'équipement réduisent l'efficacité.
Récupération du condensat	<p>Perdre du condensat équivaut à jeter de l'argent par les fenêtres. Si le condensat n'est pas retourné à la chaudière, environ 20 p. 100 de la chaleur originale utilisée pour générer la vapeur risque d'être perdue. Cette perte se traduit de plus par une augmentation des coûts d'achat, de traitement et de chauffage de l'eau d'appoint requise pour la compenser. D'autres pertes d'énergie peuvent se produire sous forme de perte de vapeur de décompression. Celles-ci se développent lorsque la pression du procédé est relâchée dans le réservoir de retour du condensat. Il s'agit du « système de retour du condensat ouvert ».</p> <p>Maximisez le retour du condensat chaud.</p> <p>Le système à vapeur et à condensat doit être conçu de sorte que l'on puisse éliminer le coup de bélier et réduire les pertes et l'entretien. Un système à circuit fermé fournissant un condensat de vapeur sous pression à rebouillir permet presque d'éliminer les pertes, ce qui nécessite moins de vapeur à rebouillir.</p>

Systèmes de vapeur et de condensat : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Examinez les plans existants de la tuyauterie de l'installation ou effectuez une inspection des locaux de sorte à repérer les possibilités de rationalisation du réseau de vapeur et de condensat. Assurez-vous d'abord que les tuyaux désuets, inutilisés ou en surnombre peuvent être isolés du reste du système. Prévoyez ensuite enlever les pièces inutiles.</i> • <i>Assurez-vous de l'efficacité de l'équipement d'exploitation qui a recours au jet de vapeur en aval et à l'eau chaude, et ce, grâce à un calendrier de production et à un entretien appropriés.</i> • <i>Tentez de faire fonctionner le jet de vapeur en aval et l'eau chaude en utilisant l'équipement à plein rendement.</i> • <i>Mettez hors service l'équipement utilisant un jet de vapeur en aval ou l'eau chaude lorsqu'il n'est pas utilisé.</i> • <i>Mettez hors service le système de canalisation de vapeur et de condensat lorsqu'il n'est pas utilisé.</i> • <i>Préservez la qualité de la vapeur (c.-à-d., grâce à un programme régulier de traitement chimique de l'eau et au régime de purge. Assurez-vous que l'équipement de désaération de l'eau d'alimentation et les événements de la tuyauterie de la vapeur fonctionnent de manière adéquate).</i> • <i>Réparez, remplacez ou ajoutez des événements (p. ex., des événements thermostatiques).</i> • <i>Vérifiez de façon routinière l'intégrité du circuit de vapeur et de condensat (circuit d'alimentation et de retour de fluide chauffant) et de l'équipement connexe. Faites une inspection des locaux afin de vérifier, à l'aide d'équipement de détection approprié (p. ex., détecteur ultrasonique, tiges d'écoute, pyromètre et stéthoscope), s'il y a des fuites de vapeur qui doivent être réparées.</i>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Repérez et réparez les fuites de vapeur et de condensat. • Isolez de façon appropriée les conduites de retour de vapeur et de condensat ainsi que leurs composants au moyen d'un isolant efficace d'épaisseur économique. • Ajoutez de l'isolant aux endroits qui le nécessitent. • Vérifiez l'isolation contre la pénétration d'eau. Localisez la source d'humidité et réglez le problème (par exemple, un tuyau qui fuit). • Remplacez ou réparez toute isolation ou tout recouvrement d'isolation manquant ou endommagé. • Établissez un programme d'inspection et d'entretien des purgeurs de vapeur afin d'assurer un rendement optimal et de réduire le temps d'arrêt des systèmes de vapeur. • Vérifiez si la fonction de purge du circuit de récupération de vapeur et de condensat de vapeur (ainsi que les serpentins de chauffage et tout autre équipement utilisant la vapeur) est adéquate. Cette mesure permet d'éliminer le coup de bélier, les pertes et les dommages.
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pensez à récupérer la vapeur de revaporisation du condensat et à l'affecter à d'autres usages de la vapeur à basse pression récupérée. • Envisagez la récupération de chaleur à partir du condensat à plus forte pression. • Remplacez les radiateurs indépendants à vapeur par des radiateurs à infrarouge dans les grands espaces (quais de chargement, entretien, etc.) qui réchaufferaient les personnes et non les équipements. • Envisagez la séparation du procédé et des systèmes de retour de vapeur et de condensat de sorte que les circuits d'eau de chauffage soient isolés lors des périodes de non-chauffage (suggestion d'un brasseur participant). • Envisagez d'utiliser des pompes à vapeur pour le retour de l'eau de condensation au lieu de pompes électriques. • Captez tout le condensat possible (ce captage devrait atteindre environ 90 p. 100 ou plus). • Désaffectez la tuyauterie de retour de vapeur et de condensat superflue. • Raccourcissez ou simplifiez la tuyauterie de retour de vapeur et de condensat existante. • Remettez en état les postes de réduction de pression de vapeur. • Instaurez un programme de remplacement des purgeurs de vapeur. • Remplacez les purgeurs de vapeur mal choisis par le type de purgeurs approprié à l'usage.
<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Envisagez de remplacer, quand elle est utilisée dans les pasteurisateurs et les laveuses, l'injection de vapeur vive qui élimine le condensat de la circulation, c.-à-d., qui consomme l'eau d'appoint déminéralisée et qui requiert chaleur et conversion en vapeur (et qui dilue la concentration caustique dans les laveuses) au moyen d'échangeurs thermiques. • Envisagez l'installation d'un système de retour de condensat sous pression en circuit fermé. • Engagez un entrepreneur qualifié pour effectuer une évaluation, et, si nécessaire, réaliser une nouvelle conception du circuit de vapeur et de condensat afin de maximiser son utilisation. Renouvelez la tuyauterie des systèmes ou déménagez l'équipement afin de raccourcir la tuyauterie au besoin.

7.5 ISOLATION

L'étape cruciale : déterminez l'épaisseur économique de l'isolant. Il s'agit de l'épaisseur qui offre l'isolant le plus efficace au moindre coût.

L'isolation appropriée contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Comment? Mis à part l'énergie nucléaire et l'hydroélectricité, l'énergie est produite par la combustion de combustibles fossiles. L'isolation contre la chaleur perdue (p. ex., dans le pasteurisateur) réduit la quantité de combustible nécessaire pour produire la chaleur, et les émissions. La réduction peut se produire localement ou, dans le cas de l'électricité, en amont à la centrale.

Nous isolons les équipements de traitement, les conduits, les tuyaux et les bâtiments pour :

- empêcher les gains et pertes de chaleur;
- maintenir des températures de traitement uniformes;
- prévenir les brûlures et les engelures chez les employés;
- empêcher la formation de condensation sur les surfaces froides de l'équipement;
- maintenir des milieux de travail confortables autour des équipements de traitement chauds ou froids.

L'isolant thermique se détériore avec le temps. La réévaluation de systèmes établis depuis longtemps peut révéler que l'isolant est inapproprié ou endommagé. Dans les grandes brasseries, les fonds investis dans un thermographe infrarouge (caméra vidéo) peuvent être rentabilisés assez rapidement. Par ailleurs, un conseiller en thermographie peut vous aider à découvrir des secteurs qui ont besoin de réparations ou d'isolant additionnel ou à contrôler les fuites d'air. Les avantages à tirer de la réfection ou de l'augmentation de l'isolation des équipements de traitement et des tuyaux sont clairs : depuis l'installation et l'isolation initiale de l'équipement dans la plupart des brasseries canadiennes il y a quelque temps déjà, les prix des combustibles ont monté en flèche.

L'isolation qui repose sur les vides remplis d'air pour fonctionner efficacement doit être maintenue au sec. L'exposition à l'humidité, en particulier dans le cas de la mousse en bourre ou à alvéoles ouverts, provoque le déplacement de l'air isolant par l'entrée d'humidité ou d'eau (p. ex., la vapeur fuyante ou les tuyaux de condensat). Le revêtement efficace de l'isolant est tout aussi important que le choix du type le plus efficace d'isolant et d'installation d'une épaisseur économique. L'imperméabilisation est par conséquent une partie intégrante de tout travail d'isolation. Dans le cas des applications à haute température, choisissez une couverture perméable à la vapeur d'eau qui permettra à l'humidité de s'échapper à l'extérieur.

Basez le choix de l'isolant sur les critères suivants :

- *un matériau non halocarboné;*
- *l'ignifugation/la résilience;*
- *le rendement/prix.*

Un isolant saturé en eau transfère la chaleur de 15 à 20 fois plus vite que lorsqu'il est sec.

Retenez les types appropriés de chemisage ou de revêtement accompagnés de joints scellés et, s'il y a possibilité de dommages mécaniques, songez à utiliser de l'isolant plus résilient et doté d'une protection mécanique (barrières, remparts, boucliers, ponts, etc.) pour réduire les risques de dommages.

Consultez la partie concernant l'isolation à la [section 7.17 Entretien](#).

Isolation : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Inspectez la condition de l'isolation de procédé de façon régulière (ajoutez cette mesure dans l'horaire d'après-midi ou de soir).</i> • <i>Réparez l'isolant endommagé sur les tuyaux et les cuves au moyen d'un matériau froid ou chaud sans tarder.</i>
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Isolez les tuyaux et les conduits non isolés.</i> • <i>Isolez l'équipement non isolé.</i> • Augmentez les niveaux actuels d'isolant; ajoutez de l'isolant selon l'épaisseur recommandée. • Isolez les principaux équipements et zones de traitement qui ne le sont pas. • Retenez les services d'un conseiller en thermographie pour déceler les endroits qui ont besoin d'isolant supplémentaire ou d'un contrôle des fuites d'air. • Rehaussez l'isolation des réservoirs d'eau chaude.
<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacez l'isolant en fibre de verre par un isolant de mousse à alvéole close dans les endroits où la condensation ou l'humidité peut s'infiltrer dans l'isolant en fibre de verre. • Remplacez la brique réfractaire par un isolant pyrobloc céramique dans les fours de chaudière. • Ajoutez de l'isolant ou du revêtement extérieur aux bâtiments, toits, vides sanitaires, etc., de la brasserie.

7.6 SYSTÈMES DE RÉFRIGÉRATION ET DE REFROIDISSEMENT ET THERMOPOMPES

7.6.1 Systèmes de réfrigération et de refroidissement

En règle générale, les systèmes de refroidissement consomment 20 p. 100 plus d'énergie que nécessaire.

Dans une brasserie canadienne typique, plus de 30 p. 100 de l'électricité est consommée par les systèmes de réfrigération et de refroidissement. L'optimisation du fonctionnement des équipements de réfrigération représente un moyen non négligeable d'économiser l'énergie.

Dans l'optique d'examiner les possibilités d'amélioration du rendement énergétique d'un système de réfrigération, il importe de commencer par une évaluation des températures locales, des exigences relatives aux procédés et de l'équipement et des systèmes de réfrigération. Cette pratique aidera à détecter tout gaspillage de même que les possibilités d'amélioration. En matière de refroidissement, il n'y a pas beaucoup de façons d'économiser l'énergie. On doit se poser les questions suivantes :

- Est-il possible d'éliminer certains besoins en refroidissement (même de façon temporaire) selon les saisons?
- Est-il possible d'éliminer ou de réduire certaines charges de refroidissement?
- Est-il possible de hausser les températures de refroidissement?
- Est-il possible d'améliorer le mode de fonctionnement des installations de refroidissement?
- Est-il possible de récupérer la chaleur résiduaire des installations de refroidissement?

La plupart des opérateurs de machines dans les brasseries sont bien formés au chapitre du fonctionnement et de l'entretien des installations de chaudières, mais ils le sont moins pour ce qui est des équipements de réfrigération. Ces équipements fonctionnent probablement en dessous de leur capacité pour les raisons suivantes :

- les opérateurs de machines et les ingénieurs peuvent manquer de formation relative au rendement énergétique dans le domaine de la réfrigération;
- les équipements de réfrigération sont relativement complexes;
- les gens ne se rendent peu ou pas compte des économies qui pourraient être faites et de l'importance de ces économies;
- les critères de rendement ne sont pas définis;
- la détection des défauts est complexe et prend du temps.

Les possibilités d'économiser se concrétisent lorsque les facteurs qui ont une influence sur l'efficacité de la réfrigération, et par la même occasion son coût, sont bien compris.

Il faut mesurer plus que le rendement énergétique du compresseur dans l'évaluation des coûts. Pour évaluer le rendement énergétique du compresseur, on a recours au coefficient de performance (COP), qui est le rapport entre le refroidissement obtenu et l'énergie utilisée. Il est avantageux de mesurer le rendement énergétique de tout le système (COPS) et l'énergie utilisée par tous les

équipements auxiliaires, comme les ventilateurs et les pompes des évaporateurs, les ventilateurs et les pompes des condenseurs, les pompes à huile, les pompes secondaires de distribution de fluides frigorigènes ainsi que les pompes et les ventilateurs des appareils de dégivrage.

Voici les facteurs qui influent sur le rendement énergétique dans la réfrigération :

Charges de réfrigération

Plus la charge de réfrigération est élevée, plus on a besoin de réfrigération, ce qui occasionne une augmentation des coûts de fonctionnement. Le fonctionnement en charge partielle est la cause la plus fréquente du faible rendement énergétique de la réfrigération. L'installation ne fonctionne peut-être que trois mois par an au point nominal de caractéristiques. Le reste de l'année, des températures ambiantes plus basses permettent des températures de condensation plus basses. Cette réduction de la charge modifie la puissance requise du compresseur. La charge de réfrigération a une influence majeure sur le COP. Le refroidissement excessif de la bière ou des espaces consomme des quantités considérables d'énergie.

Rendement énergétique du compresseur

Un rendement élevé peut être obtenu en utilisant les compresseurs les mieux adaptés pour la tâche, en tout temps, en évitant les charges partielles et en veillant à leur entretien.

Température d'évaporation

Le fait d'élever la température d'évaporation augmente le COP et réduit les coûts de fonctionnement : l'élévation de la température de 1 °C réduit les coûts de 2 à 4 p. 100. Il est possible d'obtenir des températures d'évaporation plus élevées par des contrôles rigoureux et une attention particulière aux surfaces d'évaporation (éviter l'encrassement, la surchauffe, les blocages et les faibles échanges thermiques).

Température de condensation

Le fait d'abaisser la température de condensation réduit les coûts de fonctionnement dans les mêmes limites que pour l'exemple précédent. L'abaissement de la température de condensation de 1 °C réduit les coûts de fonctionnement de 2 à 4 p. 100. Il est possible d'obtenir des températures de condensation plus faibles en effectuant des contrôles rigoureux et en portant une attention particulière aux surfaces d'évaporation (éviter l'encrassement, la surchauffe, les blocages et les faibles échanges thermiques). Consultez la note d'un brasseur participant au sujet des incondensables à la [section 9.5](#).

Énergie d'appoint

L'énergie d'appoint peut représenter environ 25 p. 100 de l'énergie totale consommée par les équipements de réfrigération et même plus quand l'équipement fonctionne en charge partielle. L'équipement d'appoint ne devrait pas être utilisé de façon excessive : des contrôles rigoureux sont requis. L'analyse des coûts annuels de réfrigération aide à comprendre l'effet des défaillances d'opération et d'entretien. Les appels de puissance relatifs à la réfrigération devraient être analysés et les charges devraient être évaluées en fonction des coûts afin de repérer les équipements énergivores. La maîtrise de ces charges doit constituer une priorité.

Comme il est mentionné plus haut, les appels de puissance relatifs au refroidissement devraient être maintenus au minimum. Les brasseurs doivent faire la distinction entre les appels de puissance normaux et les appels de puissance d'appoint. Au nombre des appels de puissance liés à la production, mentionnons le refroidissement sensible (p. ex., la réfrigération de la bière et de l'alcool éthylique), le refroidissement latent (p. ex., la condensation de vapeur) et l'évacuation de la chaleur réactive (p. ex., la chaleur métabolique de la fermentation et l'autolyse de la levure).

Parmi les erreurs courantes, citons les suivantes :

- le refroidissement à partir de températures trop élevées (p. ex., la température de la bière sortant du pasteurisateur peut être trop élevée, ce qui, au fait, peut aussi nuire à son goût);
- le refroidissement excessif (p. ex., pour la conservation du houblon, de la bière dans les réservoirs d'embouteillage, dans les salles de maturation);
- le réchauffement et le refroidissement simultanés (p. ex., mauvais réglage des dispositifs de régulation du système de chauffage et de refroidissement pour la climatisation);
- l'air climatisé, le mauvais contrôle des débits et des températures dans les échangeurs thermiques à plateaux utilisés pour la bière.

Le dernier point peut être illustré par l'exemple de l'utilisation d'eau froide d'arrivée pour refroidir le moût. Le moût peut être refroidi grâce à un appoint d'alcool éthylique réfrigéré. En hiver, l'eau peut être suffisamment froide pour réduire l'utilisation de cet appoint. Cependant, afin d'expédier le travail, on néglige en général de rajuster comme il convient le refroidisseur d'appoint. Au lieu de cela, le régime d'écoulement d'eau est réduit et l'énergie est gaspillée.

Les charges de réfrigération annexes sont occasionnées, notamment, par des tuyaux inadéquats ou trop remplis d'eau, une mauvaise isolation des cuves, l'infiltration d'air chaud, l'utilisation d'éclairage, de ventilateurs et de pompes dans les espaces froids, la présence de gens, de chariots élévateurs, etc. De nombreuses charges de réfrigération annexes sont payées en double. Ainsi, les lampes et les ventilateurs consomment de l'énergie et génèrent de la chaleur qui doit être supprimée par réfrigération qui, elle aussi, consomme de l'énergie; leur contrôle est aussi important, et quelquefois plus important que le contrôle des charges liées à la production.

Les portes de salle de réservoir ouvertes constituent une importante partie des charges annexes. Dans les salles de réservoir, l'éclairage commandé par des détecteurs de présence garde les lampes éteintes dans la mesure du possible. De plus, il est possible d'éviter un usage excessif de puissance de ventilation dans les zones froides et de pompage pour la circulation des fluides frigorigènes et de l'eau refroidie, et ce, en ayant recours à des techniques comme la régulation à vitesse variable, les réglages de débit, les interrupteurs, les commandes de séquence, les commandes de débit et de pression, etc.

Le dégivrage inapproprié ou excessif des évaporateurs est également fréquent. Le dégivrage devrait être interrompu par des commandes appropriées dès que la glace a été enlevée. Sinon, la production de chaleur doit être éliminée par réfrigération; voici un autre cas où les frais sont payés en double.

À l'évaluation des charges de réfrigération individuelles, il peut s'avérer nécessaire de procéder à des analyses et à des essais d'options à mettre en œuvre en vue de trouver les solutions et les réglages optimaux. Un changement mineur dans les paramètres peut parfois avoir un effet important :

- une augmentation de 1 °C de la température de condensation augmente les coûts de 2 à 4 p. 100;
- une réduction de 1 °C de la température d'évaporation augmente les coûts de 2 à 4 p. 100;
- les soupapes de détente des dérivations de gaz peuvent ajouter 30 p. 100 et plus aux coûts;

- le contrôle inexact des compresseurs peut augmenter les coûts de 20 p. 100 et plus;
- le mauvais contrôle de l'équipement auxiliaire peut augmenter les coûts de 20 p. 100 et plus;
- les gains comme les pertes sont cumulatifs.

Les opérateurs de brasserie devraient éviter les pertes de fluide frigorigène, car celles-ci risquent non seulement de compromettre la santé et la sécurité des travailleurs ainsi que la capacité d'exploitation des installations, mais occasionnent des coûts de remplacement élevés, un piètre rendement des installations de réfrigération et des coûts d'exploitation excessifs.

Étude de cas : Système de détection des défauts dans le groupe de réfrigération

Une brasserie dont la production annuelle est d'un million d'hectolitres a embauché un expert-résident et, en collaboration avec une société d'experts-conseils, a mis au point et installé un système expert de détection des défauts afin de vérifier le fonctionnement de la réfrigération et de décider des mesures correctives pertinentes à appliquer, le cas échéant. L'investissement de 36 000 \$ pour l'achat d'un ordinateur, le développement d'un logiciel, l'adaptation du système et la formation d'opérateurs (coûts établis antérieurement) a produit des économies qui ont permis à la brasserie de récupérer l'investissement en huit mois, pendant l'étape de formation.

Résultats : les divers modules du système contrôlent les mesures et les données principales, calculent le coefficient de performance (COP) et analysent les défauts. En fonction des températures ambiantes, ils recommandent les interventions permettant de déterminer la combinaison de matériel de refroidissement et de charges qui répond le mieux aux exigences en matière de refroidissement. Cette mesure s'est traduite par une réduction de 29,5 p. 100 de la consommation d'électricité ainsi que par des économies.

Les trois études de cas suivantes ont été récemment effectuées par des brasseries qui ont expérimenté différentes pertes énergétiques dans leurs installations et qui ont formulé des recommandations afin de contrer ces problèmes.

Étude de cas : installation d'un nouveau compresseur principal (étude effectuée par un brasseur participant)

Une brasserie possède deux compresseurs à piston de 125 HP, un compresseur à vis de 450 HP et un compresseur d'ammoniac à vis de 700 HP. Pendant les deux mois d'été où a eu lieu la surveillance, un des deux compresseurs à vis fonctionnait à temps plein, et un compresseur à piston complétait l'autre.

Ces compresseurs à vis Mycom étaient inefficaces en ce qui a trait à quatre aspects majeurs :

- Les compresseurs possèdent un ratio du volume de compression interne de 3,6 (VI). Ce ratio ne concorde pas avec les conditions de fonctionnement moyennes, lesquelles nécessitent un ratio plus faible. La plupart du temps, les compresseurs fonctionnent de manière excessive, réduisant ainsi l'efficacité.
- Les compresseurs utilisent une variation de puissance du distributeur à tiroir standard qui est inefficace. Lorsque les compresseurs sont entièrement déchargés, ils requièrent toujours près de 50 p. 100 de puissance d'entrée. Ce piètre rendement de charge partielle réduit l'efficacité.
- On s'interroge sur la pression de refoulement minimale permise à laquelle les compresseurs à vis peuvent fonctionner. Le logiciel de notation Mycom indique un minimum approximatif de 120 psig. La lubrification ou le rendement du séparateur d'huiles constitue souvent une restriction. Celui-ci augmente la pression de refoulement et réduit l'efficacité.

- Le moteur TECO de 450 HP a un rendement de 94,0 p. 100, tandis que le moteur Toshiba de 700 HP a un rendement de 95,0 p. 100. S'ils ont été remis à neuf, il est probable que leur rendement actuel soit encore plus bas. Les moteurs à rendement supérieur modernes offrent un rendement supérieur à 96 p. 100.

Recommandation : l'installation d'un nouveau dispositif de compression principal de sorte à minimiser ou à éliminer ces inefficacités. Le nouveau compresseur devrait comporter :

- 1) un VI fixe plus approprié;
- 2) un VI ajustable manuellement; ou
- 3) un VI automatique.

Il peut être doté d'une commande MEFV pour un meilleur fonctionnement à charge partielle et peut être conçu pour une pression de refoulement aussi basse que 90 psig. Finalement, un moteur à rendement supérieur peut être installé sur le dispositif.

Étude de cas : régulation des ventilateurs de l'évaporateur ou régulateur à deux vitesses (étude effectuée par un brasseur participant)

Dans cette brasserie, bien que de nombreux serpentins d'évaporation soient gérés par le système d'automates programmables de l'installation, les ventilateurs des évaporateurs fonctionnent sans arrêt, sauf lors du dégivrage. Tous les serpentins Niagara sont dotés de moteurs de ventilateur à deux vitesses, et ce, même si la plupart d'entre eux sont réglés à vitesse élevée et ne peuvent pas changer de vitesses de façon automatique.

Recommandation : cette mesure comprend l'intégration des commandes de tous les serpentins d'évaporation restant dans le système d'automates programmables et la mise en œuvre d'une stratégie de régulation des ventilateurs (ou un régulateur à deux vitesses dans le cas des moteurs Niagara). Elle peut également nécessiter plus de sondes de température ambiante.

Étude de cas : mise en œuvre de stratégies MEFV sur les ventilateurs des condenseurs (étude effectuée par un brasseur participant)

À l'heure actuelle, un condenseur évaporatif sur quatre utilise une commande MEFV. Bien que cette option permette à la brasserie de réaliser certaines économies, le mélange de commandes discrètes (régulateur) et analogues (vitesse) complique les algorithmes de commande. Une stratégie échelonnée relative aux condenseurs répartit la capacité de 120 à 150 psig. La stratégie actionne les ventilateurs avant les pompes, occasionnant des stades d'opération sèche des condenseurs. Cette méthode est extrêmement inefficace.

Recommandations : cette mesure comprend plusieurs modernisations de taille :

- l'installation de commande MEFV sur tous les autres ventilateurs des condenseurs;
- la mise en œuvre de stratégies de MEFV pour un rendement optimal des pompes et des ventilateurs, y compris l'opération humide et la commande de la vitesse des ventilateurs simultanée et la mise en œuvre d'une stratégie de thermomètre mouillé afin que la capacité du condenseur s'arrime de la meilleure façon qui soit avec le rejet de chaleur de la salle des machines;
- la réduction de la pression de refoulement minimale à 90 psig. (Remarque : dans le cas où elle est instaurée, cette mesure peut demander une certaine attention aux compresseurs à vis existants. Les expériences précédentes à court terme ont démontré que le fonctionnement à une pression de refoulement moindre est possible.)

7.6.2 Thermopompes industrielles

Les thermopompes industrielles sont des appareils industriels qui ont recours à la chaleur à basse température (p. ex., la chaleur résiduaire des procédés, de l'eau ou du sol), qu'elles portent à une température plus élevée pour le chauffage ou le préchauffage propre à un procédé industriel. Certaines de ces pompes peuvent aussi fonctionner en sens inverse et servir ainsi de refroidisseurs pour dissiper la chaleur industrielle. Il s'agit d'une technologie relativement nouvelle qui améliore le rendement énergétique et qui contribue à la réduction de la consommation principale d'énergie. Les brasseries évaluant leurs besoins en matière de chauffage et de réfrigération devraient l'examiner de plus près.

Étude de cas : récupération de la chaleur résiduaire au moyen d'une thermopompe

Une brasserie canadienne dans la région de l'Atlantique a installé une thermopompe pour récupérer l'eau chaude en prévision de l'alimentation des chaudières et du brassage. Le système regroupe quatre composantes principales : le condenseur d'ammoniac, le réchauffeur d'eau, la thermopompe et les réservoirs d'eau.

Le condenseur d'ammoniac est un échangeur thermique qui comprend un bloc et un tube utilisant l'eau pour le refroidissement du gaz ammoniac provenant du matériel de réfrigération existant. La chaleur récupérée est alors utilisée deux fois : en premier lieu pour préchauffer l'eau de traitement, puis comme source d'énergie d'une thermopompe à température élevée. Grâce à la conception des thermopompes, l'utilisation de celles-ci permet à l'eau des procédés de chauffer à une température bien supérieure à celle à laquelle la chaleur est récupérée à partir du système de réfrigération. Un réservoir d'eau chaude constitue un tampon entre l'alimentation de l'air d'évacuation et la demande en eau chaude de la brasserie. La récupération de la chaleur à peu de frais réduit la consommation de combustible de 40 000 \$ à 50 000 \$ par an. L'expérience pratique a toutefois servi de leçon : faites vos calculs de conception avec soin. La portion relative à la thermopompe de ce système a été mise hors service en raison des frais d'exploitation élevés du compresseur. Le condenseur à ammoniac est toujours utilisé pour préchauffer l'eau d'alimentation de la chaudière.

Systemes de réfrigération et de refroidissement et thermopompes : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts

- Consultez aussi la [section 7.2.1.](#)
- *Les opérateurs peuvent ne pas saisir l'importance des enjeux d'efficacité liés à la réfrigération : sensibilisez-les et assurez leur formation en premier lieu.*
- *Soulevez fréquemment les questions relatives à l'exploitation et à l'entretien, car les opérateurs peuvent privilégier un mode de fonctionnement peu efficace.*
- *Vérifiez fréquemment le régime de l'équipement de réfrigération, car les exigences de production et la température ambiante peuvent fluctuer.*
- *Mettez en pratique de bonnes méthodes d'entretien général.*
- *Gardez les portes des zones réfrigérées fermées.*
- *Séparez les zones froides du reste de la brasserie en installant des portes, des rideaux de plastique, des portes oscillantes en caoutchouc, etc.*
- *Utilisez aussi peu d'eau que possible dans les pièces réfrigérées en vous rappelant qu'un gallon d'eau requiert une tonne de réfrigération d'énergie pour s'évaporer. Acheminez l'eau des réservoirs de rinçage, etc., directement vers l'égoût. Évitez qu'elle ne se déverse sur le plancher puisque vous devrez nettoyer celui-ci au jet.*
- *Éliminez l'entrée d'humidité provenant de l'air ambiant ou des boyaux d'arrosage dans l'espace refroidi.*
- *Ayez recours au nettoyage à froid en circuit fermé dans les pièces réfrigérées chaque fois que cela est possible. Demandez au fournisseur de produits de nettoyage de vous conseiller un produit de nettoyage approprié.*
- *Revoyez les tarifs d'énergie électrique et l'horaire de fonctionnement de l'équipement de réfrigération afin d'éviter les surcharges aux périodes de pointe, ou reportez pendant la nuit le nombre maximal de tâches de réfrigération.*
- *Assurez-vous que les commandes de dégivrage sont correctement réglées et revoyez leur réglage à intervalles réguliers, une fois par mois par exemple, pour tenir compte des changements de température ambiante.*
- *Assurez-vous que le dégivrage fonctionne seulement quand cela est nécessaire et pour la période la plus courte possible.*
- *Revoyez les contrôles des systèmes et réglez correctement les pointes régissant les températures d'évaporation et de condensation.*
- *Mesurez le COP du compresseur et le rendement énergétique de tout le système (COPS) à intervalles réguliers, y compris celui de l'équipement auxiliaire qui contrôle les opérations.*
- *Assurez-vous que les tours de refroidissement sont bien entretenues (ventilateurs, pompes, encrassement, etc.) si l'eau des condenseurs en provient afin d'obtenir la température la plus basse possible.*
- *Vérifiez à intervalles réguliers l'accumulation de gaz et d'air non condensables afin de vous assurer que l'équipement fonctionne à un COP élevé.*
- *Vérifiez le régulateur de pression de refoulement et corrigez son réglage.*
- *Vérifiez si les niveaux de fluide frigorigène sont adéquats dans le système pour obtenir le rendement optimal; éliminez les fuites.*
- *Envisagez la mise en place d'un programme de gestion des stocks d'huile afin de surveiller la quantité d'huile ajoutée et éliminée du système (suggestion d'un brasseur participant).*
- *Tentez de vous assurer que la perte de charge du séparateur d'huile n'excède pas 4 psi – toute mesure supérieure indique un stockage d'huile (suggestion d'un brasseur participant).*

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ajustez la température d'évaporation de l'équipement de refroidissement entre -6 °C et 8 °C ou pour refroidir la bière à -2 °C. Il arrive souvent que la température d'évaporation soit fixée plus bas, inutilement.</i> • <i>Vérifiez l'état des instruments. Assurez-vous qu'ils prennent des lectures exactes et que les sondes ne sont pas altérées, par la formation de glace par exemple; faites une contre-vérification de toutes les valeurs, si possible.</i> • Utilisez une démarche structurée pour trouver et corriger les erreurs en utilisant deux méthodes de base : les essais en fonctionnement et les contrôles continus, ainsi que l'établissement d'objectifs. • Installez des ventilateurs déstratificateurs dans les salles de maturation. • Établissez un programme de contrôle à intervalles réguliers afin que les problèmes soient décelés rapidement. • <i>Revoyez le programme d'entretien pour éviter l'encrassement, les blocages de circulation et pour faire en sorte que les pompes, les ventilateurs, les lampes et les autres appareils soient bien entretenus.</i>
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminez les coûts annuels qui guideront le choix des améliorations par l'installation de compteurs électriques sur les équipements pertinents suivants : <ul style="list-style-type: none"> • les compresseurs; • les appareils auxiliaires principaux (ventilateurs et pompes pour le condenseur, l'évaporateur et la distribution secondaire d'air et de fluide frigorigène); • les autres équipements auxiliaires (dégivreurs dans les chambres froides, éclairage). • Envisagez l'installation d'un système de purge automatique pour l'air et les gaz non condensables. • Mettez les compresseurs en séquence en fonction de leurs charges et de leur rendement énergétique respectif. • La correction de la mise en séquence est particulièrement importante dans le cas des charges partielles. Assurez-vous qu'un seul compresseur fonctionne à charge partielle. S'il est possible de choisir un compresseur pour les opérations à charge partielle, utilisez un compresseur à piston plutôt qu'un compresseur à vis ou un compresseur centrifuge, ces derniers offrant un piètre rendement en charge partielle. • Évitez l'utilisation des systèmes de variation de puissance sur les compresseurs, car ceux-ci régulent l'entrée du débit de gaz par étranglement, font monter la pression de refoulement ou utilisent des conduites de dérivation de gaz chaud. • Installez un système de commande automatique de pression d'aspiration pour moduler la pression d'aspiration en fonction des exigences de production, de façon à réaliser des économies. • Séparez les systèmes de réfrigération selon la température; optimisez l'équilibre thermodynamique du cycle de réfrigération de façon à affecter les équipements aux conditions minimales requises à chaque procédé. • Utilisez des températures ambiantes basses pour fournir un refroidissement gratuit à des charges qui s'y prêtent en hiver et durant les entre-saisons. • Envisagez l'installation d'un thermosiphon (système de commande numérique en boucle fermée) pour refroidir les compresseurs d'ammoniac. • Remplacez les portes inadéquates dans les endroits qui mènent aux zones froides; installez des ferme-porte pour garder l'air chaud à l'intérieur.

	<ul style="list-style-type: none"> • Installez des collecteurs pour extraire l'huile et l'eau de l'ammoniac (les impuretés contenues dans l'ammoniac élèvent le point d'ébullition) et assurez le drainage fréquent de l'huile des systèmes de réfrigération, particulièrement sur l'équipement industriel (suggestion d'un brasseur participant).
Éléments à coûts importants	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacez les compresseurs par des modèles ayant le rendement le plus élevé possible, quand cela est justifié. • Installez un système indépendant pour être en mesure de faire fonctionner une partie de la charge à une pression de conduite d'aspiration supérieure et, par conséquent, à un COP plus élevé (système à ammoniac combiné haute et basse pression) si un certain nombre d'évaporateurs compris dans un système intégré fonctionnent à des pressions considérablement plus élevées que la pression de la conduite d'aspiration. • Envisagez le stockage thermique, c'est-à-dire le stockage de fluides frigorigènes en utilisant des réservoirs de glace, des sels fondus ou des agents frigorigènes secondaires en surfusion pour maximiser l'utilisation d'énergie au tarif de nuit. Cela diminue en outre les besoins en puissance de refroidissement additionnelle en cas d'accroissement de la demande de refroidissement. • Évaluez la pertinence d'utiliser la chaleur récupérée de la désurchauffe de l'ammoniac pour le préchauffage et la réduction du coût de refroidissement dans le condenseur ou la tour de refroidissement. • Envisagez le recours au refroidissement par absorption si de la chaleur excessive est disponible. Cette technologie permet d'obtenir de la réfrigération sans apport d'énergie. • Évaluez la pertinence d'installer une unité de refroidissement actionnée par un moteur à combustion : cet appareil a un apport d'énergie moins coûteux et un meilleur rendement en charge partielle que les moteurs électriques et permet une récupération de chaleur de l'enveloppe de circulation d'eau et de la sortie d'échappement. • Envisagez l'installation d'un diviseur de succion pour les besoins en températures hautes et basses. • Envisagez le remplacement de l'échangeur à tube et à calandre par des échangeurs à plaques à rendement élevé.

7.7 AIR COMPRIMÉ

Dans des systèmes mal gérés, le coût véritable de l'électricité utilisée pour produire de l'air comprimé peut avoisiner 1,00 \$/kWh.

L'air comprimé est la source d'énergie la plus dispendieuse dans une brasserie. L'industrie brassicole utilise énormément d'air comprimé à des fins de production et de contrôle. Il s'agit d'une forme d'énergie sécuritaire et commode, que l'on tient souvent pour acquise et que l'on néglige comme option possible d'économies. Près de 8 p. 100 de l'approvisionnement en électricité d'une brasserie est destiné à la production d'air comprimé, dans le cas où l'installation n'exploite pas de station de traitement des eaux usées.

La plupart des employés de brasserie pensent que l'air comprimé est une ressource gratuite et pratique; ils ne sont pas conscients du fait que l'air comprimé est l'élément le plus coûteux de l'établissement. L'air comprimé est un produit à faible rendement puisqu'environ 85 p. 100 de l'énergie électrique utilisée pour le produire est convertie en chaleur : le reste seulement est converti en énergie pneumatique. Pourtant, personne ne s'en soucie. Une brasserie consacre généralement environ 8 p. 100 de son alimentation totale en électricité à la production d'air comprimé, et encore plus si elle abrite une station de traitement aérobie des eaux usées.

L'air comprimé est utilisé à grande échelle dans les brasseries pour le contrôle de la production. Il produit une commande linéaire qui permet de positionner les barillets, les bouteilles et les canettes dans les becs de soutirage. Il produit un mouvement linéaire ou rotatif qui permet d'enclencher et de positionner de façon précise les soupapes de distribution. L'air comprimé est utilisé comme moyen de propulsion des solides (la drêche) ou d'expulsion des liquides des cuves quand le pompage n'est pas recommandé ou qu'il est difficile à effectuer. Il sert aussi à faire fonctionner des agitateurs portatifs et des outils manuels. On l'utilise en outre pour faciliter l'entrée dans des espaces confinés ou dans des atmosphères présentant des dangers. La pratique coûteuse, peu sécuritaire et malsaine qui consiste à utiliser l'air comprimé pour déloger la poussière et les débris des surfaces et pour effectuer des tâches de refroidissement est à proscrire.

L'opération qui requiert la pression la plus forte dans la brasserie devrait déterminer la pression de l'air comprimé dans le système. Cela revient très cher de produire plus de pression que nécessaire. Par exemple, si une pression de 5 bars seulement est requise et si le système génère une pression de 8 bars, les coûts sont, inutilement, plus élevés de 40 p. 100.

Les compresseurs à piston alternatif sont les compresseurs les plus courants. Ils existent sous différents modèles : à double effet, lubrifiés, non lubrifiés, à un cylindre, à cylindres multiples ou à deux phases. Parmi les autres modèles, citons les compresseurs à vis et les compresseurs rotatifs à palettes, ou encore les compresseurs volumétriques à deux rotors. Ces derniers, aussi connus sous le nom de « Roots Blower », sont conçus pour des tâches à faible rapport de pression allant jusqu'à un maximum de 2 bars.

Les fuites sont une source majeure d'inefficacité; elles comptent généralement pour environ 70 p. 100 du gaspillage total, mais représentent au moins 50 p. 100 de la consommation du site. Quand l'air comprimé atteint l'utilisateur final, il peut coûter jusqu'à 1,00 \$ le kWh. Le tableau 7-5 illustre les résultats des fuites à travers des trous de diamètres divers dans un système de 600 kPa, avec de l'électricité coûtant 0,07 \$ le kWh.

Tableau 7-5 : Coût des fuites d'air comprimé

Diamètre du trou	Fuite d'air	Coût \$/mois
1 mm	1 L/s	14
3 mm	10 L/s	150
5 mm	27 L/s	417
10 mm	105 L/s	1 655

Les fuites n'occasionnent pas seulement du gaspillage d'énergie, elles ont aussi une incidence sur les coûts d'exploitation. À mesure que les fuites augmentent, la pression baisse dans le système et les équipements qui fonctionnent avec de l'air sont moins efficaces. La production peut s'en ressentir. La solution coûteuse consiste à augmenter la pression pour compenser ces pertes.

Les coûts à long terme de l'air comprimé se répartissent généralement de cette manière : 75 p. 100 en énergie électrique, 15 p. 100 en capital et 10 p. 100 en entretien. Des mesures simples et efficaces peuvent faire réaliser des économies de 30 p. 100 en coûts d'électricité. Par conséquent, les efforts consacrés en vue de rendre un système éconergétique s'avèrent très productifs. Le travail devrait inclure des vérifications de la production d'air comprimé, de son traitement, du contrôle de sa distribution et de son utilisation finale.

Habituellement, un peu plus de 20 p. 100 seulement de l'énergie électrique utilisée pour extraire et comprimer l'air est convertie en énergie mécanique de l'air comprimé.

L'air comprimé est, à tort, souvent considéré comme « gratuit » par ceux qui l'utilisent du fait que l'air libre utilisé vient de l'atmosphère. Le coût électrique de l'air comprimé peut s'élever jusqu'à 70 p. 100 et plus des coûts d'exploitation annuels de tout un système, tandis que l'entretien et l'amortissement peuvent engouffrer de 15 à 20 p. 100 chacun. Donc, il est clair que l'air comprimé est une technologie où les améliorations du rendement énergétique sont directement liées aux économies financières.

La demande artificielle correspond à la consommation excédentaire d'air comprimé qui survient lorsqu'on fait fonctionner le système à des pressions supérieures à ce qui est nécessaire.

En moyenne, les économies proviennent des solutions apportées :

- aux fuites – 25 p. 100;
- aux mauvaises applications – 20 p. 100;
- à l'air perdu dans les réseaux d'évacuation – 5 p. 100;
- à la demande artificielle – 15 p. 100.

Le reste est constitué de l'utilisation d'air comprimé utile nette, soit seulement 35 p. 100. La répartition des pertes ci-dessus varie selon l'entreprise. Dans certains systèmes, les fuites à elles seules peuvent compter pour 60 p. 100.

On peut calculer les pertes d'air comprimé par les fuites durant une période autre que celle de consommation à l'aide de la formule $V_L = [V_C \times t] : T$, où V_L le volume de la perte par fuite, V_C la capacité du compresseur à pleine charge en m^3/min , t = le temps en secondes de fonctionnement du compresseur à pleine charge (c.-à-d., le total du temps de mesure à pleine charge) et T = le total mesuré, le temps écoulé.

De façon générale, les fuites ne devraient pas dépasser 5 p. 100.

Notre enquête devrait porter sur les points ci-dessus. Elle devrait commencer par un examen rapide et simple du système dont le but est d'optimiser le système actuel, ce qui engendrera des économies d'énergie et d'argent. Il faudrait à cet égard examiner chaque partie du système afin de déterminer les améliorations possibles et les options d'économies. Toutefois, pour obtenir de meilleurs résultats, il ne faut pas envisager le système comme étant la somme des composantes individuelles comme les compresseurs, les séchoirs, les filtres, les refroidisseurs et les dispositifs auxiliaires.

Des mesures simples et rentables peuvent faire économiser de 30 à 50 p. 100 des coûts de production de l'électricité.

Adoptez une vue d'ensemble et pensez en termes de pressions par rapport aux volumes, aux taux de changement de la pression, etc., pour optimiser le système. Cette approche débouchera sur une vérification avisée du système d'air comprimé, qui inclura :

- l'analyse de la demande et l'appariement de la capacité à celle-ci;
- le contrôle des pointes de demande;
- la correction des mauvaises applications et du gaspillage dans l'utilisation de l'air comprimé;
- le repérage et la correction des fuites;
- le contrôle et la gestion de tout le système;
- l'optimisation du programme d'entretien;
- la sensibilisation des utilisateurs afin qu'ils corrigent des pratiques et fassent des économies;
- le contrôle des résultats, du rendement et des coûts du système d'air comprimé.

Voici une brève description des divers problèmes accompagnée d'une liste de PGE, et une indication du fait que vous vous retrouverez probablement dans la catégorie des points d'entretien gratuits ou à faibles coûts (\$), à coûts moyens (\$\$) ou des points de réfection à coûts importants (\$\$\$).

Analyser la demande	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiez les utilisateurs importants et analysez leurs besoins en matière de pression de l'air comprimé, de débit volumétrique, de fréquence d'utilisation et de durée. Cela aidera à concevoir des solutions adaptées et à réduire les effets indésirables sur les autres utilisateurs du système (\$).
Contrôler l'appel de puissance	<ul style="list-style-type: none"> • Fournissez une capacité d'entreposage appropriée de l'air comprimé afin de réduire la fluctuation; envisagez d'installer des réservoirs supplémentaires d'air comprimé (\$). • Songez à remplacer une partie du réseau de distribution d'air par des conduites à grand diamètre afin de stabiliser l'approvisionnement d'air et de permettre la réduction de la pression d'air (\$-\$-\$-\$).
Corriger les mauvaises applications	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacez les générateurs de vide utilisant l'air comprimé, les moteurs pneumatiques, le dépoussiérage par le soufflage d'air comprimé, et le soufflage ouvert par d'autres appareils qui donnent les mêmes résultats mais à des coûts moindres (\$-\$-\$). Au besoin, installez un souffleur à basse pression pour ce faire.

<p>Éliminer le gaspillage</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Produisez de l'air comprimé à la pression la plus basse possible en fonction de l'activité en cause (\$). • Ne produisez jamais d'air comprimé à une pression trop élevée pour la réduire ensuite à une pression inférieure (\$). • N'augmentez pas la pression pour alimenter des outils pneumatiques mal entretenus ou pour compenser des conduites de distribution d'air sousdimensionnées (\$). • Songez à utiliser des buses de soufflage à haut rendement qui réduisent la consommation d'air d'au moins 50 p. 100 (\$). • Songez à utiliser un type de buse et une configuration différents lorsque vous éliminez l'eau après la pasteurisation (\$-\$\$). • Réduisez les pertes d'air comprimé dans les appareils de mesure et de contrôle qui y font appel : posez des vannes de section (\$\$). • Songez à un pressostat combiné haute pression-basse pression pour le fonctionnement en dehors des quarts de travail (\$\$). • Éteignez les compresseurs lorsqu'ils ne sont pas utilisés (\$) – y compris lors des fins de semaine, si possible.
<p>Éliminer les fuites</p> <p><i>Souvenez-vous : il faut que le programme de réduction des fuites soit permanent pour être efficace.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Considérez l'air comprimé comme étant de l'eau et stoppez les fuites immédiatement (\$). • Utilisez la méthode d'écoute des fuites après les heures normales de travail (\$). • Investissez dans un appareil d'écoute à ultrasons pour repérer les fuites (p. ex., Ultraprobe 2000^{MD}) (\$). • Songez à acquérir un testeur de fuites d'air comprimé pour déceler les chutes de pression et pour mesurer la capacité du compresseur (\$\$). • Envisagez de mettre en œuvre un processus automatique de mesure des fuites, effectué la fin de semaine, au moyen d'un système informatisé de contrôle, de réglementation et de surveillance, et l'installation de suffisamment de vannes de section.
<p>Gérer le système</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Exigez des utilisateurs qu'ils justifient l'utilisation de l'air comprimé (\$). • Instituez la mesure de la consommation de l'air comprimé par les utilisateurs au point terminal (\$). • Rendez les utilisateurs responsables au plan budgétaire de leur consommation d'air comprimé (\$). • Envisagez d'installer la « configuration des charges » – un système de gestion de la demande spécialisé pour s'occuper des pointes sans nuire aux niveaux de pression. Il permet d'éviter le démarrage des compresseurs additionnels inutilement, ou de laisser les compresseurs excédentaires fonctionner « juste au cas » (\$\$\$). • Utilisez le système central de contrôle, de réglementation et de surveillance pour démarrer ou stopper les compresseurs à des heures préétablies durant la semaine. (L'un de ces programmes s'appelle XCEED^{MD} Compressed Air Management System.) (\$\$\$). • La qualité non contrôlée de l'air comprimé peut entraîner des pannes. Mettez en œuvre un programme régulier d'entretien, d'inspection et d'entretien préventif des composants du système. Incluez également les appareils de contrôle et de surveillance dans le programme (\$).

<p>Former les opérateurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pour réaliser des économies opérationnelles et des améliorations de la qualité, les utilisateurs et les opérateurs doivent comprendre le système et être conscients de ses coûts d'exploitation (\$). • Déléguez la responsabilité pour vous assurer que le système d'air comprimé n'ait aucune fuite (\$). • Exigez des opérateurs qu'ils marquent les fuites aussitôt qu'elles sont découvertes pour que les responsables de l'entretien s'en chargent (\$).
<p>Surveiller le rendement</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Installez à la fois des compteurs d'électricité et de débit d'air (vortex) pour surveiller la consommation d'énergie (\$\$). • Chaque mois, surveillez les paramètres suivants : <ul style="list-style-type: none"> • la consommation d'électricité (en kWh) et le nombre total d'heures de main-d'œuvre en production; • le rendement des compresseurs (en kWh/m³); • la consommation d'air comprimé (en m³) et le nombre total d'heures de main-d'œuvre en production. • De plus, effectuez l'analyse des coûts financiers des mêmes opérations.

Étude de cas : Réduction de la pression d'air dans les compresseurs

Un compresseur d'air de 60 HP tournait à 760 kPa (110 psi), tandis que la pression maximale requise par les machines servant à la fabrication n'était que de 620 kPa (90 psi). Par conséquent, un simple ajustement du régulateur de pression permettrait d'abaisser la pression de l'air de sortie du compresseur à 655 kPa (95 psi). La puissance utile serait ainsi réduite de 7,5 p. 100.

Recommandation : abaisser la pression de fonctionnement d'un compresseur réduit sa charge et sa puissance d'utilisation au frein. En utilisant un tableau approprié pour inscrire les pressions de sortie initiale et abaissée, il est possible de déterminer la diminution (en pourcentage) de la puissance au frein.

Les économies réalisées se calculent selon la formule :

$$ÉC = (HP : \eta) \times CP \times H \times S \times FC \times CC$$

ÉC = économies prévues pour le compresseur, \$/an

HP = puissance nominale du compresseur (soit 60 HP)

η = rendement du moteur électrique entraînant le compresseur, en pourcentage

S = réduction prévue des HP (soit 7,5 p. 100)

H = nombre d'heures d'utilisation annuelle

CP = charge partielle moyenne (par exemple 0,6)

FC = facteur de conversion (0,7459 kW/HP)

CC = coût de la consommation électrique, \$/kWh

Résultats : la période de récupération sur des économies de 480 \$ par an a été immédiate.

Étude de cas : Réparation des fuites des compresseurs d'air

Une fuite d'air importante (6 mm de diamètre) et trois fuites de moindre importance (2 mm de diamètre chacune) ont été découvertes dans le système de compression d'air d'une usine grâce à une inspection effectuée pendant une période hors production. Le total de la fuite a été évalué à 137 kg air/h. Le débit masse s'échappant d'un trou se calcule selon la formule de Fliegner :

$$m = 1\,915,2 \times k \times S \times P \times (T + 460)^{-0,5}$$

m = débit masse

k = coefficient de la buse (par exemple 0,65)

S = superficie du trou

P = pression dans l'axe du trou

T = température de l'air dans le conduit

Les économies réalisées se calculent selon la formule :

$$\dot{E} = P \times D \times H \times CP \times CC$$

\dot{E} = économies réalisées, \$/an

P = électricité requise pour élever la pression de l'air, kWh/kg

D = débit total de la fuite, kg/h

H = utilisation annuelle du système de compression d'air, h/an

CP = charge partielle estimée (par exemple 0,6)

CC = coût de la consommation électrique, \$/kWh

Résultats : la réparation des fuites, effectuée même de façon temporaire à l'aide d'une bride de serrage, a permis de réaliser des économies annuelles de 1 360 \$ et la période de récupération a totalisé 12 jours.

Étude de cas : Réorientation de l'arrivée d'air pour utiliser l'air extérieur

Un compresseur de 60 HP aspirait l'air de la salle des machines, où la température était de 29 °C. La température moyenne annuelle de l'air extérieur était de 10,5 °C.

La réorientation de l'arrivée d'air vers l'extérieur, du côté nord du bâtiment, a permis d'aspirer de l'air plus frais et donc plus dense. Le compresseur travaillait moins pour obtenir une augmentation de la pression donnée, car la réduction du volume d'air requise était moins élevée. Les économies d'énergie réalisées se sont élevées à 7,1 p. 100.

Le calcul permettant de réduire le travail du compresseur grâce à un changement de température de l'air aspiré s'effectue selon la formule :

$$RT = (WI - WE) : WI = (TI - TE) : (TI + 460)$$

RT = réduction partielle du travail du compresseur

WI = travail du compresseur avec air intérieur aspiré

WE = travail du compresseur avec air extérieur aspiré

TI = température moyenne annuelle intérieure, °C

TE = température moyenne annuelle extérieure, °C

Les économies réalisées en utilisant l'air de refroidissement intérieur se calculent selon la formule :

$$C = HP \times (1 : \eta) \times CP \times H \times FC \times CC \times RT$$

C = économie de coûts prévue, \$/an

HP = puissance requise pour faire fonctionner le compresseur

η = rendement du moteur du compresseur, en pourcentage

CP = facteur moyen de charge partielle (par exemple 0,6)

H = nombre d'heures d'utilisation annuelle

FC = facteur de conversion, 0,7459 kW/HP

CC = coût de la consommation électrique, \$/kWh

Résultats : les économies annuelles se sont élevées à 445 \$. Avec le coût de l'installation du tuyau en PVC de diamètre 40 et quelques rouleaux d'isolant en fibre de verre, la période de récupération a été de 10 mois.

Air comprimé : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Entretenez les filtres à air.</i> • <i>Éliminez les conduites et les raccords redondants comme sources possibles de fuites.</i> • <i>Enlevez les conduites désuètes de distribution d'air comprimé (pour réduire les pertes de pression, les fuites et les coûts d'entretien).</i> • <i>Lorsque des compresseurs volumétriques à piston et à vis sont utilisés en parallèle, maintenez toujours les compresseurs à vis à pleine charge. Dès que les charges partielles sont nécessaires, fermez le compresseur à vis et utilisez plutôt le compresseur volumétrique à piston.</i> • <i>Évitez d'utiliser l'air comprimé lorsque de l'air soufflé à basse pression fait aussi bien le travail.</i> • <i>Assurez-vous que le système est sec – veillez à ce que les pentes d'écoulement, les points de drainage et les points de branchement (toujours au-dessus) empêchent la corrosion interne des conduites.</i> • <i>Passez en revue toutes les opérations utilisant de l'air comprimé et élaborer une liste d'autres méthodes.</i> • <i>Examinez le système d'air comprimé et les utilisations de l'air tous les ans – élaborer une liste de contrôle pour simplifier la tâche.</i> • <i>Tenez tous les outils, les raccords et les conduites d'air en bon état.</i> • <i>Mettez en œuvre un programme de sensibilisation dans toute la brasserie.</i> • <i>Tirez l'air d'admission à la fois pour la compression et le refroidissement du compresseur (s'il est refroidi à l'air) de l'endroit le plus frais à l'extérieur, probablement par canalisation directe de l'entrée d'air frais extérieur.</i> • <i>Déchargez dehors, l'été, les compresseurs refroidis par air et, en hiver, utilisez-les à l'intérieur pour le chauffage des locaux.</i> • <i>Vérifiez si le système utilisé n'est pas défectueux, notamment s'il requiert une pression plus élevée que celle à laquelle il est censé fonctionner.</i> • <i>Assurez-vous que la tuyauterie ne présente aucun problème entraînant des baisses de pression du système.</i>
---	--

110

	<ul style="list-style-type: none"> • Assurez-vous que le système de tuyauterie est sec : corrigez l'inclinaison, les points de drainage ainsi que les branchements qui doivent toujours être au-dessus de la tuyauterie. • Faites attention à la corrosion; elle peut occasionner des fuites. • Mettez en œuvre un système d'entretien et d'inspection à intervalles réguliers. • Investissez dans un détecteur/testeur de fuites d'air pour mesurer les fuites volumétriques totales dans l'ensemble du système d'air comprimé et la capacité du compresseur. • Arrêtez les compresseurs quand la production cesse. En cas de besoin d'air comprimé pour les instruments, pensez à installer un compresseur distinct pour cette fonction, ce qui ménagera le compresseur principal. • Maintenez les compresseurs à vis à plein régime quand des compresseurs à piston et à vis sont utilisés en parallèle. En cas de besoin de charges partielles, utilisez le compresseur à piston et arrêtez les compresseurs à vis. • Réduisez au minimum le cycle de régénération des déshydrateurs d'air en installant un régulateur réglé sur la mesure du point de rosée. • Mettez, si possible, les compresseurs dans un espace clos pour prévenir les infiltrations de chaleur indésirables dans les bâtiments.
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacez les vieux appareils à entraînement pneumatique qui exigent beaucoup d'entretien par des moteurs neufs à haut rendement. • Quand beaucoup d'utilisateurs demandent de l'air à basse pression, il vaut peut-être la peine d'installer un réseau de distribution distinct. • Installez un prérefroidisseur pour refroidir l'air d'entrée et retirer la plus grande partie de l'humidité. • Songez à installer un coupe-air de vidange de la condensation électronique pour vous débarrasser de l'eau dans le récepteur et les conduites. Il ne gaspille pas d'air lorsque l'eau est éjectée, par opposition à la pratique standard qui consiste à ouvrir la soupape d'écoulement du récepteur pour purger celui-ci continuellement. Ces appareils sont très fiables. La période de récupération de l'investissement va de 8 à 24 mois. • Installez un grand réservoir accumulateur d'air comprimé pour réduire le recyclage du compresseur. • Passez en revue toutes les opérations utilisant de l'air comprimé et dressez une liste des moyens de remplacement pour accomplir les mêmes tâches. • Si les compresseurs sont refroidis à l'aide d'eau, cherchez des moyens de récupérer la chaleur provenant des circuits d'eau de refroidissement. • Dans les installations où il y a plusieurs compresseurs, établissez un horaire d'utilisation en fonction de l'appel de puissance ainsi qu'une séquence de fonctionnement, de façon à ce qu'un ou plusieurs compresseurs soient mis hors tension quand l'appel de puissance est inférieur à leur capacité totale. Cette mesure évite de garder en marche plusieurs compresseurs fonctionnant à charge partielle. • Modifiez la tuyauterie de façon à pouvoir fermer des zones de production, comme l'unité de conditionnement, quand il n'y a pas d'appel de puissance (en dehors des quarts de travail ou pendant la fin de semaine).

<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Installez un régulateur de pression du système pour éliminer la demande artificielle en stabilisant la pression au niveau minimal requis pour la production. Remarque : généralement, on atteint des économies d'énergie de 10 p. 100 (p. ex., XCEED^{MD} Demand Expander). • Songez à installer des séchoirs à tambour, où la chaleur produite par le compresseur d'air sert à régénérer continuellement le desséchant du séchoir d'air, et aucun air comprimé n'est consommé. • Envisagez d'installer un réseau de distribution de conduites en plastique étanche à l'air pour remplacer les vieux tuyaux d'acier de même que les circuits corrodés et fuyants. • En ce qui concerne l'utilisation réduite ou occasionnelle d'air comprimé, songez à utiliser un compresseur à moteur à combustion, qui offre un intrant d'énergie moins dispendieux et a un meilleur rendement de charge partielle que les moteurs électriques. Il permet également de récupérer la chaleur de l'évacuation et de l'enveloppe du moteur. • Vérifiez les dimensions du réseau de distribution d'air pour voir si celui-ci bénéficie d'un ajustement « serré », ce qui évite des pertes excessives de pression. • Envisagez de remplacer vos séchoirs d'air comprimé par un type de séchoir plus efficace, par exemple un lyophilisateur ou un séchoir à tambour rotatif. • Songez à doter votre compresseur à vitesse fixe d'un variateur de vitesse. En général, la période de récupération de l'investissement est inférieure à deux ans. • Réduisez les pertes de ralenti et veillez à produire le moins de pression possible en surveillant constamment la pression au point terminal et en l'alliant au fonctionnement du compresseur. • Examinez la charge du compresseur et essayez de voir si l'installation de compresseurs à dimensions variables équilibrerait la charge en lui adjoignant des compresseurs de dimensions convenables face à la demande momentanée. • Récupérez la chaleur des compresseurs pour le préchauffage, plutôt que de déboursier pour les refroidir. • Songez à installer un bac tampon afin d'assurer la régulation des cycles d'utilisation des compresseurs les plus vieux.
---	---

Étude de cas : Les dimensions de mon compresseur lui permettent-elles de répondre adéquatement à la demande? (étude effectuée par un brasseur participant)

Presque toute la documentation disponible au sujet de l'air comprimé est axée sur la réduction des fuites et de la pression du système. Bien que ces éléments soient importants, un des aspects les plus fondamentaux d'un système d'air comprimé demeure négligé. Ses dimensions lui permettent-elles de répondre adéquatement à la demande? En règle générale, on se rendra rapidement compte qu'un système est sous-dimensionné, car il engendrera des répercussions directes sur les activités lorsqu'il n'a pas accès à une quantité suffisante d'air. Un système surdimensionné sera toutefois plus difficile à détecter, et son fonctionnement ainsi que son entretien s'avéreront beaucoup plus coûteux.

Dans le cadre d'un projet de remplacement d'envergure, une brasserie a procédé à une investigation détaillée en ce qui a trait à son système d'air comprimé. Le projet a été entrepris à la suite de nombreuses défaillances en cours d'année, lesquelles ont placé l'installation dans une position risquée, l'empêchant presque de fournir des produits en temps opportun. La brasserie prévoyait faire l'achat d'un système auxiliaire. Le système original consistait en un compresseur de 200 HP pouvant

produire environ 800 pieds cubes par minute standard (pi³/min standard). Des évaluations plus poussées ont permis de découvrir que l'installation ne nécessitait que 550 pi³/min standard lors des charges de pointe. Puisque la brasserie ne possédait pas de réservoir tampon, le système perdait en réalité 30 p. 100 de l'air qu'il générait.

Au bout du compte, le système fonctionnait de façon excessive, et les coûts liés à son entretien et à son alimentation électrique étaient très élevés. Puisque le système était surdimensionné, la réparation des fuites n'a pas eu d'incidence sur le résultat net. La réduction de la consommation n'aurait donné lieu qu'à davantage d'air purgé et perdu.

Résultat : à la suite des évaluations et après avoir compris le problème, la brasserie a opté pour un système comportant une unité à vitesse fixe de 75 HP, une unité à vitesse variable de 75 HP ainsi qu'un grand réservoir tampon. Grâce à la compréhension du profil de charge, les employés ont été en mesure de calibrer efficacement le système et d'installer un système favorisant une réduction de 30 p. 100 de la consommation de l'électricité utilisée par l'emploi de l'air comprimé.

Pour plus d'information : Le site Web de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada fournit des renseignements supplémentaires et pratiques sur l'air comprimé sous la rubrique Industries et équipement éconergétique au oee.nrcan.gc.ca/node/13268.

7.8 GAZ DE PROCÉDÉS

Le **dioxyde de carbone (CO₂)** et parfois l'**azote (N₂)**, gaz employés dans la production, ont de nombreuses utilisations liées à la qualité des produits dans les brasseries. On les utilise pour ajouter de l'azote dans les produits. Ils empêchent l'oxygène d'entrer en contact avec la bière, non seulement lors du remplissage et du vidage des cuves et des tuyaux contenant de la bière, mais aussi lors des transferts. On les utilise pour la désaération de l'eau, pour la mise en bouteilles, en canettes et en barillets et, parfois, au moment de la distribution de la bière dans les pubs. Dans une brasserie moderne, le gaz carbonique peut servir à chacune des étapes de production, étapes au cours desquelles il peut aussi se dégager.

L'**azote**, un gaz moins dispendieux à l'achat que le CO₂ et facile à produire sur place, peut être utilisé pour les mêmes applications que celles mentionnées plus haut. L'azote permet le lavage des cuves avec les détergents caustiques biocides, quand il n'est pas pratique d'utiliser du CO₂. Ainsi, avec le CO₂, il y a danger que la cuve s'affaisse et que des pertes de détergents par neutralisation se produisent. Pour le traitement de la bière, on utilise souvent l'azote en mélange avec le CO₂ (30 à 60 p. 100). Son utilisation dans la bière produit un collet de mousse plus dense et plus stable ayant des bulles plus fines, pratique prônée par une brasserie irlandaise depuis plusieurs décennies. Toutefois, la décision d'employer de l'azote dépend des considérations relatives à la production ou au marketing ou encore des deux à la fois. En raison de la plus faible densité de l'azote et du fait que l'utilisation de gaz exempt d'oxygène dans la brasserie est contrôlée par volume plutôt que par poids, l'utilisation de l'azote peut réduire le coût de tels gaz de 30 à 50 p. 100 par rapport au coût équivalent de CO₂.

Le CO_2 est un produit de la métabolisation de la levure pendant la fermentation du moût. Des calculs théoriques montrent que 52 p. 100 des sucres fermentables dans le moût seront convertis en CO_2 . Cela se traduit par un rendement théorique de 0,43 kg par degré Plato ($^{\circ}\text{P}$) atténué. Par conséquent, la production en CO_2 de la cuve de fermentation est environ de 4 kg à partir d'un hectolitre de moût à 12 $^{\circ}\text{P}$, ou environ de 6 kg/hl à partir de moût de haute densité à 18 $^{\circ}\text{P}$. En pratique, les quantités qu'il sera possible de recueillir seront moindres en raison des pertes et de l'absorption dans la bière jeune : environ 0,16 à 0,24 kg/ $^{\circ}\text{P}$. L'utilisation du gaz varie entre 1,5 kg et 5 kg/hl de produit fini selon la combinaison des produits et la précision de la gestion du CO_2 . Pour être liquéfiable, le CO_2 doit être au moins pur à 99,8 p. 100. Toutefois, puisque l'oxygène a un effet tout à fait néfaste sur le goût de la bière et sa stabilité physique, le CO_2 utilisé pour saturer la bière devrait être essentiellement libre de tout oxygène.

Il devrait être recueilli dans les systèmes traditionnels à un degré de pureté de 99,98 p. 100 ou environ 24 heures après le début de la fermentation pour produire du gaz ayant le contenu en oxygène le plus faible, par exemple 5 ppm. Pour cette raison, **le CO_2 est un élément important dans une brasserie qui a une influence directe et majeure sur la qualité de la bière. Cette considération doit guider tout d'abord la collecte, la manutention et l'utilisation de CO_2 dans une brasserie**, et le gaz doit être soumis à la vérification de l'altération de son goût.

Il est possible de récupérer le CO_2 pur au moyen d'une distillation à basse température, et ce, même dans le cadre de la collecte de CO_2 fortement contaminé par l'air (p. ex., 20 p. 100). La collecte peut débuter dès que la cuve de fermentation est remplie. Le premier gaz, principalement de l'air, sera dilué avec les émanations provenant des autres cuves de fermentation. Les installations de distillation à basse température ont une meilleure efficacité de collecte qui atteint 0,28 à 0,33 kg par degré d'atténuation. De plus, la méthode permet de simplifier les conduites et la robinetterie et peut ainsi influencer sur le taux de rendement du capital investi.

Le CO_2 est dispendieux à l'achat et sa liquéfaction et son évaporation sur place sont énergivores, d'où la possibilité de faire des économies substantielles à la fois au chapitre de son coût d'achat et de sa production. En ce qui a trait à ses besoins en CO_2 , une brasserie peut être autosuffisante et aurait avantage à l'être. Les exemples de brasseries bien gérées qui vendent d'importants surplus de CO_2 ou qui les utilisent pour leur propre production de boissons gazeuses abondent. Une bonne gestion de la production et de l'utilisation du gaz est la condition préalable à l'autosuffisance. La priorité consiste d'abord à réduire l'utilisation de CO_2 (réduction du gaspillage), puis à le récupérer davantage.

L'autre source de CO_2 dans une brasserie est constituée par les émissions de **gaz de combustion des chaudières**. Il existe sur le marché de l'équipement pour capter, purifier et liquéfier le CO_2 (p. ex., les équipements Wittemann). Toutefois, pour saturer la bière et les boissons gazeuses, on préfère le CO_2 produit dans la cuve de fermentation. Dans certains pays, cet usage est légiféré. Le CO_2 provenant des émissions de gaz de combustion ainsi que le CO_2 non liquéfiable venant des cuves de fermentation peuvent être destinés à de nombreuses utilisations dans une brasserie; parmi celles-ci figurent la neutralisation des effluents de brasserie et son utilisation comme gaz tampon dans les cuves, etc.

Gaz de procédés : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminez le bilan massique du CO₂ dans la brasserie. Achetez ou louez des compteurs d'écoulement des gaz. Pour l'écoulement gazeux, le type de compteur de masse thermique ayant un rapport de réglage élevé d'environ 100:1 convient; pour le débit des liquides, un compteur à effet de Coriolis est préférable, car il fonctionne indépendamment de la densité, de la conductivité, de la viscosité et de la température. • <i>Détectez et colmatez toutes les fuites.</i> • <i>Fermez le gaz quand il n'est pas utilisé, par exemple dans les soutireuses de bouteilles et de canettes.</i> • Pressurisez les cuves de fermentation avec du CO₂ avant de les remplir afin de réduire le gaspillage par dégazage avant la collecte et d'en augmenter le rendement. • Revoyez le réglage de la pression du bol de la soutireuse. La réduction de la pression dans le bol et la réduction de la limite de variation du dispositif de réglage la contrôlant se traduiront par des économies. À cette fin, une commande régulatrice de pression serait utile. • Vérifiez l'utilisation du gaz sur la soutireuse à canettes, grande consommatrice de CO₂, de même que la position et l'état des becs. • Limitez l'utilisation inutile de CO₂ dans les réservoirs de stockage quand la pression de gaz est trop élevée (0 à 1 bar devrait suffire). Il faut éviter d'augmenter la pression pendant le vidage du réservoir afin de maintenir une pression appropriée à l'orifice d'aspiration en vue de prévenir la cavitation, car cela est du gaspillage. Il est plutôt préférable de redimensionner les conduites de façon à assurer une pression suffisante à la pompe, quelles que soient les conditions. • <i>Évitez d'avoir un régime de collecte de CO₂ reposant sur le temps écoulé depuis le remplissage de la cuve de fermentation ou sur une chute de la gravité du moût. Régissez plutôt la collecte de CO₂ par la mesure de son contenu en oxygène.</i> • <i>La détermination du moment de collecte du CO₂ commence quand les augmentations de température de 0,5 °C dans la cuve de fermentation ont montré de bons résultats. Ce point de collecte a été corrélé à une pureté de 99,5 p. 100.</i> • <i>Revoyez le contrat avec le fournisseur de CO₂; faites le tour des fournisseurs pour obtenir de meilleurs prix et services.</i>
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Installez des débitmètres de façon hiérarchique, par exemple un compteur soutenu par des sous-compteurs à des niveaux différents pour mesurer toutes les utilisations de gaz. • Raccordez des réservoirs pour réduire la consommation de CO₂. • Évaluez la pertinence de remplacer le CO₂ par de l'azote quand cela est préférable. • Récupérez le CO₂ dans les réservoirs de stockage et les réservoirs tampons.

Éléments à coûts importants	<ul style="list-style-type: none"> • Installez un compresseur et un ballon de stockage pour le captage des gaz de combustion à utiliser pour la correction et la neutralisation de l'acidité des effluents. • Éliminez le gaspillage occasionné par les soupapes à masse au moment de la mise sous pression du réservoir avant le remplissage. Ces soupapes régularisent la pression en laissant s'échapper les excès de gaz plutôt qu'en coupant l'alimentation. Remplacez-les par le système de régulation approprié. • Automatisez la collecte de CO₂ dans toutes les cuves de fermentation à l'aide de mesures directes de pureté du gaz obtenues à partir de la conductivité thermique, en ce qui concerne le CO₂, et en ce qui a trait à l'oxygène et parfois au CO₂ à partir de cellules de détection paramagnétiques ou électrochimiques à zircon. • Évaluez le coût de l'installation d'un générateur d'oxygène et d'azote sur place, l'oxygène étant utilisé pour l'oxygénation du moût, l'azote pour l'incorporation de gaz inertes et d'azote. • Évaluez la pertinence d'installer du matériel de semi-distillation.
------------------------------------	--

7.9 SERVICES PUBLICS ET EAU DE PROCÉDÉS

Les activités brassicoles sont très énergivores. La consommation spécifique de l'eau constitue une mesure commune et s'exprime par le rapport du nombre d'hectolitres d'eau au nombre d'hectolitres de bière.

À l'échelle internationale, l'entreprise Campden BRI, en collaboration avec la société néerlandaise KWA, a entrepris de nombreuses études sur l'utilisation de l'eau auprès des brasseries au cours des dernières années. La dernière étude, achevée en 2007, sondait 130 brasseries dont la production est supérieure à 50 000 hl. La consommation spécifique de l'eau oscillait entre 2,3 hl/hl (la meilleure pratique) et 8,8 hl/hl, le décile supérieur affichant une consommation spécifique de l'eau ≤ 3,5. Le tableau 7-6 illustre les résultats d'une étude sur la consommation spécifique de l'eau menée au Royaume-Uni.

Tableau 7-6 : Étude sur la consommation spécifique de l'eau au Royaume-Uni

Envergure de la brasserie, hl/an	Étendue de la consommation spécifique de l'eau	Consommation spécifique de l'eau moyenne
> 500 000	3,04-10,41	4,0
100 000-500 000	3,74-17,28	6,56
< 100 000	3,04-10,41	5,91

Au sein des « importants » groupes internationaux (information issue de rapports d'entreprise), la consommation spécifique de l'eau en 2007 était de 4,6 pour SAB-Miller, de 5,0 pour InBev et de 5,5 pour Anheuser-Busch (avant sa fusion).

L'entreprise SAB-Miller s'est fixé un objectif dans le but de réduire sa consommation spécifique de l'eau à 3,5 d'ici 2015, et ce, grâce à la mise en œuvre d'un projet d'empreinte aquatique propre aux activités et aux procédés individuels. Préalablement à sa fusion, en 2010, A-B avait un objectif de 4,0 hl/hl de consommation spécifique de l'eau. Au Canada, selon certaines sources, la consommation spécifique de l'eau moyenne est de 5,6 hl/hl pour les brasseries de grande envergure.

Pour remettre le tout en perspective, avec une consommation spécifique de l'eau de 6,5, la consommation d'eau par hectolitre de bière produite se chiffre à environ :

1,3 hl/hl ou 20 p. 100	eau employée en tant que matière première
0,7 hl/hl ou 10 p. 100	transfert thermique
2,9 hl/hl ou 45 p. 100	tâches de nettoyage
1,6 hl/hl ou 25 p. 100	autres (y compris les pertes)

Dans une brasserie, la gestion de l'eau comporte deux aspects : le volume utilisé et la conservation de la chaleur transportée par l'eau.

Les efforts visant à gérer l'utilisation de l'eau devraient commencer par la préparation d'un bilan hydrique. **Il faut tracer un diagramme du bilan thermique et massique de la consommation d'eau dans différents secteurs de l'usine en prévision d'un programme d'économie d'eau et d'énergie.**

Les emplacements et les débits de toutes les consommations d'eau dans la brasserie peuvent être mesurés, et, en l'absence de compteurs comme c'est souvent le cas dans bien des petites brasseries, il faut s'en remettre à des estimations. La pression de l'eau, le diamètre connu des conduites principales et souvent un seau de cinq gallons et un chronomètre peuvent servir à se donner une idée raisonnablement précise de la consommation. Il faudrait aussi mesurer les températures de l'eau. On doit analyser les renseignements pour déceler le gaspillage, l'utilisation improductive et les débits excessifs. Cela devrait permettre de connaître le circuit à utiliser et à quel endroit, si la réutilisation de l'eau est possible et à quelles fins, et à quels endroits il est possible de transférer la chaleur. Avec le lancement réussi d'initiatives de conservation de l'eau, il pourrait être justifiable d'installer davantage de compteurs de débit d'eau ailleurs dans la brasserie.

Les coûts annuels de l'eau dans une brasserie sont de beaucoup inférieurs aux coûts de l'énergie, mais la conservation de l'eau est un geste tangible, très visible que chacun peut comprendre et que tout le monde soutiendrait. Il ne fait aucun doute qu'il existe des possibilités de conservation dans toute brasserie. Dans les procédés, l'eau utilisée pour une opération pourrait être ensuite pompée dans une autre, etc. **L'industrie brassicole a été en mesure de réduire les frais de canalisation par la quantité d'eau dans le produit et par la perte d'évaporation de la salle de brassage.** (En ce qui a trait à la contamination excessive des eaux usées, des surcharges d'effluents additionnelles peuvent s'appliquer.)

Avec le temps, les soupapes et les robinets qui fuient, les joints qui ont du jeu et les tuyaux qui coulent peuvent coûter beaucoup d'argent à la brasserie. Il risque d'y avoir plusieurs fuites à un certain moment, et les pertes s'accumulent (tableau 7-7). Les coûts connexes de l'électricité pour faire fonctionner les pompes, les ventilateurs, les coûts de traitement de l'eau et l'entretien accroissent davantage les pertes financières.

Tableau 7-7 : Fuites d'eau – Coûts et pertes associés

Taux de fuite	Perte mensuelle (m ³)	Coût mensuel (\$) *	Perte annuelle (m ³)	Coût annuel (\$) *
Une goutte par seconde	0,13	1	1,6	10
Deux gouttes par seconde	0,4	2	4,9	20
Gouttes se transformant en filet d'eau	2,6	10	31,8	127
Filet d'eau de 1,6 mm de diamètre	9,4	38	113,5	454
Filet d'eau de 3,2 mm de diamètre	29,5	118	354	1 416
Filet d'eau de 4,8 mm de diamètre	48,3	193	580	2 320
Filet d'eau de 6,4 mm (1/4 po) de diamètre	105	420	1 260	5 040

* Le coût approximatif est de 2 \$/m³ d'eau achetée et de 2 \$/m³ d'eau usée; les chiffres sont arrondis. Utilisez vos coûts réels afin de calculer les pertes financières potentielles propres à votre situation.

Une brasserie peut disposer de plusieurs systèmes d'eau, comme l'eau de refroidissement pour les procédés, l'eau potable, l'eau chaude domestique et l'eau de chaudière, l'eau de recirculation du pasteurisateur à tunnel, l'eau pour le lavage des bouteilles et des barillets, pour le nettoyage en circuit fermé et le rinçage de l'équipement de production, pour l'empâtage et le lavage de la drèche, pour l'ajustement plato de la bière à haute densité avec de l'eau (en particulier pour les bières légères), pour la purge des canules et des soutireuses, pour le lavage des planchers, etc. Ces types d'eau ont tous une partie non efficiente et, à cause du contenu thermique de l'eau, ils ont les mêmes possibilités de gestion de l'énergie. Par exemple, la température de l'eau d'arrivée peut être de 12 °C seulement et la température de l'ensemble des effluents de brasserie peut se situer à 28 °C. L'eau devrait être recirculée autant de fois que possible pour ces opérations afin d'empêcher le gaspillage.

Des systèmes ouverts comme les refroidisseurs évaporatifs et les tours de refroidissement sont utilisés habituellement. Ils ont besoin de plus d'énergie pour entraîner les ventilateurs qui déplacent l'air, de même qu'un appoint d'eau pour compenser l'évaporation, l'eau entraînée et les purges nécessaires. Il faut traiter l'eau pour empêcher la formation de tartre et de dépôts ainsi que la corrosion. Les tours de refroidissement refroidissent l'eau de retour jusqu'à un certain niveau, qui est habituellement de 6 °C au-dessus de l'adiabatique du thermomètre mouillé.

Des refroidisseurs mécaniques à circuit fermé utilisent le serpentin de condensation du réfrigérant pour extraire la chaleur. Ils conservent effectivement l'eau, produisent de l'eau très froide et éliminent la nécessité de produits chimiques pour conditionner l'eau, mais ils sont plus dispendieux à installer et à faire fonctionner.

Le refroidissement des compresseurs d'air nécessite également le contrôle étroit de la température de l'eau. Le sous-refroidissement et le surrefroidissement peuvent toutefois causer des dommages mécaniques importants à un compresseur d'air, et il vaut mieux consulter le fabricant des compresseurs à cet effet.

Dans tous les projets faisant intervenir la chaleur de l'eau, il est nécessaire de bien isoler les réservoirs et les conduites. Les tuyaux servant au transport de l'eau chaude ou de l'eau refroidie (ou du moût ou de la bière) doivent être bien isolés pour prévenir les pertes ou les gains de chaleur. Les tuyaux d'eau refroidie doivent également être recouverts d'un pare-vapeur pour empêcher que la condensation sature l'isolant de fibre en vrac. Le potentiel énergétique de l'eau chaude peut bénéficier aux autres activités technologiques (empâtage, lavage de la drêche, nettoyage, pasteurisation, etc.) et servir au chauffage des locaux, à la production de vapeur, au mélange d'air d'appoint ainsi qu'aux thermopompes pour la climatisation. Des outils d'évaluation, comme ceux de la marque WaterSaver®, sont accessibles au www.bri-advantage.com.

Étude de cas : Diminution de la consommation d'eau pour refroidir les compresseurs d'air

Un compresseur d'air de 60 HP était refroidi par un écoulement d'eau direct acheminé par les serpentins refroidisseurs du compresseur. La température de l'eau passait de 18 °C à 29 °C, et l'huile du compresseur était à 32 °C; elle devait normalement atteindre une température de 66 °C. Deux options se présentaient pour réduire la consommation d'eau : l'installation d'un clapet obturateur ou le recyclage de l'eau dans une petite tour de refroidissement.

Pour ce qui est du clapet obturateur, une petite ouverture conçue pour garantir le débit minimal requis acceptable par le fabricant a été pratiquée dans le clapet. Ainsi, l'écoulement ne peut plus s'interrompre accidentellement, même s'il reste de la marge pour ajuster l'écoulement, le cas échéant, et pour vidanger le conduit de temps en temps afin d'enlever les sédiments.

La tour de refroidissement permettrait de rejeter la chaleur récupérée par l'eau de refroidissement et son recyclage.

Le débit de l'eau de refroidissement pourrait être réduit afin que cette dernière puisse sortir à 63 °C, permettant à l'huile de rester à 66 °C.

Formule du nouveau débit

Le nouveau débit est calculé selon la formule :

$$ND = \{(29\text{ °C} - 18\text{ °C}) : (63\text{ °C} - 18\text{ °C})\} \times AD$$

AD = ancien débit, L/h

ND = nouveau débit, L/h

Les économies réalisées se calculent selon la formule :

$$\dot{E} = L \times H \times CC$$

\dot{E} = économies, \$/an

L = AD - ND, exprimé en m³

H = utilisation annuelle du compresseur en heures, h/an

CC = coût de la consommation d'eau, \$/m³

Résultats : la période de récupération de la simple installation du clapet obturateur était de 1,4 jour; pour l'installation, plus complexe, de la tour de refroidissement (dont le coût est de 7 600 \$), la période de récupération était de 1,2 an.

Étude de cas : Optimisation d'un système de chauffage de l'eau dans une brasserie

Dans une brasserie européenne dont la production annuelle est d'un million d'hectolitres, le moût était refroidi à l'eau dans un échangeur thermique, puis cette eau était chauffée à 60 °C et utilisée comme eau de brassage. Le surplus d'eau chaude était évacué. Un nouveau refroidisseur de moût de 120 000 \$, pourvu d'un échangeur thermique plus gros, a été installé et produit de l'eau à 85 °C à partir du refroidisseur de moût. Un réservoir tampon plus gros a également été installé. L'eau à 85 °C a été utilisée pour l'empâtage, comme eau d'appoint dans la laveuse à bouteilles et comme eau chaude de réserve pour les installations de nettoyage en circuit fermé de la brasserie.

Résultats : la consommation d'eau a été réduite de 40 000 m³, ce qui a permis de ramener la consommation de mazout à 340 t/an. La période de récupération a été d'environ 3 ans.

Étude de cas : Installation d'une tour de refroidissement pour un pasteurisateur à tunnel

Une brasserie dont la production annuelle est de 500 000 hectolitres et qui utilise un système de refroidissement en boucle ouverte pour son pasteurisateur à tunnel a installé une tour de refroidissement afin d'obtenir un système en boucle fermée.

Résultats : l'utilisation d'une tour de refroidissement, nécessitant un investissement de 45 000 \$, a permis de réaliser des économies de 50 000 m³/an; la période de récupération de l'investissement a été d'un an.

Services publics et eau de procédés : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts

Remarque : plusieurs des éléments ci-après devraient faire partie de l'entretien préventif ou des calendriers d'entretien anticipé.

- *Examinez le calendrier de production et les pratiques de nettoyage des cuves et de l'équipement : il s'agit d'éléments pour lesquels des économies relatives à la consommation d'eau (p. ex., la réutilisation de l'eau ou le nettoyage à froid en circuit fermé) peuvent être facilement réalisées.*
- *Examinez les modes d'utilisation de l'eau et réduisez la consommation d'eau au minimum requis.*
- *Effectuez l'entretien du système; réparez les fuites sans tarder.*
- *Réduisez le temps de fonctionnement des pompes, si possible.*
- *Les joints d'étanchéité des pompes fuient-ils? Remplacez les joints qui fuient le plus rapidement possible.*
- *Existe-t-il des pompes qui sont munies de joints presse-garniture? Songez à remplacer ces pompes par de nouvelles unités comportant des joints mécaniques.*
- *Afin de prévenir les fuites, inspectez fréquemment les tuyaux et réparez les fuites sans tarder.*
- *Incitez tous les employés à adopter de bonnes pratiques d'entretien (p. ex., utilisez les tuyaux et les robinets avec parcimonie, surtout dans les endroits réfrigérés, où l'eau augmente les charges de refroidissement).*
- *Ayez des fontaines pour fournir une source d'eau potable; n'utilisez pas les bassins oculaires à cet effet.*
- *Assurez-vous que l'alimentation d'eau pour la production est coupée pendant les périodes creuses (alimentation des dispositifs de lavage des capsules des bouteilles après le remplissage, du rinçage des canettes, des derniers rinçages de la laveuse de bouteilles, etc.).*
- *Enlevez les tuyaux stagnants et redondants du réseau de distribution d'eau.*
- *Assurez la surveillance et le contrôle de la température de refroidissement de l'eau de sorte qu'une quantité minimale d'eau soit utilisée dans le cadre du refroidissement.*
- *Les pompes à eau devraient être hors tension lorsque les systèmes qu'elles desservent ne sont pas en marche. Cette mesure réduira les coûts d'électricité attribuables au pompage et les coûts de traitement des eaux attribuables au refroidissement de l'eau.*
- *Optimisez les rotors de pompes ou remplacez-les afin de vous assurer que la pointe de service est dans la zone optimale sur la courbe de rendement de la pompe.*
- *Procédez à des inspections à intervalles réguliers des pompes et à leur entretien, afin de dépister rapidement les signes de défaillance.*
- *Les crépines et les filtres devraient faire l'objet d'une vérification à intervalles réguliers afin de vous assurer qu'ils ne sont pas engorgés; des filtres obstrués entraînent une chute de pression dans les canalisations.*
- *Réduisez l'évaporation provenant des réservoirs en installant (ou en refermant) les couvercles.*
- *Vérifiez et ajustez, s'il y a lieu et de façon appropriée, les pointes de réglage du chauffage de l'eau, aux niveaux de température minimum nécessaire. Songez à mettre hors circuit le système de chauffage pendant les fins de semaine et les jours fériés.*
- *Prévenez ou minimisez les débordements d'eau, en particulier d'eau chaude.*
- *Contrôlez adéquatement le traitement de l'eau de manière à assurer le respect des débits prévus.*

	<ul style="list-style-type: none"> • Entretenez l'équipement de commande et de surveillance de façon adéquate. • Procédez à la calibration ou à la vérification des sondes de température et de pression. • <i>Repérez les boyaux et faites en sorte que ceux ayant le plus petit diamètre nécessaire soient utilisés.</i> • <i>Revoyez le fonctionnement de la laveuse de bouteilles.</i> • Assurez-vous que le pasteurisateur fonctionne dans un mode d'équilibre thermique. • <i>Assurez-vous du bon fonctionnement des gicleurs dans le pasteurisateur.</i>
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Réutilisez ou faites recirculer l'eau de refroidissement et l'eau servant dans les procédés de bien des façons. Par exemple, utilisez un joint de pompe à eau pour le transformer en appareil de climatisation. • Utilisez l'eau de traitement ou de refroidissement comme support de transfert de chaleur dans votre système de ventilation ou de chauffage. • Songez à placer un échangeur de chaleur eau-air dans la brasserie pour réduire la charge de chauffage en hiver. • Recueillez l'eau « perdue » non contaminée si le débit de sa production dépasse celui de la réutilisation immédiate, plutôt que de la laisser couler dans l'égout. Installez un réservoir de polyester renforcé de fibre de verre standard et abordable ou un récipient d'occasion pour recueillir et utiliser l'eau plus tard. Ces réservoirs doivent être de dimension appropriée. Faites appel à ces réservoirs pour équilibrer le ratio offre-demande dans vos multiples projets de réutilisation de l'eau. • Éliminez les défauts de conception comme les goulots d'étranglement, les coudes dont l'inclinaison est marquée et les valves de dimensions incorrectes, lesquels freinent le débit. • Dans le cas où le débit des pompes varie systématiquement, songez à utiliser des variateurs de vitesse ou des moteurs à deux vitesses. • Recueillez l'eau de refroidissement non contaminée pour la réutiliser. • Réutilisez toute l'eau de rinçage des opérations de nettoyage chaque fois que cela est possible, en tenant compte des répercussions sur la qualité du produit, par exemple, pour le dernier rinçage du nettoyage en circuit fermé. • Réduisez la perte ou le gain de chaleur dans l'eau en isolant les tuyaux et les réservoirs de façon appropriée. • Posez des réservoirs d'expansion du système d'eau sur des systèmes à circuit fermé, et ce, pour deux raisons : lorsque l'eau est chaude, on empêche le gaspillage par des soupapes de détente; lorsqu'elle est froide, le volume contracté exigerait normalement de l'eau d'appoint pour que le système demeure rempli. • Réduisez les pertes par friction et les chutes de pression connexes en profilant et en dimensionnant de façon appropriée les conduites d'eau. • Minimisez les fuites et les pertes d'eau en réduisant la pression de l'eau dans les endroits qui ne requièrent pas une pression élevée de l'eau. • Passez en revue la dimension et le choix des pompes à eau. • Installez des régulateurs de débit d'eau pour les usages sanitaires. La fermeture retardée, les robinets à débit chronométré dans les lavabos de même que les pommes de douche à débit réduit en sont de bons exemples. • Installez des compteurs d'eau dans les différentes zones d'opérations pour contrôler la consommation de façon permanente. Servez-vous des données pour repérer les zones, les équipements et les équipes qui gaspillent l'eau, corrigez les lacunes et fixez des objectifs de consommation de plus en plus ambitieux. Intégrez la gestion de l'eau au système contrôlé par ordinateur de gestion de l'ensemble des services publics utilisés par la brasserie.

	<ul style="list-style-type: none"> • Pour les usages sanitaires, installez des chauffe-eau à gaz de type européen qui produisent sur demande (comme l'a fait une brasserie). • Portez attention aux endroits où il est pertinent d'avoir recours à un rinçage ou à un lavage à grande eau de grand volume et à basse pression (p. ex., à la soutireuse de bouteilles) et là où il est pertinent d'utiliser de l'eau en petit volume et à haute pression (buses). • Dotez les boyaux de soupapes d'arrêt automatique (lances d'arrosage) où cela est approprié. • Installez des robinets à fermeture automatique retardée dans les lavabos des salles de bain. • Songez à remplacer les vieilles chaudières à eau chaude par des unités à rendement élevé (environ 95 p. 100 grâce à la récupération de chaleur de condensation).
<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mettez en œuvre un système à réutilisation multiple de l'eau de traitement, selon le principe de la cascade thermique, et ce, dans toute la brasserie. • Un système à circuit ouvert peut-il être converti en système de circulation? Examinez le système de distribution de l'eau afin d'incorporer la réutilisation multiple (recirculation) de l'eau de procédés lorsque possible, et ce, en ayant recours à des systèmes de récupération de chaleur appropriés. Mettez ces mesures en œuvre. • Installez des systèmes de refroidissement de l'eau en circuit fermé (tours de refroidissement) pour éliminer les systèmes de refroidissement à circuit ouvert, qui entraînent un double coût pour l'eau et pour l'égout. • Examinez la puissance des pompes, les besoins en pression d'eau et la distance d'acheminement par rapport au diamètre des tuyaux; souvent, l'utilisation de pompes moins puissantes et de gros tuyaux pour réduire les pertes par frottement permet d'obtenir une meilleure efficacité énergétique et se révèle plus économique dans l'ensemble lorsqu'on tient compte de tous les coûts. • Modernisez les pompes. • Rationalisez la tuyauterie. Dans bien des cas, une brasserie a pris un certain essor en ajoutant une nouvelle section ou de nouveaux procédés, sans trop se préoccuper de la tuyauterie. Enlevez les sections inutilisées ou redondantes. • Intégrez la gestion de l'eau dans un système de surveillance et de commandes assistées par ordinateur pour la gestion globale des services publics de la brasserie (système CCEO, décrit dans une autre section du présent guide). • Songez à utiliser des thermopompes pour la mise en application combinée de l'extraction de chaleur et l'apport de refroidissement à l'eau de traitement et à d'autres liquides. • Envisagez de faire appel à la chaleur perdue pour entraîner l'évaporateur de perte d'eau pour l'élimination des boues (si vous disposez d'une station de traitement des eaux sur place).

7.10 PERTE DE RENDEMENT ET DÉCHETS ISSUS DU PRODUIT

Avez-vous déjà déterminé la valeur de *tous* les éléments relatifs à la mauvaise qualité au sein de votre brasserie? (Voici quelques exemples.)

La mauvaise qualité, également symbolisée par un produit traité, rejeté ou mis au rebut, représente un énorme gaspillage de travail, de matières premières et d'énergie qui est rarement quantifié par les brasseries typiques. La plupart du temps, ce gaspillage est accepté comme faisant partie du cycle de production. Pourtant, les pertes pécuniaires liées à ce gaspillage peuvent être énormes.

Des améliorations à ce chapitre en valent la peine. L'adoption d'un bon système de gestion, comme un système s'inspirant de la norme internationale ISO 9001:2008 portant sur les systèmes de gestion de la qualité, de la norme HACCP et de la norme de gestion environnementale ISO 14001:2004, réduira la répétition des remises en production, du rejet du produit en cours de fabrication ou de la mise au rebut du produit fini. Abstraction faite des répercussions sur la qualité du produit, le tableau 7-8 présente des exemples de gaspillage d'énergie et les solutions appliquées.

Tableau 7-8 : Perte d'énergie – Problèmes dans les procédés et solutions

Problème dans les procédés	Solutions communément appliquées
Levure d'ensemencement contaminée	Mise au rebut
Bière primaire ou secondaire qui ne répond pas aux spécifications	Remélange; dans les cas graves (p. ex., odeur de phénol, contamination microbienne importante), mise au rebut
Eau de dilution de la bière à haute densité (teneur en oxygène plus élevée que les spécifications ou en CO ₂ , en dehors des spécifications)	Mise au rebut ou réutilisation dans le processus de fabrication
Bière dans les réservoirs du cellier de conditionnement (teneur en oxygène en dehors des spécifications)	Purge avec du CO ₂ ou mélange (retour à l'entreposage secondaire)
Bière dans les réservoirs du cellier de conditionnement (teneur en CO ₂ en dehors des spécifications)	Saturation sur place, mélange ou reprise du processus de fabrication
Bière conditionnée ne répondant pas aux spécifications ou anomalie dans le cellier primaire; pasteurisation insuffisante ou excessive; fragments de verre dans les bouteilles; verre ébréché; goût étrange dans les canettes non suffisamment traitées; canettes lourdement tachées; mauvais étiquetage, capsules, canettes; mauvais conditionnement secondaire)	Mise au rebut
Bière retournée par les commerçants, rappels	Réinspection, reconditionnement ou mise au rebut

Les exemples précédents occasionnent plusieurs des pertes suivantes, celles-ci étant souvent cumulatives :

- bénéfices non réalisés, c'est-à-dire perte de bénéfices;
- diminution de la productivité;
- augmentation des coûts directs de la main-d'œuvre et des coûts indirects; peut engendrer des heures supplémentaires;
- gaspillage d'énergie pour le pompage, le chauffage et le refroidissement de grands volumes d'eau et de bière (gaspillage de combustible, de vapeur, d'électricité);
- réduction de facto de la capacité de production;
- gaspillage de CO₂;
- augmentation en volume et en teneur organique des effluents de la brasserie;
- augmentation des redevances sur les émissions ou augmentation du coût de traitement des eaux usées, gaspillage de matières premières;
- gaspillage de matériaux d'emballage;
- dégradation possible de la qualité du produit et de la part de marché;
- influence de la piètre qualité de production sur la motivation des employés.

L'impact d'un incident isolé peut être moins grave. Toutefois, les pertes peuvent s'avérer très importantes à long terme. Les brasseries devraient relever les incidents les plus récents ayant entraîné des pertes de façon à évaluer leurs répercussions sur la brasserie au cours de l'année.

Perte de rendement et déchets issus du produit : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Documentez les procédures et les instructions. Établissez les différentes responsabilités et responsabilisations.</i> • <i>Effectuez une surveillance régulière et quantifiez les pertes de façon cumulative ou pendant une période donnée afin de les rapporter et de prévenir ou de limiter leur répétition.</i> • <i>Informez tous les employés des coûts et des répercussions de la production de piètre qualité. Demandez leurs suggestions et assurez-vous de leur participation pour la mise en œuvre de mesures correctives et préventives.</i>
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mettez en place des systèmes de gestion (selon les normes ISO 9001, HACCP ou ISO 14001) pour assurer la qualité de la production et le respect des questions environnementales.

7.11 SOUS-PRODUITS DES BRASSERIES

La grande majorité des brasseries canadiennes vendent leurs sous-produits, principalement leur levure résiduelle et leur drêche, sous forme humide. Elles améliorent rarement la valeur marchande de ces sous-produits même si le séchage augmente de beaucoup les possibilités de réaliser des bénéfices.

Sous-produits des brasseries : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Récoltez la levure résiduelle et la drêche en vous assurant qu'elles contiennent un minimum d'humidité.</i> • <i>Révisez le contrat existant avec les transporteurs de levure et de drêche.</i> • Cherchez des façons plus rentables de vous défaire des sous-produits. • Envisagez le compostage, notamment pour la terre à diatomées, les boues issues de la station de traitements des eaux usées et les bières non distillables.
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Récupérez le trouble et ajoutez-le à la drêche.</i> • Recueillez la bière qui ne répond pas aux normes de qualité, départissez-vous en à l'extérieur du site ou vendez-la.
<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Installez ou améliorez l'équipement de séchage en tirant profit des nouvelles technologies éconergétiques, notamment celles qui conviennent au traitement de la levure résiduelle et au séchage de la drêche, soit le séchage par pulvérisation pour la levure résiduelle, le séchage par repassage partiel du produit pour la levure résiduelle, le séchage par lit fluidisé ou à l'aide de sècheurs à vapeur multitubulaires à calandre pour la drêche, etc. • Distillez l'alcool de la bière qui ne répond pas aux normes de qualité et vendez-le; évaporez la vinasse de distillerie grâce à des évaporateurs sous vide à multiples effets et ajoutez-la à la drêche.

7.12 EAUX USÉES

Les eaux usées constituent un problème pour toute brasserie. Les brasseries produisent non seulement une importante quantité d'eaux usées, mais ces dernières ont une teneur élevée en matières organiques et inorganiques qui rend leur traitement dispendieux, sur place comme à l'extérieur. Les brasseurs qui affichent les meilleures performances ont un ratio de quantité d'eau usée par rapport à la bière produite de 1,5:3,5. Ce ratio comprend l'eau contenue dans le produit, les pertes par évaporation dans la bouilloire et les condenseurs évaporatifs, ainsi que l'eau contenue dans la drêche, le trouble et la levure résiduelle.

Les eaux usées provenant des brasseries ont une teneur en matières organiques élevée; elles ne sont pas toxiques, ne contiennent généralement pas de quantités notables de métaux lourds (sources possibles : encre des étiquettes, étiquettes, herbicides) et sont facilement biodégradables. Les principaux paramètres suivants caractérisent les eaux usées des brasseries :

- volume (m³);
- pH;
- matières en suspension (MES), mg/L;
- DBO₅ (demande biochimique d'oxygène), déterminée après 5 jours d'incubation, mg/L;
- DCO (demande chimique en oxygène), mg/L;
- d'autres paramètres de moindre importance, comme l'azote, le phosphore, les gras et les graisses.

Les stations d'épuration des eaux des municipalités et les trésoriers municipaux voient les eaux usées des brasseries d'un bon œil puisqu'elles leur donnent l'occasion de percevoir des redevances importantes en raison de la charge élevée de demande biochimique sur cinq jours (DBO₅) qu'elles représentent pour la station d'épuration. En fait, la marge de variation typique se situe entre 1 000 et 2 500 mg/L DBO₅. Le maximum de contaminants permis dans les eaux usées est établi par les règlements municipaux pertinents.

Selon l'endroit, les coûts associés aux eaux usées comprennent les frais suivants :

- l'utilisation des égouts – le coût d'acheminement du liquide relatif au volume;
- les redevances supplémentaires relatives au traitement de l'eau et au volume;
- les redevances relatives à la DBO₅ – généralement si la DBO₅ excède 300 mg/L;
- les redevances relatives aux matières en suspension (MES), généralement si les matières en suspension excèdent 350 mg/L;
- les redevances relatives au pH, généralement si le pH est en dehors de la gamme de pH allant de 6,5 à 10,5. Toutefois, un nombre croissant de municipalités interdisent les pH en dehors de cette gamme;
- les redevances relatives au traitement des boues.

Souvent, les deux indicateurs de pollution, la DBO₅ et le MES, sont combinés en une formule de redevances sur les effluents; d'autres fois, ils sont combinés ou compris dans les coûts d'approvisionnement en eau. Les municipalités ayant à faire face à l'augmentation continue des frais de fonctionnement de leur réseau d'égout se montrent peu tolérantes à l'égard des transgressions de pH qui usent et abîment les canalisations d'égout et forcent les entreprises à observer les règlements. Par conséquent, une brasserie canadienne à établissements multiples a récemment installé des systèmes de correction d'acidité dans toutes ses brasseries.

Le pH peut être rajusté à l'aide d'un acide, l'acide sulfurique étant l'acide que l'on peut obtenir au meilleur prix, ou de CO₂, qui peut être acheté ou provenir de la cuve de fermentation de la brasserie ou des gaz de combustion. Il existe plusieurs systèmes sur le marché. De ces deux agents correcteurs de pH, le CO₂ est le meilleur marché et le plus sûr, et il ne peut pas acidifier les effluents de la brasserie plus que nécessaire.

Les collecteurs pluviaux, pour lesquels il existe des normes plus rigoureuses en matière de pollution, peuvent être contaminés par des véhicules stationnés, des déversements d'huile, de carburant, de levure résiduelle ou de drêche pendant le chargement en vue du transport et par des déversements de bière provenant des camions-citernes. Pour une brasserie, la contamination des collecteurs pluviaux peut occasionner des difficultés coûteuses et graves auprès de nombreuses autorités. Des procédures doivent être adoptées pour empêcher la contamination des collecteurs pluviaux.

Au Canada, la plupart des brasseries ne possèdent pas leur propre station de traitement des eaux usées. Elles doivent payer des entrepreneurs privés ou la municipalité afin d'assurer le traitement de leurs eaux usées, et cette pratique s'avère très dispendieuse. Le traitement des effluents de brasserie se révèle toutefois coûteux pour les quelques brasseries canadiennes qui possèdent leur propre station de traitement des eaux usées : les coûts liés à la dotation en personnel de l'usine, à la consommation d'électricité, aux produits chimiques servant au traitement, au contrôle et l'élimination des boues sont très élevés.

Par conséquent, **chaque brasserie devrait tenter d'éliminer en premier lieu la pollution des eaux à la source.** Toutes les mesures possibles devraient être appliquées pour éviter le déversement dans les égouts de trouble, de levure résiduelle, de bière, de drêche, de terre à diatomées (agent de filtration), etc. Ces mesures empêchent l'argent de s'envoler en redevances relatives aux effluents et en pertes de produits et sous-produits.

Les valeurs approximatives suivantes de DBO_5 peuvent se retrouver dans certains effluents de brasserie :

- Liquides denses de levure résiduelle : 160 000 mg/L de DBO_5
- Bière à haute densité : plus de 120 000 mg/L de DBO_5
- Bière (selon le pourcentage d'alcool) : 50 000 à 100 000 mg/L de DBO_5
- Trouble : 45 000 mg/L de DBO_5

Une brasserie peut économiser beaucoup d'argent en améliorant la qualité de ses effluents, objectif qu'elle peut atteindre en adoptant les mesures suivantes :

- la réduction de la « force » de ses effluents et de leur volume;
- la réduction de la consommation d'énergie associée au pompage, au mélange et à la correction du pH;
- la réduction de son gaspillage interne de produits utilisés pour la fabrication et de sous-produits vendables;
- la réduction du coût d'utilisation d'agents correcteurs de pH.

Pour une brasserie, les économies peuvent varier entre de petits montants et des sommes équivalentes à plusieurs millions de dollars. Chaque brasserie aurait intérêt à faire un examen consciencieux de la situation.

Toute bière qui n'est pas récupérée se retrouve dans les effluents. Les pertes de bière se produisent au moment du vidage du réservoir de traitement, des infiltrations d'eau dans le filtre, dans les chaînes d'embouteillage, lors des rejets dans l'unité de conditionnement, à cause des contenants insuffisamment remplis, d'impuretés dans la mousse, du mauvais étiquetage ou de défauts de qualité.

Il y a aussi perte lorsque des bouteilles explosent dans le pasteurisateur, que la bière gèle au moment du transport et que les commerçants retournent la bière. Toutes ces situations s'avèrent extrêmement coûteuses pour la brasserie.

L'optimisation de la gestion de la fabrication vous permettra de réduire les pertes de bière à l'intérieur de la brasserie de 2 à 5 p. 100 de la production de bière totale.

Eaux usées : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Enlevez le trouble de moût chaud avec la quantité minimale d'eau à forte pression.</i> • <i>Éliminez le trouble de moût chaud en le mélangeant avec la drêche.</i> • <i>Évitez les fuites de l'eau de brassage de la drêche en provenance des cuves de rétention.</i> • <i>Explorez les possibilités de se départir, de façon rentable ou moins dispendieuse, de la levure résiduelle et des rejets de bière.</i> • Si la brasserie exploite une station de traitement des eaux usées : <ul style="list-style-type: none"> • réexaminez le rendement énergétique des transferts d'oxygène au mélange de liqueur; • apportez des améliorations à l'équipement, ajustez le taux d'aération pour convenir à la charge et à la température ambiante; • prenez en considération les appels de puissance; • évitez l'utilisation d'air comprimé à haute pression pour l'aération; • dans le cas de dispersion d'air sous la surface, réexaminez l'état des membranes (disques, buses); • réexaminez le rendement énergétique des moteurs et des entraînements électriques au besoin. • Informez-vous à propos de l'évacuation des rejets de bière hors du site (p. ex., distillerie, exploitation de parc à fourrage, etc.).
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modifiez l'équipement ou les méthodes de production de façon à empêcher la contamination des effluents, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Recueillez tous les rejets de bière pour les évacuer hors du site. • Réutilisez la dernière eau de lavage des drêches comme eau de préremplissage pour l'empâtage ou pour la cuve de filtration, mesure qui permet également une économie de chaleur, d'eau et de certains extraits. • Recueillez la levure résiduelle ainsi que les terres à diatomées usées, etc. • Désactivez la levure résiduelle recueillie à l'aide de vapeur et mélangez-la à la drêche avant de la jeter plutôt que de l'évacuer par l'égout. • Utilisez les biogaz provenant d'une installation anaérobie comme appoint aux sources énergétiques de la brasserie. Négociez avec les autorités appropriées la possibilité de déverser certains effluents non contaminés, comme les eaux de refroidissement du pasteurisateur et du compresseur dans les égouts des collecteurs pluviaux; il faudra au préalable s'être assuré qu'aucune autre possibilité n'existe pour recycler ces effluents.

Éléments à coûts importants	<ul style="list-style-type: none"> • Installez ou convertissez l'équipement de correction de pH afin qu'il puisse utiliser du CO₂ ou des gaz de combustion. • Informez-vous sur la conversion de l'équipement d'aération des eaux usées pour un système plus efficace (p. ex., remplacez l'aération de surface par l'aération souterraine grâce à un disperseur/agitateur de forme hyperparaboloïde).
------------------------------------	--

7.13 ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Les plus vieilles brasseries, construites avant 1980, période où l'énergie était relativement abordable, ne jouissent souvent pas d'une isolation et d'une étanchéité adéquates. Les exigences minimales en ce qui a trait à la conservation de l'énergie pour les nouveaux bâtiments sont clairement définies dans plusieurs documents, par exemple, le Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments, 1997, mis à jour pour 2011 et le Code du bâtiment de l'Ontario 2006 (modifié en 2009). Les rénovations doivent en outre être effectuées conformément avec ces documents.

Il est souvent quasi impossible de moderniser l'isolation des murs à l'intérieur des bâtiments, et ce, pour de nombreuses raisons. Dans de tels cas, il est souvent possible d'ajouter de l'isolant à l'extérieur du bâtiment et de le recouvrir d'un nouveau revêtement à l'épreuve des intempéries. Veuillez consulter le tableau 7-9 pour connaître la résistance thermique de l'isolation d'après les zones de degrés-jours.

Tableau 7-9 : Résistance thermique minimum de l'isolation
(D'après les zones de degrés-jours. Consultez le bureau de permis de construction de votre région pour plus d'information.)

Éléments du bâtiment exposés à l'extérieur ou espaces non chauffés	Valeur isolante RSI (R) requise		
	Zone 1 <5 000 degrés-jours	Zone 2 >5 000 degrés-jours	Chauffage électrique des locaux, zones 1 et 2
Plafond sous l'entreeit ou le vide de toit	5,40 (R31)	6,70 (R38)	7,00 (R40)
Toiture sans entreeit ni vide de toit	3,52 (R20)	3,52 (R20)	3,87 (R22)
Mur autre qu'un mur de fondation	3,00 (R17)	3,87 (R22)	4,70 (R27)
Mur de fondation renfermant un espace chauffé	1,41 (R8)	2,11 (R12)	3,25 (R19)
Plancher autre qu'une dalle sur terre-plein	4,40 (R25)	4,40 (R25)	4,40 (R25)

Dalle sur terre-plein renfermant la tuyauterie ou les conduits de chauffage	1,76 (R10)	1,76 (R10)	1,76 (R10)
Dalle sur terre-plein ne renfermant pas de tuyauterie ni de conduits de chauffage	1,41 (R8)	1,41 (R8)	1,41 (R8)

Référence : Code du Bâtiment de l'Ontario, 1997. Aux fins d'illustrations seulement.

Lorsque le bâtiment compte une surface murale importante orientée vers le sud ou le sud-ouest, on peut prévoir la construction de « murs accumulateurs de chaleur » dans les travaux de rénovation (p. ex., de la marque canadienne désormais reconnue à l'échelle internationale SolarWall^{MD}) pour une augmentation accrue de l'efficacité énergétique.

Les fenêtres peuvent représenter à la fois un défi et une possibilité de conservation de l'énergie. De nombreux vieux bâtiments accueillant des brasseries sont dotés de fenêtres à simple vitrage et isolées de façon inadéquate. Elles sont souvent d'une propreté douteuse et oubliées par les équipes d'entretien et de nettoyage (rapportez-vous à l'influence sur l'éclairage). Le remplacement de ces fenêtres par des unités à double ou à triple vitrage s'avère dispendieux. L'ajout de panneaux de plastique ou de fibre de verre aux fenêtres peut être avantageux. De même, on peut ajouter une pellicule déflectrice de soleil au verre exposé à la lumière afin de réduire les gains de chaleur (pendant l'été). Le tableau 7-10 illustre la valeur RSI de différents types de fenêtre.

- **Le double vitrage est la norme minimale en Ontario.**
- **Choisir des vitrages scellés perfectionnés pour les fenêtres donnant sur le nord ou fortement exposées au vent.**
- **Le verre enduit d'une pellicule à faible émissivité donne un meilleur rendement avec l'injection de gaz.**

Tableau 7-10 : Valeur isolante RSI et R pour les fenêtres

Couches de vitrage	Type de verre	Indice RSI/R
Double – 1 vide d’air de 12 mm	Ordinaire, air	RSI 0,35/R-2
	Faible émissivité	RSI 0,52/R-2,9
	Faible émissivité, injection d’argon	RSI 0,62/R-3,5
Triple – 2 vides d’air de 12 mm	Ordinaire, air	RSI 0,54/R-3
	Faible émissivité	RSI 0,69/R-3,9
	Faible émissivité, injection d’argon	RSI 0,76/R-4,3

Voici certains faits à propos du vitrage :

- Les fenêtres à triple vitrage standard comportent une couche d’air (et également du poids) supplémentaire, ce qui augmente leur valeur isolante.
- On a recours à des enduits pour réduire l’émissivité et la réflexion thermiques. Une pellicule à faible émissivité réduit la chaleur rayonnante traversant le verre et permet d’atteindre le même indice d’isolation que le triple vitrage sans pellicule.
- L’injection de gaz (p. ex., de l’argon ou du krypton) entre les vitres accroît davantage l’indice d’isolation.
- Les fenêtres à triple vitrage doté d’une faible émissivité et d’une couche de gaz ont un indice d’isolation de presque cinq fois supérieur à celui d’une fenêtre à vitrage simple.

Examinez aussi l’état des portes de votre brasserie. Elles occasionnent les plus importantes pertes de chaleur lorsqu’elles sont ouvertes. L’installation de ferme-portes automatiques, de vestibules ou de portes tournantes contribue à la réduction des pertes. Procédez à l’inspection des joints d’étanchéité des portes des quais de chargement afin de savoir s’ils sont adéquats ou endommagés. Assurez-vous que les portes extérieures et les portes des endroits réfrigérés sont isolées et dotées d’un coupe-bise.

Enveloppe du bâtiment : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts	<ul style="list-style-type: none"> • Réparez les fenêtres, les puits de lumière et les portes brisés. • Vérifiez l'épaisseur de l'isolation des murs et des toits. • Examinez toutes les ouvertures à la recherche de fissures provoquant des fuites d'air à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment. • Calfeutrez les fissures ou installez des coupe-bise. • Inspectez les joints d'étanchéité des portes des quais de chargement afin de savoir s'ils sont adéquats ou endommagés.
Éléments à coûts moyens	<ul style="list-style-type: none"> • Étancheisez d'abord le bâtiment en diminuant les fuites d'air – infiltration et exfiltration – par les ouvertures comme les portes et les fenêtres. • Songez à teinter les fenêtres ou à les habiller de rideaux à l'intérieur ou de persiennes à l'extérieur pour les isoler de la chaleur en été et du froid en hiver (consultez les codes du bâtiment et les règlements de l'ASHRAE). • Plantez des arbustes et des arbres autour des bâtiments. • Installez des pare-soleil (treillages) au-dessus des fenêtres afin de réduire les gains de chaleur pendant l'été. • Songez à la possibilité d'installer des ferme-portes automatiques, des vestibules et des portes tournantes. • Positionnez l'échangeur de chaleur pour le refroidissement à l'intérieur de la brasserie : il contribuera à chauffer celle-ci en hiver. Autre avantage : les inquiétudes quant au gel ou au chargement du système par de l'antigel sont réduites. • Installez un système de volets automatisés dans les compresseurs d'air pour conserver la chaleur dans le bâtiment en hiver. • Installez des rideaux d'air aux quais de chargement. • Songez à relier les ventilateurs d'évacuation dans les toilettes, la cuisine, etc., à l'interrupteur de lumière ou d'équipement. • Envisagez d'inverser les ventilateurs d'échappement de la toiture aux endroits où cela est possible (absence relative de poussière) en hiver, pour mélanger l'air intérieur à celui de l'extérieur et donner de la chaleur aux locaux. • Envisagez l'installation de vestibules à double porte ou des brise-vent aux ouvertures situées sur le côté ouest.
Éléments à coûts importants	<ul style="list-style-type: none"> • Installez des appareils de calibrage, de surveillance et de contrôle. • Ajoutez les caractéristiques du bâtiment au système de gestion de l'énergie de l'ensemble de l'installation. • Évaluez le coût du remplacement de l'isolant actuel par un autre type d'isolant. Consultez un spécialiste indépendant. • Songez à utiliser de façon novatrice les technologies de chauffage solaire passif ou actif pour chauffer les locaux ou l'eau sanitaire, en particulier lorsque le système est combiné à une isolation améliorée, à la conception des fenêtres et à la récupération thermique de l'air ventilé. • Envisagez l'installation d'un mur accumulateur de chaleur (SolarWall^{MD}, Trombe) du côté sud ou sud-ouest pour donner un chauffage efficace. • Songez à utiliser le refroidissement par évaporation d'eau des toits plats pour réduire les charges de climatisation en été.

- Vérifiez l'isolant thermique de l'enveloppe du bâtiment, en particulier celui du toit, pour voir s'il est approprié; corrigez au besoin.
- Songez à installer une nouvelle membrane de toit isolé recouverte d'une peinture polymère argentée à réflexion de chaleur pour contribuer à réduire la transmission thermique.
- Envisagez d'utiliser la chaleur générée par l'équipement (p. ex., compresseurs, pasteurisateurs, refroidisseurs à moût, économiseurs, etc.) pour le chauffage du bâtiment lors de temps froids.
- Songez à moderniser les fenêtres.
- Envisagez de moderniser les portes et les portes de baie.

Tirer profit du climat – les salles de maturation – (étude effectuée par un brasseur participant)

Historiquement, le ventilateur d'évacuation des salles de maturation de ce brasseur se mettait en marche en fonction des niveaux de CO₂ présents dans les salles et s'arrêtait lorsque celui-ci chutait à un niveau acceptable. L'air d'appoint frais provenait de l'extérieur pendant l'été, et de l'intérieur pendant l'hiver grâce à un volet, de sorte que l'air à une température de -20 °C n'entraîne pas le gel des lignes de transmission.

Recommandation : La brasserie a installé un volet supplémentaire automatisé au minimum et a été en mesure de tempérer l'air d'appoint et d'utiliser l'air de l'extérieur pendant tout l'hiver. L'air qui parvient aux salles de maturation oscille toujours entre 1 et 2 °C, et provient principalement de l'extérieur. Cette pratique devrait avoir une répercussion considérable sur la réfrigération des charges dans ces endroits et on souhaite l'appliquer à d'autres espaces. Bien que la première approche avait été de minimiser les fuites de CO₂ dans les salles de maturation, il s'avère toutefois difficile de changer les procédés en raison de l'infrastructure actuelle et des délais qui en découlent.

7.14 CHAUFFAGE, VENTILATION ET CLIMATISATION (CVC)

Les équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) ne sont normalement pas de grands consommateurs d'électricité dans une brasserie; toutefois, il est toujours possible de réaliser des économies sur leur fonctionnement. Ces économies supposent un bon entretien de la part d'employés sensibilisés à cette question.

En hiver, il se présente assez souvent une situation paradoxale où le chauffage du bâtiment fonctionne au maximum pendant que la porte de chargement est laissée grande ouverte. La chaleur perdue dans un bâtiment en hiver doit être compensée par les systèmes de chauffage de celui-ci, ce qui ajoute aux coûts d'exploitation de la brasserie. Habituellement, une brasserie dispose de beaucoup de chaleur excédentaire qui peut être utilisée pour chauffer les locaux. Le défi consiste à savoir l'utiliser intelligemment pour créer un milieu de travail confortable.

Il convient alors de commencer par l'établissement d'un bilan thermique, qui décrit les sources de chaleur et les puits de chaleur dans la brasserie de manière quantitative. Il faut inclure le système de ventilation dans l'équation. Puisque ni l'un ni l'autre ne peut être réglé efficacement par l'isolation, axez vos efforts sur une solution synergistique. Faites appel aux idées énumérées ci-dessous de même qu'à celles qui sont décrites ailleurs dans le présent guide.

Habituellement, les brasseries éprouvent des problèmes avec la ventilation des zones de travail, car il se produit un déséquilibre entre l'air frais et l'air d'évacuation. Le problème se complique souvent du fait que l'atmosphère est poussiéreuse et humide et contient parfois un niveau élevé de monoxyde de carbone (CO). Voilà pourquoi, dans le passé, la construction des brasseries prévoyait des lanternes continues et des cheminées d'échappement de grande dimension. Cela se effectuait souvent sans trop penser à l'emplacement approprié de ces événements ou à la distribution de la composition de l'air.

L'évacuation excessive de l'air entraîne une sous-pression élevée dans le bâtiment et des problèmes de courants d'air. Dans les sections de production des brasseries, l'existence d'un trop grand nombre de points d'échappement et l'absence de système d'approvisionnement de l'air peuvent avoir créé cette pression négative. Parallèlement à la production d'un excédent de chauffage (gaspillé par les évacuations), il faut fournir du chauffage supplémentaire par d'autres moyens à l'air d'appoint frais qui pénètre de l'extérieur en hiver. Pour ajouter au gaspillage, l'eau municipale peut être jetée dans les égouts après avoir servi à un seul refroidissement.

Voici quelques exemples de la façon dont d'autres brasseries ont composé avec le problème :

L'échappement inutile de 10 000 pcm se traduit par environ 3 000 \$/an en coûts de chauffage.

Une brasserie a réglé ses besoins de ventilation d'une manière combinée : les gaz de combustion ont été acheminés dans un dépoussiéreur/échangeur de chaleur, et l'air d'arrivée a été réchauffé en hiver. Le système d'air de ventilation d'arrivée a été ajusté aux besoins changeants en régulant la capacité du ventilateur dans la section d'arrivée. Cette opération était régulée par la surveillance de la pression d'air dans le conduit d'air d'arrivée. Le système d'échappement de l'air était doté de points de succion situés dans les secteurs les plus pollués de la brasserie et de ventilateurs distincts pour chacune des zones. Les ventilateurs d'évacuation possédaient également des régulateurs de vitesse. Tout le système, branché à un système de surveillance central et commandé par un ordinateur, est parvenu à l'équilibre entre les sections d'admission et d'évacuation de tout le système de ventilation. Les coûts énergétiques de la ventilation de la brasserie ont été coupés de moitié et l'air d'arrivée n'était plus pollué comme avant.

Ne nuisez pas à la fonction d'un système de ventilation bien conçu en laissant les portes et les fenêtres ouvertes inutilement – autrement, cela ne fonctionnera jamais.

Une autre brasserie a opté pour une approche plus simple, mais divisait tout de même l'usine en zones de ventilation distinctes. Seuls les endroits où avaient lieu des opérations étaient totalement ventilés; d'autres, où il ne se passait rien, étaient dotés de purges partiellement ouvertes pour permettre une ventilation minimale.

CVC : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brassiers sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Faites le tour des équipements de CVC de la brasserie. Vérifiez si la température dans les lieux de travail est appropriée et ajustez-la au besoin.</i> • <i>Réexaminez l'état de l'équipement de CVC, notamment les louvres, les vannes de régulation et les régulateurs de température, et apportez les correctifs nécessaires.</i> • <i>Assurez-vous que l'équipement de CVC est entretenu à intervalles réguliers par des entrepreneurs externes ou par l'équipe d'entretien de la brasserie.</i> <p><i>Faites preuve de patience, de constance et de persistance et tentez de mettre un changement de culture en œuvre. Des changements dans le comportement des employés relativement à la gestion de l'énergie peuvent entraîner des économies substantielles. Certaines pratiques sont énumérées ci-après.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermez les fenêtres, les portes et les portes des quais de réception et d'expédition par temps froid. • Signalez les températures ambiantes élevées plutôt que d'ouvrir les fenêtres (pour que des rajustements soient apportés). • Affectez quelqu'un (p. ex., de l'entretien) pour éteindre les machines à la fin de la semaine de travail. • Enlevez les ampoules superflues. • N'obstruez pas les registres des radiateurs et les registres de ventilation. • Vérifiez le bon réglage des commandes des dispositifs d'air d'appoint; abaissez la température, si possible. • Ne laissez pas les portes ouvertes, p. ex., entre les corridors et les salles de maturation, les portes extérieures, etc. Des portes laissées ouvertes rendent inutiles les réglages de CVC de la brasserie et le fonctionnement adéquat de l'équipement de CVC. • <i>Installez des mécanismes de verrouillage aux thermostats et aux commandes de CVC afin de prévenir la manipulation ou la mauvaise utilisation par des employés non autorisés.</i> • <i>Éliminez le chauffage ou le refroidissement de tous les locaux inutilisés.</i> • <i>Baissez les thermostats au cours des fins de semaine (disons à 15 °C).</i> • <i>Montez les thermostats un peu en été et abaissez-les d'un cran en hiver, si possible (18 °C semblerait être une température confortable dans une brasserie).</i> • <i>Abaissez la température de chauffage dans les aires d'entreposage le plus possible.</i> • <i>Utilisez le refroidissement naturel au moyen de l'air frais de l'hiver.</i> • Installez des minuteries programmables sur les thermostats réglant le chauffage des locaux en dehors des heures de travail. • Utilisez des ventilateurs déstratificateurs de plafond dans les endroits aux plafonds élevés comme les salles d'embouteillage. (Remarque : les ventilateurs Casablanca de 5 ou 6 pieds de diamètre nécessitent moins d'énergie que les appareils de traitement de l'air centraux utilisés pour le chauffage et la ventilation. Également, dans une usine de produits pharmaceutiques de Alliston, en Ontario, des ventilateurs de plafond de très grand diamètre [12 à 16 pieds] ont été employés pour atténuer la circulation de l'air et ont permis de réaliser des économies d'énergie.) • <i>Vérifiez si la ventilation est appropriée. Utilisez la ventilation minimale acceptable. Cherchez à savoir si la brasserie est dans un état de pression négative en raison d'une trop forte extraction d'air, ou si elle est dans un état de pression positive en raison d'un approvisionnement en air trop important.</i>
---	---

- Réduisez le niveau des gaz de combustion expulsés. Fermez les événements en toiture par temps frais ou pendant les saisons froides pour réduire les pertes de chaleur. Assurez-vous que les clapets fonctionnent correctement.
- *Arrêtez les ventilateurs d'arrivée et d'évacuation en dehors des heures de travail.*
- *Nettoyez ou changez fréquemment les filtres d'aspiration d'air.*
- *Faites en sorte que les systèmes de chauffage et de climatisation fonctionnent uniquement lorsqu'ils sont nécessaires.*
- *En périodes autres que celles de production, pendant les fins de semaine et particulièrement lorsque la température est fraîche et pendant l'hiver, réduisez autant que possible la quantité d'air frais admise dans la brasserie.*
- *Éteignez les dispositifs de climatisation dans la cafétéria et dans les bureaux les fins de semaine.*
- *Faites recirculer l'air chaud produit par les compresseurs dans le bâtiment aux fins de chauffage (en hiver).*
- *Gardez les portes et les quais de chargement fermés afin de permettre le bon fonctionnement du système de ventilation.*
- *Arrêtez la ventilation et le chauffage lorsqu'ils ne sont pas nécessaires.*
- *Arrêtez les appareils de captage de poussière, de ventilation et d'air d'appoint lorsqu'ils ne sont pas nécessaires.*
- *Affectez quelqu'un pour éteindre les ventilateurs, fermer les registres, etc., à la fin de la semaine. Préparez une liste de contrôle afin de ne rien oublier.*
- *Par ailleurs, chargez quelqu'un de les allumer au début de la semaine de travail.*
- Fermez certains des ventilateurs d'échappement non essentiels en hiver (enlevez les fusibles).
- Éliminez les fuites et les points de chute de pression dans les réseaux d'admission et de reprise d'air.
- Examinez votre système actuel; peut-être que le système original de collecte et d'évacuation de poussière a été conçu pour traiter des volumes d'air plus grands que nécessaire pour les opérations ordinaires de la brasserie. Il conviendrait peut-être de mettre les ventilateurs hors circuit, à un coût nul, pour apporter des avantages immédiats quant aux points suivants :
 - un entretien réduit;
 - des coûts énergétiques moindres;
 - moins d'émissions;
 - la réduction du bruit.

Vous pouvez le vérifier facilement en mettant hors tension certains ventilateurs et en surveillant ce qui se produit.

- Prêtez attention à l'entretien de votre système de dépoussiérage et de sacs filtrants; surveillez à la fois son intégrité et sa résistance (son bon fonctionnement) à l'aide d'un manomètre différentiel (pour la colonne d'eau).
- Surveillez les niveaux de monoxyde de carbone (CO) à intervalles réguliers de façon manuelle ou à l'aide d'une alarme automatique munie de capteurs dans les caves. Cela donnera une indication supplémentaire de l'efficacité de la ventilation.
- *Faites en sorte que les moteurs des chariots élévateurs à fourche et d'autres véhicules de la brasserie soient bien au point, afin de réduire le dégagement excessif de CO dans l'atmosphère de la brasserie. Le dégagement excessif de CO augmente la demande de ventilation.*

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ne laissez pas les moteurs des chariots élévateurs tourner; arrêtez-les lorsqu'ils ne sont pas en mouvement.</i> • <i>Surveillez le « court-circuitage » de l'air d'appoint chauffé directement à un ventilateur d'évacuation avoisinant.</i> • <i>Retardez le démarrage de la ventilation de la brasserie lors de l'amorce des activités, et ce, jusqu'à ce que la chaleur provenant du nettoyage des bouteilles, de la pasteurisation, etc., ait réchauffé l'air à l'intérieur.</i> • <i>Au besoin, pratiquez de petites ouvertures dans les crans de portes pour permettre le passage des chariots élévateurs à fourche. Servez-vous de rideaux transparents pour empêcher les coups d'air froid continus de l'extérieur.</i>
<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Installez un système de chauffage infrarouge dans les grands espaces ouverts en remplaçant les radiateurs à vapeur et à eau chaude; cette mesure permettra de réchauffer les gens et non les locaux, ne nécessitera pas de mécanismes de circulation d'air et générera des économies d'énergie.</i> • <i>Réduisez les infiltrations indésirables d'air extérieur dans la brasserie (scellez les fissures, réparez ou remplacez les portes, liez l'ouverture des portes du quai de chargement à l'activité de chargement, etc.).</i> • <i>Orientez la chaleur par rayonnement aux postes de travail plutôt que de l'utiliser à des fins générales de chauffage des locaux.</i> • <i>Installez des buses d'aspiration de façon stratégique : dans les endroits poussiéreux ou chauds, par exemple. Assurez-vous que leur dimension soit suffisante, de sorte que la chaleur ou la poussière ne puisse pas s'échapper vers des locaux généraux.</i> • <i>Récupérez la chaleur qui s'accumule dans les chevrons de la brasserie – abaissez-la en hiver (utilisez un filtre si cela est requis) et contrôlez-la de façon thermostatique si les températures extérieures devenaient extrêmement basses.</i> • <i>Dotez les ventilateurs d'évacuation de régulateurs de vitesse variable pour faire correspondre le taux de ventilation au besoin.</i> • <i>Voyez si vous pouvez apporter de l'air extérieur directement à une activité en particulier pour conserver l'air d'appoint chauffé de l'usine.</i> • <i>Posez des rideaux d'air à haute vitesse aux quais de chargement et dans d'autres grandes ouvertures.</i>
<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ayez recours à un isolant réfléchissant ou peignez les toits plats en blanc au-dessus des aires réfrigérées.</i> • <i>Installez des événements thermostatiques.</i> • <i>Évaluez la pertinence d'installer les nouveaux modèles de systèmes de ventilation et de récupération de chaleur régénérative sur le toit.</i> • <i>Remplacez le système de ventilation de tout le secteur par des évacuations à capot situées dans chacune des sections qu'il faut ventiler.</i> • <i>Prenez en compte la quantité d'air frais et la température constante de la brasserie en installant un nouveau système de ventilation muni d'un échangeur d'air rotatif. L'air chaud évacué réchauffe l'air qui entre dans l'échangeur. La température est contrôlée par le nombre de tours qu'effectue l'échangeur.</i> • <i>Envisagez d'utiliser des pompes à chaleur (ou thermopompes au sol) pour combiner le chauffage et le refroidissement des installations de la brasserie.</i>

7.15 ÉCLAIRAGE

Améliorer l'efficacité énergétique de l'éclairage constitue l'un des projets à haute visibilité dans toute industrie, car chacun peut en constater les résultats.

Efficacité des lampes :

à incandescence = 100 p. 100

à fluorescence = 300 p. 100

à halogénure = 400 à 600 p. 100

à sodium HP = 450 à 700 p. 100

DEL = supérieur de plusieurs ordres de grandeur

L'évaluation des systèmes d'éclairage est obligatoire selon la [Loi sur l'efficacité énergétique](#) 2009 du Canada, qui établit des exigences minimales du rendement des lampes et de la qualité de l'éclairage. La vérification énergétique de votre brasserie devrait contribuer au respect de la réglementation. Les services publics d'électricité, les fabricants de produits d'éclairage et les conseillers peuvent également vous aider.

Notre objectif qui consiste à accroître le rendement de l'énergie lumineuse ne saurait diminuer les exigences d'un éclairage approprié des lieux de travail. Les niveaux d'éclairage actuels des brasseries canadiennes devraient être conformes aux exigences établies par la Société du génie de l'éclairage (voir www.iesna.org/). On a constaté de nettes différences dans les niveaux d'éclairage, différences qui augmentaient avec l'âge du travailleur.

Il vaut la peine d'examiner cette situation pour plusieurs raisons. Des niveaux d'éclairage appropriés qui correspondent à l'âge des travailleurs comportent bien des avantages concrets et intangibles que l'on néglige souvent :

- améliorent le moral et réduisent l'absentéisme;
- influencent positivement la qualité (les gens travaillent mieux et améliorent la satisfaction de la clientèle);
- permettent de mieux contrôler les coûts en réduisant les anomalies et les rejets (particulièrement en ce qui a trait aux activités de conditionnement, d'inspection des bouteilles pasteurisées, d'emballage, d'étiquetage, etc.);
- fournissent un meilleur environnement de travail qui peut retarder le départ à la retraite des travailleurs plus chevronnés;
- améliorent les registres d'entretien et de sécurité grâce à un lieu de travail plus propre et plus ordonné, ainsi que des coûts d'assurance et un niveau d'accidents moins élevés;
- ont une influence positive sur l'image de l'entreprise et l'image de soi des employés.

Au besoin, essayez de tirer parti de la lumière naturelle (puits de lumière, fenêtres). Pensez aussi à des moyens de faciliter le nettoyage des fenêtres ou des puits de lumière.

Axez vos efforts sur la modernisation des dispositifs d'éclairage éconergétiques plutôt que de réduire l'intensité de l'éclairage des lieux de travail dans le but de réduire les coûts d'éclairage.

La première étape visant la réduction de la consommation d'énergie associée à l'éclairage est de passer en revue les dispositifs d'éclairage de toute la brasserie afin d'évaluer l'équipement, les habitudes d'utilisation et leur conformité. L'achat d'un lecteur de lux, appareil qui mesure les niveaux d'éclairage en lumens par m², sera rapidement rentabilisé.

Il importe de mentionner une fois de plus que les mesures adoptées afin de réduire la consommation d'énergie par les systèmes d'éclairage favorisent la réduction des émissions provenant des stations de génération thermique d'électricité. Consultez la [section 8](#) au sujet des émissions.

Étude de cas : Remplacement de l'éclairage fluorescent standard par des tubes fluorescents éconergétiques

Une brasserie comptait 956 luminaires standard (75 W, 8 pieds) et chacun fonctionnait en moyenne 8 heures par jour, 5 jours par semaine. Le coefficient des ballasts était de 1,1, le coût de l'électricité s'établissait à 0,09 \$/kWh et les frais mensuels de puissance appelée s'élevaient à 13,60 \$/kW. L'utilisation de luminaires à haut rendement énergétique, qui permettent d'économiser 15 W par tube, a engendré des économies annuelles de 5 140 \$.

Résultats : La période de récupération serait de 1,8 an dans le cas d'un remplacement immédiat (pour un coût standard de 8,42 \$ et un tube à haut rendement énergétique de 9,87 \$).

Le remplacement progressif de 17 p. 100 des seuls tubes qui fonctionnent à l'année ne produirait des économies annuelles qu'après un délai de 6 ans. Toutefois, dans le cas d'un remplacement progressif, la période de récupération est de 3 mois la première année, de 1,6 mois l'année suivante, et ainsi de suite, jusqu'à la récupération complète du montant total au cours de la sixième année.

Éclairage : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brasseurs sont indiqués en italique et en couleur.

<p>Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consultez aussi les éléments présentés dans la section 7.15. • <i>Inculquez aux employés de bonnes méthodes d'entretien; encouragez la modification des mauvaises habitudes entraînant le gaspillage et encouragez les employés à éteindre les lampes quand elles n'ont pas à être allumées.</i> • <i>Donnez à quelqu'un la responsabilité de fermer les lumières à la fin de la journée de production, et à les allumer avant le début du quart dans chaque service et dans les aires générales.</i> • <i>Demandez au personnel de sécurité ou de l'entretien de veiller à ce que les lumières soient éteintes.</i> • <i>Éteignez les fluorescents lorsqu'ils ne sont pas utilisés pendant au moins 15 minutes.</i> • <i>Éteignez les lampes à décharge à haute intensité lorsqu'elles ne sont pas utilisées pendant au moins une heure.</i> • <i>Déterminez un calendrier régulier de nettoyage des lampes et des boucliers des appareils légers, en particulier dans les milieux poussiéreux (salles de coupe du carton, atelier de mélange du malt, etc.).</i> • <i>Instituez un programme de nettoyage régulier des lampes qui maintiendra le rendement lumineux et diminuera les besoins d'éclairage.</i> • <i>Mettez en œuvre un programme régulier de remplacement des lampes.</i> • <i>Lorsque vous remplacez des lampes, il est plus économique de toutes les remplacer en même temps.</i> • <i>Réduisez la puissance ou éteignez les projecteurs et les enseignes extérieures inutiles.</i> • <i>Réduisez le niveau d'éclairage du parc de stationnement lorsque celui-ci n'est pas utilisé.</i>
<p>Les lampes s'affaiblissent avec l'âge mais continuent à utiliser la même quantité de courant : remplacez les lampes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifiez le niveau d'éclairage dans tous les locaux de la brasserie pour s'assurer qu'il est approprié et éliminez tous les niveaux d'éclairage excessifs (p. ex., dans les couloirs, les aires de stockage). • Investissez dans un lecteur de lux, dont le coût d'achat sera rapidement amorti. • Enlevez les lampes dans les endroits trop éclairés. De plus, enlevez les ballasts d'éclairage par fluorescence et par lampes à vapeur de sodium à haute pression désaffectés qui continuent de consommer de l'électricité, même quand les tubes et les ampoules ont été retirés. • <i>Réduisez les heures d'éclairage, si possible.</i> • <i>Vérifiez l'état du protecteur de tube fluorescent, son jaunissement ainsi que la poussière accumulée.</i> • <i>Lavez les puits de lumière, le cas échéant.</i> • Optez pour des types d'éclairage qui consomment peu d'énergie et qui ont un rendement énergétique élevé au moment d'installer un nouvel éclairage. • Utilisez des commutateurs de détection de présence dans le magasin, les salles de maturation et les bureaux, endroits où un opérateur n'est pas toujours présent et où cela est faisable, afin de réduire la consommation d'énergie. • <i>Réduisez l'éclairage utilisé dans les endroits réfrigérés puisqu'il augmente la charge thermique.</i> • Réduisez l'éclairage au niveau minimum sécuritaire. Installez des commutateurs de détection de présence sur l'éclairage de sécurité extérieur.

<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisez des commutateurs de détection de présence aux endroits où cela est possible (p. ex., bureaux, magasins, etc.). • Utilisez un système programmable ou actionné par cellule électrique ou des commutateurs de détection de présence pour l'éclairage général extérieur. • Repositionnez les lampes où l'éclairage n'est pas efficace, p. ex., lorsqu'il se reflète sur le dessus des palettes empilées, les ballots de houblon, le dessus des réservoirs, le pasteurisateur ou la laveuse de bouteilles, etc. • Installez une commande d'éclairage automatique par minuterie qui éteindra les lumières à des périodes préétablies (surtout pour les aires locales). • Prévoyez de l'éclairage direct approprié plutôt que de l'éclairage de l'espace en général. Réduisez le niveau de l'éclairage général au minimum et prévoyez l'éclairage direct aux postes de travail, si nécessaire. • Lorsque le milieu le permet, appliquez de la peinture blanche sur les murs et les plafonds ou de couleur pâle et utilisez la réflexion de la lumière pour améliorer l'éclat du lieu de travail. • Remplacez les vieux ballasts par des ballasts éconergétiques; cela est particulièrement important si le facteur de puissance est bas et si la brasserie paie des pénalités pour cette raison.
<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacez les appareils d'éclairage à faible rendement par des types à haut rendement (p. ex., des lampes au mercure par des lampes au sodium HP). • Remplacez tous les tubes fluorescents ordinaires par des tubes à haut rendement énergétique (série T). • Remplacez l'éclairage existant par des lampes éconergétiques et des lampes à décharge chaque fois que cela est possible. Dans les locaux à plafonds hauts, remplacez les tubes fluorescents et les lampes à vapeur de mercure par des lampes aux halogénures ou au sodium. • Lorsque le milieu le permet, réduisez l'éclairage des plafonniers afin de rehausser l'intensité de l'éclairage sur le sol. Cette pratique peut même permettre une réduction du nombre de lampes existantes.

7.16 MOTEURS ÉLECTRIQUES ET POMPES

Moteurs électriques

En général, l'efficacité des vieux moteurs électriques est beaucoup moindre (tout comme le facteur de puissance) que celle de la nouvelle génération des moteurs à haut rendement (HR). Les moteurs HR ont des rendements supérieurs à 93 p. 100 (par rapport à la puissance du moteur; plus elle est élevée, plus le moteur est efficace). Le remplacement sommaire des vieux moteurs par des modèles HR est souvent difficile à justifier, à moins qu'ils ne fonctionnent près de 24 heures sur 24 et que les économies d'électricité offrent un bon rendement du capital investi. Dès que les moteurs doivent être remplacés ou envoyés au rebobinage, il serait avisé de choisir de nouveaux moteurs de type HR. Produisez une justification de coût basée sur l'écart de coût marginal du moteur lorsque vient le temps du rebobinage ou du remplacement du vieux moteur. Cela devrait faire partie de votre politique d'acquisition.

Les moteurs surdimensionnés ou les moteurs au ralenti gaspillent l'électricité et causent des facteurs de puissance médiocres. Cela est fréquemment le cas des moteurs qui font tourner des dépoussiéreurs à sacs filtrants et des compresseurs d'air – habituellement les plus gros dans la brasserie. Ces moteurs, qui sont parmi les plus gros travailleurs, sont particulièrement susceptibles aux grillages par induction électrique ou par l'harmonique de l'équipement.

Pompes

Dans les brasseries, la majorité des pompes sont dotées de moteurs électriques. Il existe deux types de pompes selon leurs principes de fonctionnement :

- les pompes centrifuges (pompes rotodynamiques) – qui déplacent les liquides en leur communiquant de l'énergie cinétique (p. ex., pour l'eau, le moût, la bière et les eaux usées);
- les pompes volumétriques – qui assurent un débit constant selon une vitesse donnée en fonction du volume des cavités de la pompe (p. ex., pour le lait de levure et de terre à diatomées et les boues des eaux usées).

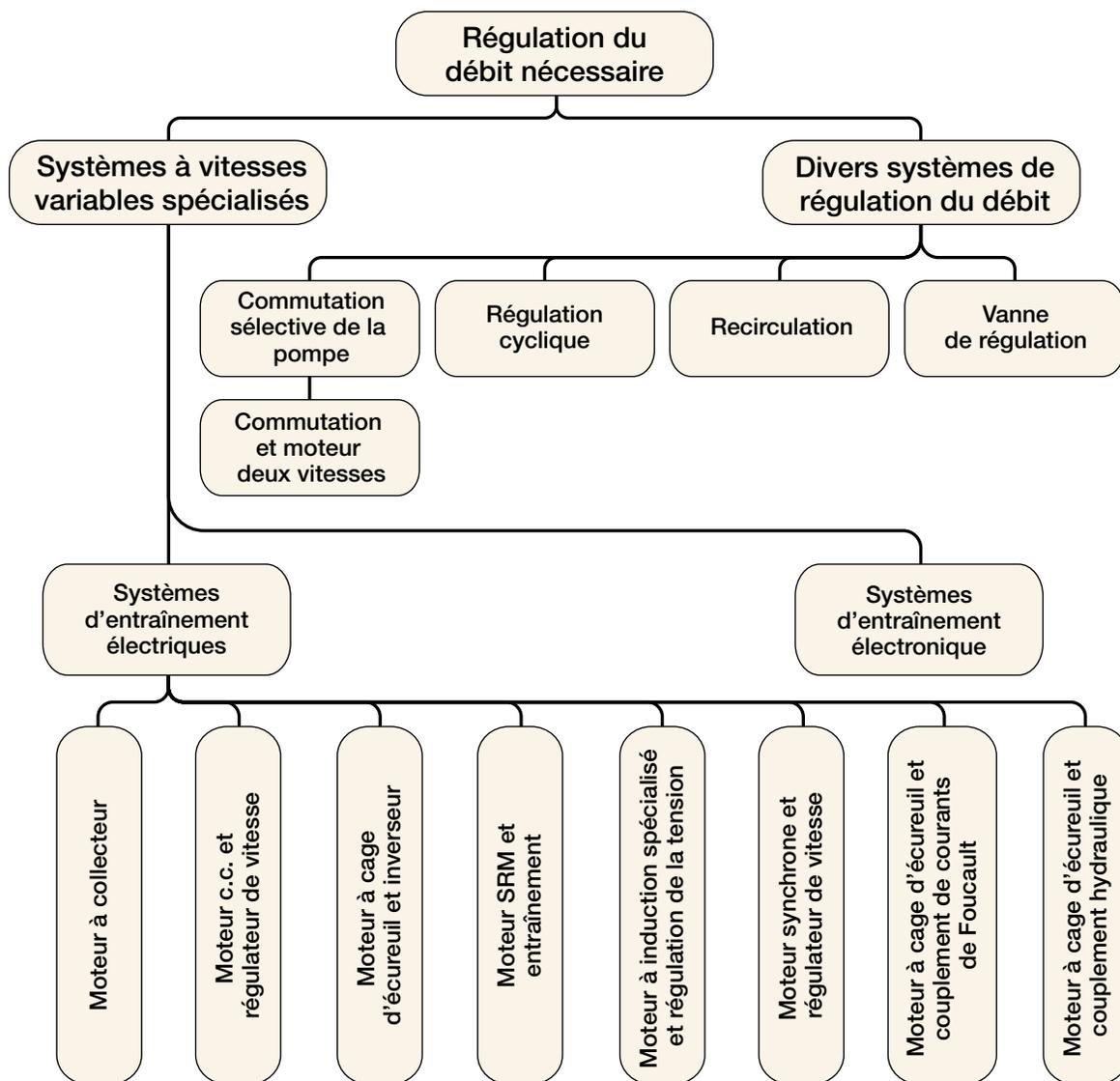
La conception d'une pompe adéquate et son fonctionnement constituent des éléments complexes. Les pompes ainsi que leurs entraînements doivent être assez puissants pour surmonter la résistance imposée par l'entraînement, la tuyauterie, les joints de la pompe et la différence d'élévation entre la pompe et l'utilisateur final. Tous ces facteurs exercent une influence considérable sur l'alimentation de la pompe. Les besoins énergétiques et les coûts d'exploitation peuvent être réduits en choisissant des moteurs à haut rendement, une pompe et des entraînements spécialement conçus aux conditions de fonctionnement.

Les joints de pompe augmentent en outre la résistance de frottement de l'axe. Les deux types de joints les plus courants sont les joints mécaniques et les joints de presse-étoupe. Ces derniers requièrent jusqu'à six fois plus d'énergie que ne le nécessitent les joints mécaniques. Lorsqu'ils fuient, les joints de pompe favorisent non seulement les pertes mais compromettent aussi l'intégrité du système et peuvent occasionner le soutirage de l'oxygène ou la contamination microbienne.

Examinez le déploiement de vos pompes. Elles devraient être de dimension adéquate pour répondre aux exigences en matière de débit. Consultez la figure 7-4 pour connaître les options pour le fonctionnement efficace d'une pompe. Si l'évaluation démontre que la pompe est en mesure de produire une hauteur ou un débit plus important, les mesures suivantes peuvent être adoptées :

- lorsque le débit fluctue, installez un variateur de vitesse;
- lorsque le débit est constant, réduisez la taille de la roue dans le cas d'une pompe centrifuge;
- optimisez le fonctionnement des roues (ou remplacez-les) pour que le point de fonctionnement se situe dans la zone optimale de la courbe de rendement des pompes;
- assurez le bon fonctionnement des pompes grâce à un entretien et à des inspections réguliers pour détecter les premiers signes de défaillance.

Figure 7-4 : Options pour le fonctionnement d'une pompe éconergétique



D'après le *CADDET Energy Efficiency Newsletter* n° 2, 1995

Étude de cas : Remplacement des courroies standard sur les gros moteurs par des courroies d'entraînement à couple élevé ou par des courroies dentées à haut rendement énergétique

Tous les moteurs électriques ont des lacunes au chapitre du rendement. Des pertes supplémentaires sont causées par la transmission de la puissance du couple sur les machines qui utilisent une courroie standard trapézoïdale. Ces pertes proviennent du glissement, de l'ajustage, de la tension et de la densité de la courroie trapézoïdale dont le rendement maximal est de 94 p. 100, ou de 92 p. 100 si elle n'est pas entretenue adéquatement. Le remplacement de ces courroies par des courroies dentées, qui glissent moins et sont plus souples que les courroies trapézoïdales, ou par des courroies dentées utilisées avec des roues dentées (c.-à-d., essentiellement des « chaînes de distribution ») plutôt qu'avec des poulies, accroît d'au moins 2 p. 100 le rendement des courroies trapézoïdales, et de 6 p. 100 celui des courroies d'entraînement à couple élevé. De plus, les courroies dentées durent environ 50 p. 100 plus longtemps que les courroies trapézoïdales standard.

Les formules suivantes sont utilisées dans le cadre de calculs :

PS = réduction prévue de la puissance électrique, kW

ÉE = économies d'énergie prévues, kWh/an

HP = total de la puissance des moteurs utilisant des courroies trapézoïdales standard, kW (1 HP = 0,746 kW)

η = rendement moyen des moteurs (par exemple 0,85)

FC = facteur de charge moyen, en pourcentage

H = nombre d'heures d'utilisation annuelle

S = économies d'énergie prévues (par exemple, 2 p. 100 pour les courroies dentées, 6 p. 100 pour les courroies à couple élevé)

Résultats : Si l'on utilise un coût de l'énergie de 0,09/kWh et des frais de puissance appelée de 13,60/kW par mois, les résultats sont les suivants : 16 moteurs totalisant 152,5 HP tournant 8 heures par jour, 5 jours par semaine, 52 semaines par année généreraient des économies annuelles totales (consommation plus frais de puissance appelée) de 1 040 \$ s'ils fonctionnent avec des courroies dentées, et de 3 300 \$ s'ils fonctionnent avec des courroies à couple élevé. La période de récupération est immédiate pour les courroies dentées dès le remplacement.

Dans l'hypothèse d'un coût d'installation de 300 \$ par jeu de poulies, la période de récupération de l'installation de courroies à couple élevé citée dans l'exemple ci-dessus est de 1,5 an.

Étude de cas : Utilisation de lubrifiants synthétiques sur les gros moteurs

L'ensemble des gros moteurs électriques d'une brasserie totalise 347,5 HP; leur rendement moyen est de 85 p. 100 et le facteur de charge moyen de 75 p. 100; l'utilisation de lubrifiants synthétiques par une seule équipe amènerait une diminution de 10 p. 100 des pertes de charge. En utilisant les tarifs de consommation et le total des frais de puissance appelée de l'étude de cas précédente, il est possible d'évaluer les économies d'énergie à 1 050 \$ par an.

Les économies d'énergie possibles résultant de l'utilisation de lubrifiants synthétiques peuvent se calculer selon la formule :

$$RC = HP \times (1-\eta) \times FC \times R$$

$$ÉÉ = RC \times H$$

RC = réduction prévue de la consommation d'énergie électrique, kW

ÉÉ = économies d'énergie prévues, kWh/an

HP = total de la puissance des compresseurs et d'autres gros moteurs, kW

η = rendement moyen des moteurs (par exemple 0,85)

FC = facteur de charge moyen, en pourcentage

H = nombre d'heures d'utilisation annuelle

R = réduction prévue des pertes d'énergie par la lubrification, en pourcentage

Les produits lubrifiants synthétiques coûtent plus cher à l'achat. Toutefois, ils durent beaucoup plus longtemps que les lubrifiants à base de pétrole, ce qui compense le coût d'achat. Le seul coût à considérer est celui d'un spécialiste en lubrification.

Résultats : Dans l'hypothèse où le coût est de 800 \$, la période de récupération est de 9 mois.

Étude de cas : Convertisseurs de tension et de fréquence variables

L'utilisation de convertisseurs de tension et de fréquence variables est assez répandue pour le contrôle des moteurs à induction. Une brasserie japonaise dont la production annuelle est 2,2 millions d'hectolitres a étudié la possibilité d'avoir recours à ce type de convertisseurs pour ses 3 300 moteurs à induction utilisés pour le pompage et différentes applications. Les convertisseurs de tension et de fréquence variables permettent à la vitesse du moteur de la pompe de varier en permanence pour répondre aux exigences de la charge. La procédure d'évaluation du moteur standardisé et l'évaluation détaillée de 450 moteurs ont été réalisées avant l'installation pilote.

Cinq pompes, dont la consommation d'électricité annuelle était de 1 501 mWh, ont été sélectionnées. Après l'installation des convertisseurs de tension et de fréquence variables, leur consommation d'électricité annuelle a chuté à 792 mWh.

Résultats : Cette installation a entraîné une économie de 709 mWh. La période de récupération a été d'environ 1,9 an (à ce moment). Le projet a également permis aux responsables d'aborder la question des répercussions des interférences de bruit sur l'équipement voisin, et des mesures ont été prises pour atténuer les problèmes qui en résultaient.

Étude de cas : Arrêt des moteurs non utilisés

Une vérification du service de conditionnement et d'emballage d'une entreprise brassicole a révélé que de nombreux moteurs tournaient inutilement. Quoique les variations de l'appel de puissance doivent être évitées lors de la mise en marche, les coûts de consommation peuvent également être réduits en demandant au personnel de s'assurer que le matériel ne fonctionne que lorsque cela est nécessaire, ou en installant un système de régulation automatique plus perfectionné.

Les économies d'énergie découlant de l'arrêt des moteurs qui ne sont pas utilisés peuvent se calculer selon la formule :

$$\text{ÉE} = \{(\text{HP} \times \text{FC}) : \eta\} \times \text{H} \times \text{AC}$$

$$\text{ÉR} = \text{ÉE} \times \text{CÉ}$$

ÉE = économies d'énergie réalisées, kWh/an

HP = total de la puissance des moteurs qui tournent pendant la journée, HP

FC = facteur de conversion (0,7459 kW/HP)

η = rendement moyen des moteurs, en pourcentage

H = nombre d'heures durant lesquelles les moteurs tournent au ralenti pendant l'année

AC = augmentation de la consommation découlant du fonctionnement au ralenti des moteurs (par exemple 10 p. 100)

CÉ = coût de la consommation d'électricité, \$/kWh

ÉR = économies réelles (en dollars)

Moteurs électriques et pompes : autres PGE et conseils

Remarque : les points d'intérêt s'adressant particulièrement (mais pas exclusivement) aux petits brassiers sont indiqués en italique et en couleur.

Entretien, éléments gratuits ou à faibles coûts

- *Vérifiez que les moteurs soient bien dimensionnés pour le travail à effectuer.*
- *Fermez les moteurs et les appareils lorsque leur fonctionnement n'est pas nécessaire.*
- Installez des commandes automatiques de fermeture de l'équipement lorsque celui-ci n'est pas nécessaire.
- Passez en revue les antécédents de grillage des moteurs et cherchez à savoir si les circuits dans la brasserie ont besoin d'être mis à niveau.
- *Servez-vous du service public d'électricité comme d'une ressource : il peut vous faire des suggestions quant aux autres solutions de réduction de l'appel de puissance, aux points où disposer les compteurs et à la façon de mesurer la consommation. Il peut aussi vous prêter un analyseur de charge.*
- Entretenez et étalonnez les commandes automatiques sur tous les équipements.
- Contrôlez la distorsion harmonique passivement et en amont; précisez-le dans les normes d'acquisition des nouveaux équipements.
- *Vérifiez les connexions dans le bloc moteur et recherchez-y les signes de surchauffe.*
- Effectuez des analyses de vibration des moteurs et des entraînements à intervalles réguliers.
- *Fermez les pompes lorsque leur fonctionnement n'est pas nécessaire.*
- Assurez-vous que les joints de presse-étoupe des pompes sont bien ajustés.
- Maintenez la tolérance du jeu aux roues et aux joints des pompes.
- *Vérifiez et réglez régulièrement l'entraînement du moteur pour s'assurer que la tension des courroies et le centrage des accouplements sont adéquats.*
- Nettoyez les roues des pompes et réparez-les, ou remplacez-les si elles sont corrodées ou piquées.
- Adoptez un programme d'inspections régulières et d'entretien préventif pour réduire la fréquence de défaillance des composants des pompes.

<p>Éléments à coûts moyens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacez, comme le précise la politique d'acquisition, les vieux moteurs électriques usés par de nouveaux moteurs à haut rendement. • Installez des variateurs de vitesse et des options de mise sous tension sans appel de courant sur les moteurs électriques. • Envisagez d'installer un logiciel de délestage électrique dans les centres de commande des moteurs. Le logiciel agit comme un outil de gestion électrique et des procédés. Il surveille l'utilisation du courant instantanément et le rajuste en fonction du niveau maximal de courant utilisable. Il régit la consommation par un cycle de vie du produit. Il peut exprimer l'utilisation réelle et prévue du courant en unité de produit en kWh/t et également en termes de coûts (p. ex., le logiciel PowerPlusReporter®; les programmes de gestion de l'environnement et de l'énergie de la société E2MS). • Songez à effectuer des inspections thermographiques afin de détecter les points chauds électriques, p. ex., dans les couplages et les contacts qui indiquent des sources de perte mécanique. Par exemple, le détecteur thermique de Fluke Co. peut s'avérer utile. • Remplacez les joints de presse-étoupe par des joints mécaniques. • Rognez la roue de la pompe pour qu'elle réponde aux besoins de débit et de hauteur du système.
<p>Éléments à coûts importants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôlez l'harmonique qui peut interférer avec les moteurs et causer le grillage de ces derniers. L'harmonique peut endommager les condensateurs installés pour contrôler le facteur de puissance, les fusibles sautés, les moteurs grillés et l'équipement en surchauffe. Évaluez vos conditions locales. • Songez à remplacer les condensateurs électriques par des circuits de résonance LRC, dimensionnés pour chaque équipement et chaque charge électrique afin de contrôler le facteur de puissance pour optimiser les économies. Dans certaines brasseries, les facteurs de puissance près de l'unité, soit de 0,98 à 0,99, sont courants. • Avant de mettre en œuvre un système de gestion de l'énergie, choisissez-en un ayant une capacité à la fois d'analyse et de rapport. • Songez à installer un système de surveillance de l'alimentation électrique au moyen d'une méthode de surveillance et de repérage pour gérer la consommation d'électricité dans toute la brasserie. • Remplacez l'équipement désuet ou inadéquat par de nouveaux appareils de puissance appropriée.

7.17 ENTRETIEN

Le sujet a déjà été abordé précédemment; cependant, il importe de ne pas négliger les avantages que l'entretien préventif représente en ce qui a trait à l'énergie.

Les coûts entraînés par l'arrêt de la production, à cause du bris d'équipement, peuvent s'accumuler rapidement :

- les pertes d'occasions de vente; la perte de la confiance du client;
- les coûts supérieurs de main-d'œuvre qui peuvent comprendre des heures supplémentaires pour rattraper le temps perdu;
- les frais généraux plus élevés;
- le coût énergétique supplémentaire pour garder la chaîne de montage en attente, etc.

Si ce n'est déjà fait, essayez de calculer le coût des divers éléments pendant une heure de panne. Il est probable que son élément énergétique sera énorme. L'entretien préventif planifié peut contribuer à réduire le temps de panne imprévu, et devrait constituer une activité courante. Donc, l'entretien préventif est une partie très importante du programme de conservation d'énergie et des améliorations du rendement énergétique de toute brasserie. Il y a fort à parier que l'investissement en entretien préventif se paiera très rapidement par des économies énergétiques et opérationnelles.

Lorsque vous préparez un calendrier d'entretien préventif, n'oubliez pas d'inclure également les outils manuels (en particulier ceux qui fonctionnent à air comprimé). À part le fait que cette pratique prolonge la vie utile des outils, elle amène une réduction de l'utilisation de l'air comprimé, donc de l'énergie.

L'entretien prédictif est axé sur la prévention des pannes pendant une période donnée, et ce, au moyen de l'analyse des données historiques. Par exemple, puisque les roulements d'un moteur électrique cessent de fonctionner tous les 15 mois en moyenne, le programme d'entretien prédictif prévoira leur remplacement tous les 12 mois.

Des ouvrages ont été rédigés sur la mise sur pied de programmes d'entretien préventif et prédictif, et des logiciels présentant différents degrés de sophistication et autres modules de gestion générale (comme la comptabilité, les achats, la vérification de l'inventaire des pièces et la paie) sont offerts sur le marché. Bien que ces outils puissent être abordables pour les brasseries de plus grande envergure, les petits brasseurs peuvent eux aussi élaborer un calendrier et un programme d'entretien préventif simple au moyen d'un chiffrier électronique (Excel) ou d'un logiciel de traitement de texte (Word).

Étude de cas : L'importance de l'entretien

Une fuite qui émet un sifflement et dont le nuage de vapeur est difficilement perceptible, par exemple dans le cas de la fuite d'un robinet d'admission de vapeur, peut entraîner une perte d'environ 1 kg de vapeur par heure. Cela équivaut à une consommation annuelle de 700 kg de mazout et représente l'énergie nécessaire à la production de 200 hl de bière à faible consommation.

Une fuite qui émet un sifflement et qui produit un nuage de vapeur visible, par exemple au niveau d'un joint d'étanchéité, peut entraîner une perte de 3 kg à 5 kg de vapeur par heure. Cela équivaut à une consommation annuelle de 2 100 kg à 3 500 kg de mazout et représente l'énergie nécessaire à la production de 580 hl à 1 000 hl de bière à faible consommation.

Résultats : L'isolation d'à peine 1 m d'un tuyau de vapeur de 89 mm utilisé 6 000 heures par an produit des économies annuelles d'environ 450 kg de mazout, soit assez d'énergie pour produire 120 hl de bière.

7.18 PROCÉDÉS DE BRASSAGE DE LA BIÈRE : QUELQUES POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

De nombreux exemples de possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans les brasseries canadiennes ont été présentés précédemment. Bien qu'ils ne soient pas considérés comme des percées révolutionnaires, bien des progrès technologiques ont été réalisés par plusieurs fabricants d'équipement destiné à l'industrie brassicole au cours des 12 années qui ont suivi la publication initiale de ce guide. Les concepts radicaux des années 1960 et suivantes comme le brassage continu, la fermentation continue et la maturation continue de la bière n'ont pas été en mesure de répondre aux attentes.

Il pourrait s'avérer utile de réfléchir aux technologies qui ne sont pas relativement récentes mais qui ont été éprouvées. La liste condensée qui suit contient des sujets qui ont été abordés dans la première édition du guide et qui pourraient stimuler la réflexion en ce qui a trait aux mesures pouvant contribuer à la réduction des coûts d'exploitation et d'énergie d'une brasserie ainsi qu'à l'amélioration de sa rentabilité.

Cogénération

Au sein du marché de l'énergie électrique déréglementé au Canada, la production combinée d'électricité et de chaleur ou la cogénération pourrait susciter l'intérêt de certaines brasseries. En 1994, à London, en Ontario, une brasserie canadienne, la Brasserie Labatt, a eu recours à la cogénération pour profiter des avantages offerts par les programmes d'Ontario Hydro. La technologie est bien établie et éprouvée au sein de nombreuses industries. Différents types de turbines, alimentées à partir de sources d'énergie variées (le gaz naturel, le mazout, mais aussi les déchets, la biomasse, le diesel et l'essence) sont mis au point par de nombreux fabricants. Le ratio de production électricité/chaleur s'améliore en étant presque équitable, et l'efficacité totale est de près de 80 p. 100.

D'autres brasseries pourraient songer à effectuer l'important investissement que requiert cette technologie attrayante et au potentiel de rendement du capital investi qu'elle représente.

Amélioration des techniques d'ébullition du moût

Les efforts visant l'optimisation de la consommation d'énergie et de l'efficacité de la production ont entraîné différentes modifications à la technologie de brassage de la bière. Par exemple, on empilait les cuves afin de réduire les pertes de chaleur et la demande en pompage; on faisait l'essai de procédés de brassage, de séparation et d'ébullition continus; certains ont adopté la technique de l'ébullition à basse pression; on installait des chaudières à bière avec des serpentins chauffés à la chaleur et des percolateurs aux chaudières à bière afin d'accélérer et d'intensifier l'ébullition du moût; on avait plutôt recours à des chaudières à bières externes, etc.

La recompression mécanique de la vapeur et la recompression thermique de la vapeur sont des méthodes de brassage éprouvées sur le plan de l'efficacité énergétique utilisées partout dans le monde. Ces méthodes permettent de récupérer une plus grande partie des vapeurs latentes de la chaudière à bière en faisant bouillir le moût sans air. La chaleur obtenue par la recompression des vapeurs est réutilisée pour chauffer la chaudière. Cela suppose d'importants ajouts de capital à l'équipement de la brasserie, mais il est possible d'obtenir assez rapidement un rendement du capital investi, la rapidité du rendement dépendant des règlements locaux. Parmi les principaux fabricants de matériel destiné à l'industrie brassicole (Huppmann, Ziemann, Alfa-Laval et bien d'autres), plusieurs offrent une variété de systèmes plus ou moins perfectionnés, qui sont actuellement utilisés dans des douzaines de brasseries de partout dans le monde. L'un de ces systèmes, qui est équipé d'un éjecteur de vapeur, permet de réduire de moitié la consommation de vapeur de la chaudière et ne requiert qu'un investissement minime.

D'autres systèmes ont en outre été mis au point, p. ex., l'ébullition du moût par micro-onde (par Huppmann en Allemagne).

Il y a neuf ans, une brasserie du Québec avait prévu faire appel à la technologie de chaudière à bière de faible épaisseur Merlin^{MD} de Steinecker Group. Ce concept présente de nombreux avantages en matière de technologie et de consommation de l'énergie par rapport aux techniques d'ébullition du moût en chaudière et à basse pression. Il semble que la technologie d'ébullition du moût de Merlin^{MD} constitue une innovation de pointe qui offre des avantages technologiques et relatifs à la qualité du produit, qui permet des économies d'énergie et qui contribue à la conservation de l'environnement en réduisant la génération de gaz à effet de serre, la consommation d'eau et la génération d'effluents.

Pasteurisation instantanée de la bière

La pasteurisation instantanée est une méthode de pasteurisation de la bière qui n'est pas des plus récentes; elle est cependant peu utilisée en Amérique du Nord. Elle peut être appliquée au conditionnement des bouteilles, souvent de concert avec l'embouteillage à chaud et des barillets. Dans les brasseries où la production et les conditions d'exploitation sont adéquatement contrôlées, cette méthode peut présenter des avantages importants, notamment des économies d'espace et d'investissement ainsi qu'une réduction des deux tiers des dépenses en énergie découlant de la pasteurisation, si l'on compare ce procédé au procédé de pasteurisation en tunnel.

Pasteurisation en tunnel

De nouvelles mises au point ont permis à plusieurs fabricants (p. ex., KHS, Sander Hansen, Gangloff-Scoma) de munir les pasteurisateurs à tunnel de systèmes automatiques de contrôle de l'unité de pasteurisation. De nouveaux types de pasteurisateurs à tunnel sont dotés de fonctions visant à réduire la consommation d'eau et d'énergie, comme celui conçu par Sander Hansen.

Microfiltration et ultrafiltration

Les récentes percées réalisées dans le domaine de la technologie des matériaux filtrants régénérables, dont les cartouches et les membranes, et des méthodes de séparation, permettent l'utilisation des méthodes de microfiltration et d'ultrafiltration. Parmi les applications possibles de ces méthodes, citons la stérilisation de la bière par filtration, qui ne requiert ni énergie ni pasteurisation intensive à l'eau, la récupération et le nettoyage des solutions caustiques utilisées provenant des laveuses de bouteilles et des systèmes de nettoyage en circuit fermé, la récupération de la bière, le filtrage de l'eau, etc.

Séchage de la levure résiduelle et de la drêche

Plusieurs méthodes de séchage des sous-produits du moût, récentes et éprouvées sur le plan de l'efficacité énergétique, font appel à différentes techniques comme celles de la vapeur saturée, de la vapeur surchauffée ou de la combustion directe des gaz. Elles visent à remplacer les procédés traditionnels inefficaces de séchage sur cylindre (levure) ou de séchage à feu direct (drêche) utilisés par quelques brasseries nord-américaines.

Distillation sous vide

La distillation à basse température du CO₂ en permet la récupération à l'état pur à partir des eaux de collecte particulièrement polluées par l'air. En comparaison avec les procédés et les installations de collecte classiques bien gérées, ce procédé double pratiquement le rendement de la collecte et permet des économies importantes d'énergie et de matières premières auxiliaires.

Systèmes experts de contrôle informatisé

Un système expert informatisé se sert des connaissances d'un spécialiste (y compris des employés expérimentés à l'approche de la retraite) pour exécuter des tâches de résolution de problèmes comme les diagnostics, la formulation de conseils, l'analyse et l'interprétation. En s'appropriant et en formalisant l'expertise humaine, ces systèmes peuvent améliorer le rendement des entreprises, car ils ont les effets suivants :

- ils diminuent la durée d'exécution des tâches complexes;
- ils améliorent la productivité et réduisent les délais de livraison;
- ils améliorent la qualité des conseils et des résultats des analyses visant à accroître le rendement de l'exploitation et la qualité des produits;
- ils rendent accessible une expertise précieuse et, par conséquent, atténuent le besoin de main-d'œuvre qualifiée.

On devrait tenir compte du fait d'avoir recours à cette expertise avant que les professionnels estimés et chevronnés ne partent à la retraite. Ces systèmes experts de contrôle informatisé assurent la coordination et l'optimisation des opérations de production. Leur utilisation n'est pas encore très répandue, mais il est possible de les trouver dans le commerce. Parmi quelques exemples d'applications, citons le contrôle de la réfrigération et de la fabrication en vue d'une meilleure utilisation des services publics au sein des brasseries. Leur utilisation croissante comme systèmes de contrôle et d'élaboration des objectifs place la gestion des ressources de l'environnement technologique au même plan que la gestion de toutes les autres ressources dans la brasserie.

Remplacement du contrôleur programmable par une commande de processus assistée par ordinateur

Un nombre important de contrôleurs programmables peut dorénavant être remplacé par des progiciels de commande de processus assistée par ordinateur (PC) complètement intégrés. L'utilisateur tire parti d'une commande de processus cohérente et répétée qui élimine la tâche de programmation d'ordinateurs individuels et intègre les opérations. Les changements de processus peuvent être commandés simplement à partir du PC, même à distance; les enregistrements et l'historique sont archivés; les moteurs peuvent être mis en marche ou arrêtés selon la préprogrammation de l'équipement et le flux des produits, des niveaux, des pressions, etc. Plusieurs de ces progiciels sont en vente sur le marché, notamment les suivants : PCbrew^{MD}, PCflow^{MD} et PCprocess^{MD}. Leur application à certaines unités de production et à certains équipements comme les chaudières, la réfrigération et le conditionnement peut générer des économies d'énergie supplémentaires dans les brasseries.

8

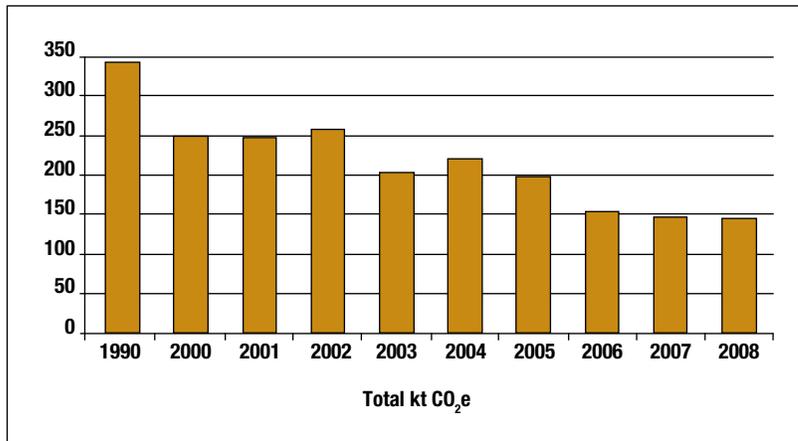
ÉMISSIONS ISSUES DES BRASSERIES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES



8.0 ÉMISSIONS ISSUES DES BRASSERIES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'industrie brassicole canadienne génère un pourcentage extrêmement faible de la quantité totale d'émissions de dioxyde de carbone produite par le Canada, un des plus importants pays émetteurs de gaz à effet de serre (GES), lesquels sont liés aux changements climatiques. En 2008, le secteur a produit 14 000 tonnes d'équivalent CO₂,³ ce qui représente une importante amélioration par rapport au niveau de référence de 1990 qui se situait à 340 000 tonnes d'équivalent CO₂ (figure 8-1).

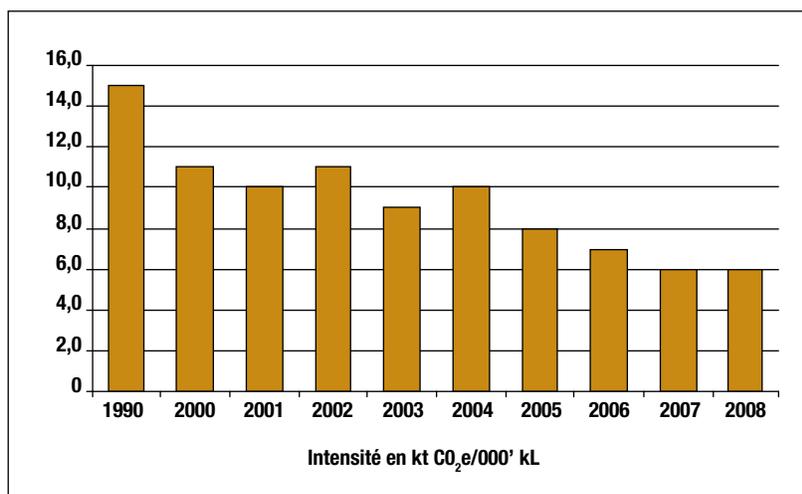
Figure 8-1 : Émissions totales d'équivalent CO₂ de l'industrie brassicole canadienne



Les brasseries peuvent aider le Canada à atteindre son objectif de réduction en améliorant leur rendement énergétique.

Le déclin du volume de bière produite entre 1990 et 2008 (de 23,66 millions hl à 22,56 millions hl en 2008) concorde avec la baisse semblable de l'intensité d'équivalent CO₂ (figure 8-2).

³ Sources de données : Consommation d'énergie – Statistique Canada, Enquête sur la consommation industrielle d'énergie, Ottawa, décembre 2008; Production brassicole – Association des brasseurs du Canada, Ottawa, octobre 2008.

Figure 8-2 : Intensité d'équivalent CO₂ dans l'industrie brassicole canadienne

L'indice d'équivalent CO₂ a ensuite chuté par rapport à l'indice de base de 1,00 en 1990 à 0,40 en 2008, soit un déclin de 60 p. 100. Cette baisse s'appuie sur un rapport environnemental de l'entreprise Molson Coors Canada produit en 2009, lequel indique une diminution de 13 p. 100 des émissions d'équivalent CO₂ entre 2006 et 2007 au sein de l'industrie brassicole canadienne.

Toutefois, il reste beaucoup à faire dans nos brasseries afin de réduire davantage la consommation d'énergie sous toutes ses formes. L'amélioration du rendement énergétique réduit les émissions de gaz à effet de serre de deux façons :

- des mesures d'efficacité énergétique pour les systèmes de combustion sur place (p. ex., les chaudières, les appareils de chauffage) réduisent les émissions en proportion directe de la quantité de combustibles non brûlés;
- les réductions de la consommation d'électricité amènent des réductions dans la demande d'électricité et, par conséquent, des réductions des émissions produites par les centrales électriques.

Pour avoir un exemple sur la façon de calculer la quantité de réduction des grandes émissions de gaz à effet de serre qui découlent de vos projets d'efficacité énergétique, consultez l'[annexe 9.3 – Calculs des réductions des émissions](#). La [section 7.3.2 – Impacts environnementaux liés à la combustion](#) de la chaudière aborde également ce sujet.

Les brasseries doivent également prêter attention à la composition de leurs émissions atmosphériques. Les normes de la qualité de l'air publiées en mars 2001 en Ontario établissent des limites plus strictes à respecter. Les projets conçus pour satisfaire aux normes d'émissions peuvent exiger d'importants capitaux. Un projet né à la suite d'une exigence réglementaire peut être plus facile à justifier s'il est combiné à un projet de gestion de l'énergie qui en réduit la consommation.

8.1 CALCUL DE L'EMPREINTE CARBONE

Les efforts à gérer les émissions de dioxyde de carbone à l'échelle mondiale par l'entremise de l'échange des droits d'émission découlent des préoccupations liées aux changements climatiques. L'échange des droits d'émission, aussi appelé mécanisme de plafond et échange, consiste en une approche axée sur les forces du marché employée afin de contrôler la pollution au moyen de mesures incitatives économiques encourageant la réduction des émissions de polluants. Dans le cadre d'un système de plafond et échange, un organisme gouvernemental attribue aux entreprises des « allocations » qui limitent la quantité de polluants (gaz à effet de serres et polluants atmosphériques) qu'elles peuvent émettre. Les entreprises qui réduisent leurs émissions en dessous de leur limite ou plafond reçoivent des allocations additionnelles ou des crédits qu'elles peuvent vendre ou accumuler pour un usage ultérieur.

Pour des raisons économiques et environnementales, il importe de connaître la quantité d'émissions produites par l'entreprise ainsi que leur impact sur l'environnement ou sur l'empreinte carbone. La détermination d'une empreinte carbone représente une nouvelle initiative prônée par de nombreuses entreprises. Internet regorge de sites qui fournissent des renseignements sur la façon de calculer son empreinte carbone, comme le www.carbonfootprint.com/calculator.aspx ou le www.nature.org/initiatives/climatechange/calculator/.

Le calcul de l'empreinte carbone d'une brasserie s'avère assez simple. On doit connaître la consommation annuelle d'énergie sous toutes ses formes (électricité, gaz naturel, GPL, mazout par type, propane, diesel et essence pour les blocs-électrogènes d'urgence, les chariots élévateurs, les camions et les véhicules utilisés par la brasserie). Il importe aussi de connaître la consommation moyenne de carburant des véhicules et des camions des employés, le kilométrage total effectué pour distribuer le produit, par voies terrestres ou aériennes. Grâce au convertisseur d'émissions (certains équivalents sont présentés dans les tableaux de l'annexe 9.3), on peut calculer les émissions totales en tonnes métriques (t) d'équivalent CO₂ et en faire la synthèse.

Le tableau 8-1 démontre les relations issues du calcul du potentiel de réchauffement de la planète (PRP) des émissions. La relation, tout comme la simple formule de calcul employée (démontrée ci-après) peut représenter un avantage lorsqu'un projet de réduction de la consommation d'énergie est envisagé dans la brasserie (p. ex., dans un projet de modernisation des brûleurs pour les chaudières).

Tableau 8-1 : Potentiel de réchauffement de la planète (PRP) des émissions

Émissions de base		GES		Projet MDP relatif aux émissions		Réduction nette		PRP ^a		Équivalent CO ₂ ^b
0	-	CO ₂	-	0	=		x	1	=	
0	-	CH ₄	-	0	=		x	21	=	
0	-	N ₂ O	-	0	=		x	310	=	
0	-	HFC-23	-	0	=		x	11 700	=	
0	-	HFC-125	-	0	=		x	2 800	=	
0	-	HFC-134a	-	0	=		x	1 300	=	
0	-	HFC-152a	-	0	=		x	140	=	
0	-	CF ₄	-	0	=		x	6 500	=	
0	-	C ₂ F ₆	-	0	=		x	9 200	=	
0	-	SF ₆	-	0	=		x	23 900	=	
0		Totaux		0						
								Total global		

a Potentiel de réchauffement de la planète lié au CO₂.

b Équivalent CO₂.

Source : Calculateur BAC/équivalent CO₂ (bêta), adopté

Remarque : toutes les unités doivent être converties en tonnes métriques avant de les entrer dans le calculateur.

Vous ne devez fournir que les valeurs pour les colonnes Émissions de base et Projet MDP relatif aux émissions (les cellules vertes). Indiquez 0 (zéro) lorsqu'il n'existe aucune valeur. Afin d'éviter les erreurs, assurez-vous d'avoir appuyé sur tous les boutons Calculer avant d'appuyer sur le bouton Total.

Ce genre de calcul est corroboré par des analyses des gaz de combustion permettant par exemple à la Great Western Brewing Company de démontrer que l'évaluation exhaustive des chaudières, et particulièrement la modernisation des brûleurs, a permis une réduction des émissions de NO_x en deçà des normes californiennes.

Les relations simples et empiriques, pertinentes aux projets d'efficacité énergétique dans une brasserie, comprennent les éléments suivants :

Équivalence énergétique en CO₂ :

1 000 kWh = 720 kg d'équivalent CO₂

1 000 kWh = 3 600 MJ

720 kg CO₂ = 18,4 semis d'arbres absorbant la quantité de CO₂ en 10 ans

1 MJ = 0,2 kg d'équivalent CO₂

200 MJ/hl de bière = 40 kg d'équivalent CO₂

Sources : www.carbonwatch.com/calculator%20-%20GHG.htm
www.epa.gov/cleanrgy/energy-resources/calculator.html

La valeur de ces conversions se matérialisera lorsque l'équipe de gestion de l'énergie annoncera son travail et son impact positif sur l'environnement.

8.2 CALCUL DE L'EMPREINTE CARBONE À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

Peu de données sont disponibles sur l'empreinte carbone des marques de bière. En outre, il s'avère difficile d'effectuer une comparaison des données existantes en raison d'un manque de normes relatives à l'empreinte carbone. La norme UK PAS2050, qui est actuellement en cours d'ébauche, pourrait devenir la norme internationale en matière d'empreinte carbone. Une comparaison des données publiées dans le cadre de rapports de brasseurs internationaux montre que l'empreinte carbone – en kg d'équivalent CO₂ par hl – pour Asahi 10,5, Fosters 14; Heineken 10,5; InBev 13; Grupo Modelo <16; SAB-Miller >12. L'analyse de la New Belgium Brewing Company indique toutefois l'empreinte carbone totale (de sa marque principale Fat Tire) – en kg d'équivalent CO₂ par hl – de 27,9 pour la production et le transport du malt; 5,8 pour les procédés liés au brassage; 40 pour les matériaux de conditionnement (dont 32,3 attribuables à la production de verre); 12,9 pour la distribution; 12,3 pour l'entreposage dans le magasin et 2,4 pour l'élimination des déchets.⁴

⁴ Institute of Brewing and Distilling (IBD), Master Brewers Association of the Americas (MBAA) Energy Benchmarking Survey, Carbon Footprinting and Life Cycle Analysis report par Gordon Jackson et autres, Londres, Angleterre, 2009

9

ANNEXES



9.0 ANNEXES

9.1 GLOSSAIRE ET ACRONYMES

Seulement certains termes utilisés précédemment sont expliqués ici. Pour les autres, veuillez consulter dictionnaires, manuels, documents professionnels et encyclopédies.

Aérobique	Conditions caractérisées par la présence de l'air (oxygène).
Anaérobique	Conditions caractérisées par l'absence d'oxygène.
Bière à levure	Aussi appelée bière de fond de réservoir. Bière qui demeure dans la masse de levure récoltée (en général bière à haute densité et très alcoolisée) et qui peut être récupérée par centrifugation ou par filtration.
Bière résiduelle	Bière perdue au cours de différents procédés.
Brassage à haute densité	Production et fermentation du moût selon une forte concentration de solides dissous (haute densité), plus élevée que ne le nécessite le conditionnement. La densité initiale est redressée par une dilution à l'eau saturée avant le conditionnement, en général à la dernière étape de filtration.
Centre d'imputation énergétique	Particulier au contexte de la méthodologie du contrôle continu et de l'établissement des objectifs.
CES	Consommation d'énergie spécifique, habituellement en MJ/hl.
Chaudière à condensation	Chaudière dans laquelle la vapeur d'eau produite par combustion est condensée pour chauffer davantage l'eau d'alimentation.
Chaudière modulaire	Chaudière pouvant être combinée à d'autres chaudières du même type pour former un système commun. Le nombre de chaudières utilisées en tout temps dépend de la charge de puissance.
Condensat	Eau produite par condensation de la vapeur.
Consommation spécifique de l'eau	Consommation spécifique de l'eau qui s'exprime par le rapport du nombre d'hectolitres d'eau au nombre d'hectolitres de bière.
DBO	Demande biochimique en oxygène. Essai standard effectué sur cinq jours à 20 °C pour mesurer la pollution de l'eau en termes de quantité d'oxygène dissout (mg/L) nécessaire aux micro-organismes pour répartir des substances biodégradables présentes dans les eaux usées.

DCO	Demande chimique en oxygène. Mesure de la consommation d'oxygène en mg/L contenu dans le dichromate de potassium acide chaud, nécessaire à l'oxydation des substances qui entrent dans la composition des eaux usées. Toujours supérieure à la DBO ₅ dont le pourcentage dans les eaux usées des brasseries est de 60 à 70 p. 100 de la DCO.
DPA	Déductions pour amortissement.
Eau d'appoint	Eau ajoutée à la chaudière pour pallier les pertes de condensat.
Échange des droits d'émission (aussi appelé mécanisme de plafond et échange)	Approche axée sur les forces du marché employée afin de contrôler la pollution au moyen de mesures incitatives économiques encourageant la réduction des émissions de polluants.
Économiseur	Échangeur de chaleur qui récupère l'énergie du gaz de combustion.
Émission	Polluant au point de rejet (dans le présent contexte).
Empâtage	Action des hydrolyses enzymatiques qui, lorsque la mouture du malt est mélangée à l'eau et chauffée selon un programme préétabli, transforme la mouture du malt en des sucres solubles qui produisent le moût (sucré).
Empreinte carbone	Impact environnemental des activités sur la génération de gaz à effet de serre (GES), exprimé en équivalent CO ₂ .
Équilibreur d'oxygène	Dispositif qui recueille le contenu de l'oxygène dans le gaz de combustion et qui contrôle le rapport air-gaz. Quelquefois combiné à un contrôleur du rendement de la combustion.
Équipe de gestion de l'énergie	Équipe qui voit à la bonne gestion de l'énergie.
Extraction	Conservation de la teneur des matières totales dissoutes dans l'eau de chaudière, par un égouttage continu ou intermittent de faibles quantités, effectué à la base de la chaudière afin de supprimer les solides accumulés.
Facteur de puissance	Cosinus de l'angle de phase entre la puissance apparente (volts) et la puissance active (ampères). Les entreprises d'électricité imposent à leurs clients des pénalités pour un faible facteur de puissance si celui-ci est inférieur à une certaine valeur, par exemple 0,93, car les systèmes d'approvisionnement et de distribution éprouvent des problèmes si le facteur de puissance est très inférieur à l'unité.
Gaz naturel	En général gaz méthane, souvent brut.
GES	Gaz à effet de serre. Gaz issus des activités mis en cause dans le réchauffement de la planète.

Lavage de la drêche	Lavage de l'extrait restant dans la drêche en l'arrosant d'eau dans la cuve de filtration.
Maturation	Aussi appelé « vieillissement ». Processus de développement et de stabilisation du goût de la bière et son conditionnement.
Nettoyage en circuit fermé	Nettoyage en circuit fermé des cuves, des conduites, des camions-citernes, etc.
Pasteurisation	Chauffage de la bière pour détruire ou désactiver les micro-organismes susceptibles d'être présents.
PCI	Pouvoir calorifique inférieur. Énergie libérée lors de la combustion de la masse de l'unité d'un combustible lorsque le gaz de combustion n'est pas condensé.
PCS	Pouvoir calorifique supérieur. Énergie libérée lors de la combustion de la masse de l'unité du combustible lorsque le gaz de combustion qui reste est condensé.
PFVR	Abréviation pour les mots « Planifier, faire, vérifier, réagir », le principe d'amélioration continue du pionnier Edward Deming, Ph. D.
PGE	Possibilité de gestion de l'énergie visant l'économie ou la conservation de l'énergie. L'expression est souvent employée dans le présent guide.
PRP	Potentiel de réchauffement de la planète (produit par différents types d'émissions, tous liés à l'équivalent CO ₂). Le PRP du dioxyde de carbone, CO ₂ = 1,0.
Puissance maximale appelée	Niveau de puissance électrique le plus élevé atteint pendant une période établie, p. ex., 15 minutes ou 30 minutes. Une entreprise d'électricité peut limiter cette charge pendant certaines périodes de l'année, notamment en hiver, lorsque la demande de distribution est la plus élevée. Le compteur enregistre la consommation, en indique la valeur maximale, se remet à zéro à chaque période établie et mesure la puissance maximale appelée.
RCI	Rendement du capital investi.
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord : chaque type d'industrie est représenté par un code.
SGE	Système de gestion de l'énergie. Partie du système de gestion global qui traite de la structure organisationnelle, des activités de planification, des responsabilités, des pratiques, des marches à suivre, des processus et des ressources employés pour l'élaboration, l'implantation, la réalisation, le suivi et le maintien de la politique environnementale.
Solides en suspension	Solides pouvant être séparés par filtration à travers une membrane.

Température de point de rosée	Température à laquelle l'air se sature de vapeur d'eau et l'humidité commence à se condenser, à une certaine pression.
Température de saturation	Température à laquelle l'eau s'évapore et à laquelle la vapeur se condense, à une certaine pression.
Vapeur d'eau saturante	Vapeur ou eau à sa température de saturation.
Vapeur surchauffée	Vapeur à une température supérieure à la température de saturation.
Variateur de vitesse	Dispositif servant à moduler la vitesse d'un compresseur permettant un démarrage « en douceur », réduisant les appels de puissance en électricité et répondant à la demande en air comprimé avec adaptabilité.

9.2 UNITÉS D'ÉNERGIE ET FACTEURS DE CONVERSION

Longueur	mètre	(m)
Masse	gramme	(g)
Temps	seconde	(s)
Température	Kelvin	(K)

Unités de température couramment utilisées : Celsius (C), Fahrenheit (F)

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ }^{\circ}\text{K} = 32\text{ }^{\circ}\text{F} \quad 1\text{ }^{\circ}\text{F} = 5/9\text{ }^{\circ}\text{C} \quad 1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Température en Fahrenheit} = 1,8 (\text{température en Celsius}) + 32$$

Remarque : utiliser le terme « centigrade » au lieu du terme « Celsius » est une erreur, et cet usage a été abandonné en 1948 pour éviter la confusion avec un degré d'arc centenaire en topographie.

Multipliers :

10^1	déca (da)
10^2	hecto (h)
10^3	kilo (k)
10^6	méga (M)
10^9	giga (G)
10^{12}	téra (T)
10^{15}	péta (P)

Fractions :

10^{-1}	déci (d)
10^{-2}	centi (c)
10^{-3}	milli (m)
10^{-6}	micro (μ)
10^{-9}	nano (n)

Unités SI dérivées :

Volume :	Hectolitre (hl)	100 L
	Mètre cubique (m³)	1 000 L
Masse :	Kilogramme (kg)	1 000 g
	Tonne (t)	1 000 kg

Chaleur :	Quantité de chaleur, de travail, d'énergie	joule (J)
	Flux thermique, puissance	Watt (W)
	Flux thermique	Watt/m ²
	Coefficient global de transfert de chaleur	Watt/m ² K
	Conductivité thermique	W/mK

Pression : Pascal (Pa)

Facteurs de conversion

	Multiplieur	par	pour obtenir
Longueur	mètre	3,2808399	pieds
	mètre	39,370079	pouces
Masse	kg	2,2046226	livres
	tonne (t)	0,9842206	tonnes (longues)
	tonne (t)	1,10233113	tonnes (courtes)
Volume	L	0,219975	gallons (impériaux)
	L	0,264173	gallons (américains)
	L	0,035315	pieds cubes
Énergie			
Quantité de chaleur	kWh	3,6	MJ
	kWh	3412	Btu
	MJ	947,8	Btu
	Btu	0,001055	MJ
Émission ou gain de chaleur	W/m ²	0,317	Btu/pi ²
Chaleur massique	kJ/kgK	0,2388	Btu/lb°F
Flux thermique	W	3,412	Btu/h

Coefficient de transfert de chaleur	W/m ² K	0,1761	BTU/pi ² h°F
Conductivité	W/m K	6,933	Btu po/pi ² h°F
Valeur calorifique (base masse)	kJ/kg	0,4299	Btu/lb
Valeur calorifique (base volume)	MJ/m ³	26,84	Btu/fpi ³
Pression	bar	14,50	lbf/in ² (psi)
	bar	100	kPa
	bar	9869	std. atmosphere
	mm Hg (mercure)	133,332	Pa
	pieds d'eau	2,98898	kPa
Volume massique	m ³ /kg	16,02	pi ³ /lb
Vélocité	m/s	3,281	pi/s

Valeurs d'usage :

1 thermie	=	100 000 Btu	ou	29,31 kWh
1 pi ³ de gaz naturel	=	1 000 Btu	ou	0,2931 kWh
1 gallon américain d'huile n° 2	=	140 000 Btu	ou	41,03 kWh
1 gallon imp. d'huile n° 2	=	168 130 Btu	ou	49,27 kWh
1 gallon américain d'huile n° 4	=	144 000 Btu	ou	42,20 kWh
1 gallon imp. d'huile n° 4	=	172 930 Btu	ou	50,68 kWh
1 gallon américain d'huile n° 6	=	152 000 Btu	ou	44,55 kWh
1 gallon imp. d'huile n° 6	=	182 540 Btu	ou	53,50 kWh
1 puissance (1 hp) évaporation	=	33 480 Btu/h	ou	9,812 kW
1 puissance (1 hp) mécanique	=	2 545 Btu/h	ou	0,7459 kW
1 tonne de réfrigération	=	12 000 Btu	ou	3.5172 kWh
1 baril de bière (R.-U).	=	1,6366 hl		
1 baril de bière (canadien)	=	1,1365 hl		
1 baril de bière (américain)	=	1,1735 hl		
1 MJ	=	0,278 kW/h		
1 kcal	=	4,18 J		
1 kWh	=	1,168 Mcal		

Au Canada, la valeur de 1 Btu (60,5 °F) = 1,054615 kJ a été adoptée par l'industrie pétrolière et gazière. L'ISO accepte la valeur de 1,0545 kJ.

Conversion générale – à utiliser aux fins d'illustration rapide dans le but de diffuser les efforts en matière de conservation de l'énergie dans votre brasserie.

1,0 MJ équivalents à :

- la valeur énergétique d'environ un pied cube de gaz naturel;
- l'énergie consommée par une ampoule de 100 watts allumée pendant presque trois heures;
- un moteur électrique de 1 HP fonctionnant pendant environ 20 minutes.

Pour **convertir un kBtu/baril américain en kWh/hl**, utilisez le facteur de conversion 0,25 kWh/hl/kBtu/baril.

Pour **convertir un kBtu/baril américain en GJ/hl**, utilisez le facteur de conversion 0,0009 GJ/hl/kBtu/baril.

Électricité publique – considérez la production de gaz à effet de serre selon la moyenne de **1 kg d'équivalent CO₂/kWh**.

9.3 CALCUL DES RÉDUCTIONS DES GAZ À EFFET DE SERRE (GES) DANS LES BRASSERIES

Bien que les exemples suivants puissent paraître spécialisés, la méthode utilisée pour calculer les réductions d'émissions s'applique à tout projet de gestion de l'énergie qui réduit la consommation de combustible ou d'électricité.

Exercice : Calcul des émissions pour les systèmes de combustion sur place

Dans une brasserie d'envergure, les brûleurs à gaz naturel originaux des chaudières ont été remplacés par des brûleurs à haute efficacité. On estime les économies annuelles de combustible à 5 térajoules (TJ).

Quelles seraient les réductions correspondantes des émissions de CO₂, CH₄ et NO_x? Utilisez les facteurs du tableau 9-1 et les renseignements ci-dessous pour calculer la quantité de CO₂, CH₄ et NO_x produite par les systèmes de combustion. Pour effectuer ce calcul dans vos propres installations, obtenez les données précises de votre service public de gaz.

Les facteurs d'émission du gaz naturel sont le CO₂ : 49,68 t/TJ; le CH₄ : 0,13-1,27 kg/TJ; le NO_x : 0,62 kg/TJ. Une gamme de 0,13-1,27 kg/TJ a été indiquée pour le CH₄, de sorte que nous supposerons 0,6 kg/TJ pour ce calcul.

Réduction du CO₂
= 5 TJ/an x 49,68 t CO₂/TJ
= 248,4 t/an

Réduction du CH₄
= 5 TJ/an x 0,6 kg CH₄/TJ
= 3 kg/an

Réduction du NO_x
= 5 TJ/an x 0,62 kg NO₂/TJ
= 3,1 kg/an

Tableau 9-1 : Facteurs d'émission de gaz à effet de serre par source de combustion

Type de combustible	CO ₂		CH ₄		NO _x	
	t/ML	t/TJ	kg/GL	kg/TJ	kg/ML	kg/TJ
Combustibles gazeux						
Gaz naturel	1,88	49,68	4,8-48	0,13-1,27	0,02	0,62
Gaz de distillation	2,07	49,68	–	–	0,02	0,62
Gaz de cokerie	1,60	86,00	–	–	–	–
Combustibles liquides	t/kL	t/TJ	kg/kL	kg/TJ	kg/kL	kg/TJ
Essence à moteur	2,36	67,98	0,24-4,20	6,92-121,11	0,23-1,65	6,6-47,6
GPL	1,11-1,76	59,84-61,38	0,03	1,18	0,23	9,00-12,50
Carburant diesel	2,73	70,69	0,06-0,25	1,32-5,7	0,13-0,40	3,36-10,34
Pétrole léger	2,83	73,11	0,01-0,21	0,16-5,53	0,13-0,40	3,36-10,34
Pétrole lourd	3,09	74,00	0,03-0,12	0,72-2,88	0,13-0,40	3,11-9,59
Coke de pétrole	4,24	100,10	0,02	0,38	–	–
Combustibles solides	t/t	t/TJ	g/kg	kg/TJ	g/kg	kg/TJ
Anthracite	2,39	86,20	0,02	varie	0,1-2,11	varie
Bitumineux canadiens	1,70-2,52	94,3-83,0	0,02	varie	0,1-2,11	varie
Sous-bitumineux	1,74	94,30	0,02	varie	0,1-2,11	varie
Lignite	1,34-1,52	93,8-95,0	0,02	varie	0,1-2,11	varie
Coke	2,48	86,00	–	–	–	–
Bois de chauffage	1,47	81,47	0,15-0,5	0,01-0,03	0,16	8,89

Abréviations : t = tonne; kg = kilogramme; g = gramme; ML = mégalitre; TJ = térajoule; kL = kilolitre; GL = gigalitre.

(Voir [annexe 9.2 : Unités d'énergie et facteurs de conversion.](#))

Source : *Cahier du participant au programme Mesures volontaires et Registre*, août 1995, et son addenda publié en mars 1996. Données fournies par Environnement Canada.

Exercice : Calcul de l'impact des réductions en matière de consommation d'énergie

Les projets de gestion de l'énergie qui réduisent la consommation d'électricité ont également un effet positif sur l'environnement. Toutefois, les réductions d'émission se produisent à la centrale plutôt qu'à l'emplacement des améliorations éconergétiques. Pour calculer la réduction des émissions, utilisez la méthode exposée précédemment, puis calculez l'énergie économisée à la centrale. Cela s'effectue en rajustant le chiffre qui représente l'énergie économisée à l'emplacement afin de tenir compte des pertes du réseau de distribution de l'électricité.

Dans une grande usine de fabrication de la Saskatchewan, le programme de gestion de l'énergie comprenait le remplacement des tubes fluorescents par des tubes à halogénure métallisé, de même que le remplacement de plusieurs gros moteurs électriques par des moteurs à haut rendement. Le total de l'économie d'énergie annuelle s'est élevé à 33 600 mWh. Le tableau 9-2 et les renseignements fournis ci-après ont été utilisés pour calculer la réduction de GES correspondante. Pour effectuer ce calcul pour votre brasserie, vous devez obtenir les chiffres exacts auprès de votre fournisseur de service public.

Le tableau 9-2 indique qu'en Saskatchewan, l'émission moyenne de CO₂ de la production d'énergie électrique est de 0,82 t/mWh. Convertissez l'économie équivalente d'énergie à la centrale en utilisant un rendement de transmission de 96 p. 100.

Économies d'énergie annuelles à la centrale :	Réduction du CO ₂ :
= 33 600 mWh : 0,96 = 35 000 mWh/an	= 35 000 mWh/an x 0,82 t/mWh
	= 28 700 t/an

Tableau 9-2 Moyenne des émissions de CO₂ en 1998, par unité d'électricité produite

	t/MWh	t/TJ
Provinces de l'Atlantique	0,25	68,4
Québec	0,01	2,5
Ontario	0,23	65,2
Manitoba	0,03	8,2
Saskatchewan	0,83	231,7
Alberta	0,91	252,1
Colombie-Britannique	0,03	7,4
Yukon et Territoires du Nord-Ouest	0,35	98,5
Moyenne canadienne	0,22	61,3

Source : Sondage sur les services publics de 1996 mené par la Division de l'analyse et de l'élaboration de la politique de la demande, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada.

9.4 LISTE DE VÉRIFICATION : AUTO-ÉVALUATION POUR REPÉRER LES POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

La liste ci-après contient des exemples de questions à se poser pour établir la situation actuelle de votre brasserie.

Des questions supplémentaires peuvent être formulées à partir des PGE qui figurent dans les sections précédentes.

Utilisez les questions de vérification suivantes à titre indicatif (inscrivez un « X » dans la case si l'intervention est requise).

Gestion

- La brasserie a-t-elle adopté des directives en matière de gestion de l'énergie? Tous les employés en connaissent-ils l'existence?
- La brasserie a-t-elle implanté un système de gestion de l'énergie (SGE)?
- Les employés participent-ils à des activités de SGE?
- Les opérateurs se sentent-ils responsables du système de gestion de la qualité?
- Les employés ont-ils été sensibilisés et formés aux méthodes d'économie d'énergie et relatives aux services publics et aux procédures pertinentes à utiliser?
- Les opérateurs participent-ils aux efforts d'économie d'énergie et relatifs aux services publics?
- Les employés connaissent-ils les coûts relatifs à l'énergie et aux services publics et l'ampleur de ces dépenses au sein de l'usine?
- Un mécanisme de communication a-t-il été mis en place pour faire connaître aux employés les résultats des efforts d'économie d'énergie et relatifs aux services publics?

Appel de puissance

- Le profil de la charge est-il connu?
- Si le profil de la charge est inconnu, a-t-on communiqué avec le fournisseur de service public local ou un consultant afin d'obtenir de l'aide?
- Un système a-t-il été mis en place pour empêcher que la charge ne dépasse une certaine limite pendant les heures de facturation de pointe?
- Le matériel qui fonctionne actuellement pendant les périodes de puissance maximale appelée peut-il être programmé pour fonctionner pendant les heures hors pointe ou pendant les heures où la charge est peu élevée?
- Le fonctionnement d'une partie du matériel auxiliaire peut-il être arrêté pendant les périodes de puissance maximale appelée par des opérateurs de production ou à l'aide de minuteriers?

Consommation

- Une procédure a-t-elle été instaurée pour arrêter les moteurs de l'équipement de production et de l'équipement auxiliaire non utilisé?
- A-t-elle été mise en œuvre?

Facteur de puissance

- Le facteur de puissance figurant sur les factures d'électricité est-il inférieur à 90 p. 100?
- Des pénalités pour mauvais facteur sont-elles appliquées?
- Dans l'affirmative, surveillez-vous les coûts?
- Avez-vous songé à des mesures et des équipements qui pourraient améliorer le facteur de puissance?

Combustibles

- Serait-il possible de trouver une solution moins coûteuse au chapitre de l'énergie thermique?
- Si le gaz naturel est utilisé, une évaluation comparative des coûts d'une alimentation avec et sans coupure a-t-elle été effectuée?

Stockage des combustibles et des matières

- Le chauffage de la zone contrôlée et la température sont-ils maintenus dans les limites inférieures acceptables pour un entreposage de matières premières?
- La chambre d'entreposage frigorifique est-elle isolée de façon appropriée et l'étanchéité des portes permet-elle de réduire les pertes de chaleur?
- Le passage menant aux lieux d'entreposage frigorifique est-il pourvu de tabliers souples pour les isoler des zones plus chaudes?
- Les réservoirs de mazout chauffés et la tuyauterie afférente sont-ils isolés de façon appropriée?
- Le mazout est-il chauffé à la température appropriée?
- S'ils sont utilisés, les réservoirs extérieurs de stockage du sirop et la tuyauterie afférente sont-ils isolés de façon appropriée?
- L'isolation extérieure est-elle étanche?

Chaudières et distribution de la vapeur

- Le rendement de la chaudière est-il vérifié à intervalles réguliers?
- Le niveau de rendement est-il adapté au type de chaudière et de mazout utilisé?
- La chaudière peut-elle fonctionner simultanément au gaz naturel et au mazout pour permettre de tirer parti de contrats d'approvisionnement en gaz que l'on peut interrompre?
- Dans le cas d'une installation de chaudières multiples, dans quelle mesure la demande de gaz est-elle adaptée au nombre de chaudières?
- Quelle est la procédure adoptée pour les fins de semaine et les périodes sans production en ce qui a trait à la demande de gaz?
- Les gaz de combustion sont-ils vérifiés à intervalles réguliers pour contrôler leur teneur en gaz carbonique et en oxygène? Les résultats de ces vérifications sont-ils acceptables?
- Quelle est la température des gaz de combustion?
- Un système de récupération de la chaleur est-il utilisé?
- Y a-t-il des dépôts de suie sur la surface de la chaudière exposée aux flammes?
- Dans la chambre de combustion, la flamme est-elle étincelante et claire et envahit-elle la chambre de combustion sans être gênée?
- Comment est contrôlé le rapport de la pression initiale à la pression en fin de poussée? À quelle fréquence?

- Quel est le rapport de la pression initiale à la pression en fin de poussée : est-il au niveau recommandé par les spécialistes en épuration des eaux?
- Est-il basé sur la teneur en matières dissoutes de l'eau de chaudière?
- La teneur des matières dissoutes a-t-elle été étalonnée en fonction de la conductivité?
- Un système a-t-il été mis en place pour récupérer la chaleur de la purge sous pression?
- L'huile usée provenant des procédés est-elle brûlée dans la chaudière?
- Y a-t-il redondance ou excès de tuyauterie de vapeur ou source de perte de chaleur?
- Les conduites de vapeur, les brides, les robinets d'admission de vapeur, les conduites de condensat et autres pièces sont-ils adéquatement isolés?
- Des fuites de vapeur ou de condensat sont-elles détectables?
- Le taux de retour du condensat est-il approprié et vérifié?
- Le type de purgeur automatique de vapeur d'eau est-il approprié à l'application utilisée?
- Un programme d'entretien approprié a-t-il été mis en œuvre pour la vérification, la réparation et le remplacement des purgeurs automatiques?
- Quel est le pourcentage de purgeurs défectueux?
- Un programme a-t-il été mis en œuvre pour détartrer les surfaces d'échange thermique du matériel?

Eau de refroidissement

- Est-il possible de réduire la quantité d'eau de refroidissement utilisée?
- Un système refroidisseur d'eau recyclée est-il utilisé?
- Des indices laissent-ils supposer qu'une partie de l'eau de refroidissement des procédés se déverse dans l'égout?
- Certains composants du système de refroidissement à passage unique peuvent-ils être convertis à un fonctionnement à plusieurs passages?
- Pendant les diverses étapes de production, l'écoulement de l'eau de refroidissement varie-t-il conformément aux normes de refroidissement?
- À la fin des étapes de production, l'écoulement de l'eau de refroidissement est-il interrompu?
- Peut-on récupérer davantage de chaleur du système de refroidissement?
- Une procédure d'entretien courant a-t-elle été instaurée pour détartrer les surfaces et les cavités de refroidissement?

Eau utilisée de procédés

- Un rapport entre l'eau et la bière produite est-il relevé et rapporté à intervalles réguliers?
- L'utilisation de l'eau dans l'ensemble de la brasserie a-t-elle été évaluée?
- Toutes les possibilités de recyclage de l'eau des opérations de production ont-elles été étudiées selon un recyclage double ou un recyclage multiple?
- Les procédés ont-ils tous été évalués en vue d'un tel recyclage?
- Au cours des opérations de nettoyage, le lavage au jet à basse pression et à gros débit est-il privilégié dès que cela est possible?
- Le lavage à eau courante, à haute pression et à faible débit des bacs à moût tourbillonnaire est-il pratiqué?
- L'eau s'écoule-t-elle en permanence des boyaux dans les caves, entraînant une augmentation de la consommation d'eau et de la charge calorifique?

- L'unité de pulvérisation d'eau à l'arrière de la soutireuse est-elle intégrée à l'opération de soutirage?
- Les douches oculaires coulent-elles en permanence pour fournir une source d'eau fraîche potable?
- De l'eau chaude s'écoule-t-elle dans les tuyaux d'évacuation?
- De l'eau parfaitement utilisable est-elle évacuée?

Air comprimé

- Est-il possible de réduire ou d'éliminer l'utilisation de l'air comprimé dans un quelconque procédé?
- Est-il possible de faire fonctionner une partie du matériel à air comprimé avec de l'énergie hydraulique ou électrique linéaire?
- L'étape du procédé qui exige la pression d'air la plus élevée a-t-elle été repérée?
- Une autre source d'énergie peut-elle être utilisée pour réduire la pression du système à air comprimé?
- Sinon, peut-il fonctionner efficacement à une pression inférieure?
- La brasserie dispose-t-elle d'un système pour réguler la mise en séquence des compresseurs selon la demande d'air?
- Le moteur des compresseurs est-il arrêté lorsque la production s'arrête?
- L'admission d'air des compresseurs provient-elle des endroits les plus froids?
- Si l'air est utilisé pour refroidir les compresseurs, est-il évacué à l'extérieur pendant l'été et utilisé pour le chauffage en hiver?
- La chaleur est-elle récupérée à partir de l'eau de refroidissement des compresseurs?
- Reste-t-il de l'eau dans le système?
- Des fuites sont-elles détectables?
- Quelle est la méthode utilisée pour les détecter?
- Un programme courant de vérification des fuites a-t-il été mis en œuvre?
- L'air comprimé est-il utilisé pour évacuer les dépôts et la poussière sur les surfaces?

Réfrigération

- Un programme de vérification à intervalles réguliers a-t-il été mis en œuvre concernant le système de réfrigération?
- Comprend-il un examen des commandes et des valeurs de consigne du système pour réguler les températures d'évaporation et de condensation?
- Un programme d'entretien régulier a-t-il été mis en œuvre?
- Le coefficient de performance du compresseur et celui de l'ensemble du système sont-ils évalués à intervalles réguliers?
- Le régime d'exploitation du système de réfrigération de l'usine est-il couramment revu pour être adapté aux changements relatifs à la production de la bière et aux conditions météorologiques?
- Le matériel de réfrigération fonctionne-t-il pendant les heures de puissance maximale appelée?
- Le dégivrage des évaporateurs est-il inapproprié ou excessif?
- Les évaporateurs sont-ils souvent givrés?
- Y a-t-il des ventilateurs déstratificateurs dans les zones réfrigérées et à haut plafond?

Captage et utilisation du CO₂

- Quel est le rapport entre l'achat et la production de CO₂ en vigueur dans la brasserie?
- Quel est le profil d'utilisation? L'utilisation est-elle évaluée et communiquée?
- Comment est régi le captage du CO₂ provenant des cuves de fermentation?
- Dans quelle mesure la saturation de la bière et la dilution de l'eau sont-elles bien contrôlées?
- Le retraitement et l'évacuation de la bière ou de l'eau diluée sont-ils fréquents?
- Le nettoyage au moyen d'une solution alcaline est-il effectué dans l'atmosphère du CO₂?

Émissions

- Avez-vous établi l'empreinte carbone de vos installations?
- En connaissez-vous la valeur et le prix, et avez-vous songé à l'échange des droits d'émission?

Moteurs électriques

- Un programme de remplacement des moteurs anciens par des moteurs efficaces sur le plan énergétique a-t-il été instauré?
- Un programme de remplacement des plus petits moteurs par des moteurs efficaces sur le plan énergétique a-t-il été instauré?
- Dans les cas de panne de moteur, la solution du rebobinage du moteur est-elle privilégiée plutôt que son remplacement?
- Certains moteurs tournent-ils à moins de 50 p. 100 de leur puissance nominale?
- Les moteurs sont-ils inspectés afin de détecter les surchauffes (roulements, contacts dans les boîtes de jonction, etc.)?

Enveloppe de la brasserie

- L'isolation des murs est-elle appropriée? Du givre ou de la condensation apparaissent-ils sur la face intérieure des murs extérieurs?
- L'isolation du toit est-elle appropriée? Par exemple, la neige fond rapidement sur un toit mal isolé.
- Une analyse thermographique de l'enveloppe du bâtiment (et du processus d'isolation) servant à détecter les pertes de chaleur potentielles a-t-elle été envisagée?
- Les fenêtres sont-elles pourvues d'un vitrage simple? Certaines vitres sont-elles cassées ou fissurées?
- Y a-t-il un espace entre le mur et le cadre des fenêtres?
- Les fenêtres des bureaux orientées vers l'est, le sud ou l'ouest sont-elles pourvues d'un vitrage réfléchissant, d'une feuille réfléchissante ou de persiennes?
- Les portes donnant sur l'extérieur sont-elles laissées ouvertes aux fins de « ventilation »?
- Les employés sont-ils conscients que de telles pratiques inversent la climatisation toute l'année?
- L'air peut-il s'infiltrer lorsque les portes donnant sur l'extérieur sont fermées?
- Les portes souvent utilisées, telles que la porte d'entrée, sont-elles conçues de façon à réduire les mouvements d'air à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment?
- Les portes d'accès à la plate-forme de chargement sont-elles adaptées au rebord d'étanchéité?

CVC

- Le fonctionnement du matériel de CVC est-il arrêté quand les bâtiments sont inoccupés?
- L'utilisation d'une unité centrale de CVC et d'un système de gestion de l'éclairage informatisés a-t-elle été envisagée?
- Des thermostats sont-ils utilisés pour réguler la température des bâtiments et celle-ci est-elle réglée en fonction du type de travail effectué?
- La remise au point de consigne des températures est-elle utilisée quand les bâtiments sont inoccupés?
- Les thermostats sont-ils auto-protégés?
- Les cabines de peinture, les puits d'infiltration et les déchiqueteuses de carton sont-ils équipés de ventilateurs?
- Les ventilateurs sont-ils utilisés de concert avec le matériel?
- Le rapport de l'admission d'air à l'évacuation d'air est-il approprié?
- Comment le savez-vous?
- Le volume de l'admission d'air frais est-il excessif?
- Est-il possible de l'abaisser quand la production est arrêtée ou faible?
- Y a-t-il des problèmes de stratification, particulièrement en hiver?
- L'utilisation de ventilateurs au plafond pour une meilleure circulation d'air a-t-elle été envisagée?
- Est-il possible de récupérer de la chaleur industrielle ou de la chaleur évacuée pour réchauffer l'air frais?
- Une solution moins dispendieuse est-elle envisageable en matière de chauffage?

Éclairage

- L'éclairage est-il éteint lorsqu'il n'est pas nécessaire?
- Des observations doivent-elles être communiquées en ce sens pour les périodes hors des heures de travail?
- Certaines zones sont-elles trop éclairées?
- Certaines zones manquent-elles d'éclairage?
- Des gradateurs de lumière sont-ils utilisés pour faire varier graduellement l'intensité de l'éclairage au fil des tâches?
- L'éclairage est-il éteint lorsque les bâtiments, les lieux d'entreposage, les bureaux et autres endroits ne sont pas occupés?
- L'installation de détecteurs de présence a-t-elle été envisagée?
- L'éclairage de sécurité extérieur peut-il être contrôlé par des détecteurs de présence?
- Les appareils d'éclairage sont-ils propres?
- Au moment de passer des commandes d'ampoules, des ampoules à haut rendement énergétique sont-elles expressément demandées?
- Connaissez-vous les types d'ampoules éconergétiques?
- Un système d'éclairage peut-il être remplacé par un système à plus haut rendement énergétique?

Salle des moutures

- Les dépoussiéreurs sont-ils à commandes variables? (Posez cette question pour tout appareil alimenté par un moteur.)
- Les dépoussiéreurs sont-ils vérifiés et nettoyés à intervalles réguliers?
- La vapeur est-elle seulement utilisée pour le conditionnement du malt (le cas échéant)? Des fuites sont-elles détectables?
- Les réglages des moulins à broyer et des concasseurs de malt sont-ils vérifiés à intervalles réguliers?
- Les laminoirs sont-ils vérifiés et les rainures sont-elles recannelées à intervalles réguliers?

Salle de brassage

- En été, la ventilation de la salle de brassage est-elle appropriée?
- L'installation d'un économiseur de gaz d'échappement a-t-elle été envisagée?
- L'eau chaude a-t-elle été bien répartie pour l'ensemble de la salle de brassage?
- Si un épurateur de gaz d'échappement est utilisé pour lutter contre les odeurs, l'eau de rinçage est-elle recyclée?
- Un programme efficace de nettoyage des épurateurs a-t-il été mis en œuvre?

Réfrigération du moût

- Les surfaces d'échange thermique sont-elles détartrées assez souvent?
- Quelle est la fréquence de vérification de l'échangeur thermique toutes pièces démontées?
- La récupération de la chaleur provenant du refroidisseur à moût a-t-elle été envisagée?

Cave de fermentation et chambre à levure

- Le volume de CO₂ évacué par la ventilation de la cave de fermentation est-il conforme à la concentration actuelle de gaz carbonique requise pour éviter une évacuation excessive, notamment en été?
- La consommation d'eau utilisée pour le lavage des réservoirs et pour rincer les sols est-elle réduite?
- Y a-t-il formation de givre sur le matériel de réfrigération?
- L'utilisation d'agitateurs dans les réservoirs de levure est-elle intermittente?

Caves de maturation et de bière finie

- La température ambiante de la cave est-elle vérifiée à intervalles réguliers?
- Les caves sont-elles bien isolées?
- La pénétration de l'air extérieur est-elle évitée, notamment en été?
- Réciproquement, est-il possible de tirer parti des basses températures extérieures en hiver?
- La réfrigération de la bière est-elle excessive?
- L'utilisation de l'eau de rinçage des sols est-elle réduite au minimum?
- Les pompes à bière fixes situées dans la cave de conditionnement sont-elles isolées contre le bruit et la chaleur?

Service de conditionnement

- Est-il possible de réorganiser les activités d'exploitation en déplaçant l'unité de conditionnement des produits des chaînes moins efficaces vers celles qui le sont davantage afin d'éliminer une chaîne au complet?
- L'exploitation des convoyeurs est-elle reliée à celle de la soutireuse?
- La pasteurisation optimale (nombre de PU) a-t-elle été déterminée?

Entrepôt, expédition et réception

- Le chauffage de ces locaux est-il régulé et la température est-elle maintenue dans les limites minimales acceptables?
- Un dispositif d'étanchéité à l'air (rideaux, tabliers) est-il utilisé autour des portes du poste de chargement des camions?
- Des mesures ont-elles été prises pour éviter la pénétration dans les zones réfrigérées de l'air chaud provenant des sections de conditionnement?
- Les portes du poste de chargement sont-elles fermées lorsque celui-ci n'est pas utilisé?
- L'intensité de l'éclairage peut-elle être réduite?
- L'éclairage utilisé est-il à haut rendement énergétique?
- Si des chariots élévateurs à fourche sont utilisés, leurs batteries sont-elles rechargées en période hors pointe?

Sous-produits

- Quelles sont les méthodes utilisées pour recueillir la bière résiduelle et la mettre au rebut? Est-elle éliminée des eaux usées?
- Quelle est la méthode de mise au rebut de la terre à diatomées (« agent de filtration »)?
- Peut-elle être séparée des eaux usées?

Déchets solides

- Les déchets sont-ils séparés par type (verre, carton, bois, etc.)?
- Des contenants de collecte distincts sont-ils disponibles dans l'usine?
- Les employés ont-ils été initiés et formés à ce sujet?
- Certains de ces déchets pourraient-ils servir à la construction de routes (barillets de plastique, bois de chauffage, verre contaminé)?
- Certains déchets pourraient-ils être vendus (boîtes de capsules, verre de récupération non contaminé, canettes en aluminium, déchets métalliques)?
- Certains déchets pourraient-ils être recyclés (gants de travail, vêtements de protection)?
- L'utilisation d'un compacteur a-t-elle été envisagée?
- Les déchets solides sont-ils pesés sur place avant d'être transportés?
- Le contrat d'élimination actuel a-t-il été évalué quant à l'aspect concurrentiel?

Eaux usées et traitement

- Les écoulements des eaux usées ont-ils été examinés séparément afin d'analyser leur charge en vue de réduire ou d'éliminer la contamination à la source?
- L'historique et la tendance des surcharges d'effluents ont-ils été étudiés?
- L'ensemble de l'écoulement des eaux usées a-t-il été mesuré? Sinon, la formule de calcul a-t-elle été revue? Tient-elle compte de l'évaporation?
- Les eaux usées sont-elles échantillonnées à intervalles réguliers aux fins d'analyse du pH?
- Les matières solides en suspension et la demande d'oxygène ont-elles été analysées?
- Les résultats de l'échantillonnage municipal ont-ils fait l'objet d'une vérification au sein de l'usine et par des laboratoires indépendants?
- L'utilisation des surplus, du CO₂ non liquéfié ou des gaz de combustion a-t-elle été envisagée aux fins du contrôle du pH des effluents de la brasserie?
- Dans le cas où les effluents sont traités par voie aérobie, l'aération est-elle efficace? Est-elle régulée en fonction de la DBO, de la DCO et de la température?
- L'aération par fines bulles a-t-elle été analysée?
- Quelle est la méthode de mise au rebut des boues?
- Dans le cas où il est traité par voie aérobie, le méthane peut-il être consommé dans la chaudière ou utilisé pour préchauffer l'air d'admission?

Entretien

- Un programme d'entretien préventif/prédictif est-il en place?
- Des listes de vérification de l'équipement sont-elles employées aux fins d'entretien préventif?
- L'appareillage servant à l'analyse des paramètres d'exploitation est-il approprié (température, pression, débit, pertes d'air comprimé, etc.)?
- Le matériel de mesure et de surveillance est-il étalonné ou inspecté à intervalles réguliers?
- Les instruments de mesure sont-ils étalonnés à intervalles réguliers?
- Le matériel d'exploitation est-il équipé de chronorupteurs et de thermostats?
- L'appareillage et les dispositifs enregistreurs sont-ils suffisants pour permettre aux employés de régler adéquatement le matériel, et au personnel de l'entretien et de l'ingénierie d'assurer le dépannage?
- Des lubrifiants synthétiques sont-ils utilisés dans les boîtes à engrenages, les compresseurs, etc.?

9.5 « PRATIQUES EXEMPLAIRES » EN MATIÈRE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE PROPOSÉES PAR LES PETITS BRASSEURS

La liste suivante comporte des pratiques exemplaires et des conseils liés à l'efficacité énergétique et aux économies en matière de services publics que certaines petites brasseries ont déjà mis en œuvre. Elle s'ajoute aux études de cas plus détaillées présentées dans le présent guide. Nous souhaitons que ces exemples ainsi que les études de cas motivent les brasseurs à redoubler d'efforts afin d'améliorer le rendement énergétique de leur brasserie.

Chaudières/vapeur

- L'inspection approfondie des chaudières, en particulier la modernisation des brûleurs, a favorisé la réduction des émissions de NO_x en deçà des normes californiennes.
- L'examen du fonctionnement normalisé de la centrale à vapeur a permis de faire tourner celle-ci à une pression moindre, et les chaudières ont ensuite été optimisées en vue d'une utilisation à l'intérieur de l'installation au cours des activités de brassage et lorsque le brassage est terminé.
- Envisagez la séparation des systèmes de vapeur industrielle et de chauffage et ceux de retours de condensat afin que les circuits d'eau de chauffage puissent être isolés pendant les périodes de non-chauffage.

Réfrigération

- L'optimisation des pressions de succion et de décharge a permis des économies substantielles – qui sont actuellement comptabilisées.
- L'emploi de variateurs de vitesse pour les condenseurs d'ammoniac servant au refroidissement a rehaussé l'utilisation de l'énergie.
- Les mesures d'efficacité énergétique en matière de réfrigération ont généré des économies de l'ordre de 1,6 M kWh. Notre pression de décharge se situe à environ 90 psi pendant tout l'hiver, la valeur de consigne s'appuyant sur la température isobarique du thermomètre mouillé. Les variateurs de vitesse et le contrôle du distributeur à tiroir ont optimisé l'efficacité du compresseur et la correction du ratio du volume de compression interne (VI) nous assure que le compresseur n'est pas surutilisé.
- Utilisez la chaleur issue de votre système de réfrigération afin d'assurer le chauffage de vos locaux, particulièrement si vous êtes situé dans une zone où le climat est froid. Le système de réfrigération doit malgré tout fonctionner l'hiver; la chaleur issue de celui-ci s'avère donc « gratuite » sauf en ce qui a trait à l'investissement en capital. Cette modernisation n'est pas toujours facile à réaliser, mais il peut s'avérer simple d'y penser lors de la mise en service initiale. Elle peut également représenter une option intéressante lors du remplacement ou de la modernisation de l'équipement.
- Lors de la conception d'une usine ou d'un important investissement, le fonctionnement transversal peut constituer une possibilité intéressante. Nous utilisons la chaleur issue de l'ammoniac pour préchauffer l'eau d'appoint des chaudières et envisageons d'autres possibilités dans le but de transformer le CO₂ de la forme liquide à la forme gazeuse. Une nouvelle infrastructure faciliterait certes la réalisation de ce projet, mais la possibilité est malgré tout concrète.

- Envisagez la mise en place d'un programme de gestion des stocks d'huile en ce qui a trait à la réfrigération afin d'assurer le suivi de l'huile ajoutée et extraite du système. Nous avons déjà eu à composer avec un cas dans le cadre duquel un séparateur d'huile ne fonctionnait pas; une quantité beaucoup trop importante d'huile était donc distribuée vers notre équipement de procédé.
- Les incondensables représentent une perte considérable. Une bonne façon de les vérifier consiste à mesurer la température de décharge de l'ammoniac du condenseur dans le bas du coude de décharge, de corréliser cette température à une pression puis de la comparer à la pression de refoulement : la différence représente ce qu'ajoutent les gaz non condensables.

Compresseurs – Air

- Les fuites d'air comprimé sont pernicieuses. Dès que vous en trouvez une, prenez le temps de la colmater le plus vite possible.

Gestion de l'énergie/préoccupations des individus

- Pour les entreprises de petite, de moyenne et de grande envergure exerçant leurs activités sous la surveillance d'une association professionnelle, la mise en œuvre d'objectifs de réduction de la consommation d'énergie auprès des salariés s'est avérée une mesure efficace qui a permis de rehausser la participation et d'aborder les préoccupations des employés.
- On a suggéré à un petit brasseur d'avoir à l'œil sa consommation d'eau et d'énergie et de surveiller les pertes afin d'établir une base importante dans le but d'agir. Toutefois, l'absence de données de base pourrait compliquer l'évaluation du rendement.
- Deux petits brasseurs ont remarqué que, dans leur cas, une pénurie de main-d'œuvre nuisait aux efforts méthodiques visant l'amélioration du rendement énergétique.
- L'importance de la sensibilisation a été illustrée par un concours des plus réussis visant la détection et la réparation de fuites (air comprimé, vapeur).

Éclairage

- L'utilisation de l'éclairage naturel accompagné de projecteurs aux endroits où ils sont nécessaires de même que l'utilisation de la température extérieure aux fins de refroidissement et de chauffage permettent de réaliser des économies.

Eau

- L'amélioration du bilan hydrique dans la salle de brassage nous a permis d'utiliser l'eau chaude « récupérée » afin d'alimenter les chasses d'eau (10 p. 100). Nous souhaitons que cette mesure entraîne des économies de vapeur, laquelle est nécessaire au chauffage de l'eau froide. Elle réduira en outre l'utilisation de l'eau d'appoint.
- Notre système de nettoyage des barillets utilise un réservoir de recirculation muni d'un dispositif mesurant la résistance, lequel permet la réutilisation continue de la solution de nettoyage jusqu'à ce que la résistance mesurée devienne inférieure au seuil établi.
- Une des meilleures façons de conserver l'énergie à notre brasserie constitue la génération de chaleur issue du refroidissement de notre moût. Le moût chaud passe au travers d'un échangeur de chaleur qui transforme celle-ci grâce à l'eau froide utilisée pour le nettoyage, le brassage et la stérilisation.
- Lors du nettoyage des nombreux réservoirs, nous réutilisons la solution de nettoyage dans plus d'un réservoir afin de réduire l'utilisation de produits chimiques et les coûts énergétiques de l'eau chaude.

- Le nettoyage en circuit fermé automatisé et l'accent mis sur les analyses chimiques (la détection de titration) ont permis une réduction de la consommation de l'eau.
- La réutilisation de l'eau au moyen de la recirculation et de la récupération de l'eau a contribué à la réduction du rapport entre l'eau et la bière dans la brasserie, lequel se situe maintenant à près de 4,5:1.

Bâtiments/CVC

- Dotez tous les ventilateurs d'évacuation de commandes; n'utilisez pas de commutateur manuel avec lequel le ventilateur peut demeurer en marche. Pensez à une minuterie à ressort, à un humidistat ou à un thermostat – un dispositif qui fera en sorte que les ventilateurs seront en marche seulement lorsque nécessaire.
- Ne faites pas entrer d'air extérieur et n'évacuez pas l'air conditionné lorsque ce n'est pas nécessaire.
- N'investissez pas une somme trop importante dans l'achat de thermostats programmables. Gardez les locaux administratifs frais lorsqu'ils ne sont pas occupés (ou chauds en été) et gardez les locaux de production frais en tout temps afin de réduire les pertes de chaleur vers l'extérieur et les pertes de chaleur des réservoirs de vieillissement.
- Conservez la chaleur à un endroit et le froid ailleurs. Installez des coupe-bise à toutes les portes à déplacement vertical, y compris la porte du réfrigérateur à barillets, isolez la tuyauterie réchauffée et refroidie et réparez les sections endommagées sans délai; installez des joints sur les clapets afin qu'ils se ferment hermétiquement.
- La salle de brassage est chauffée en hiver par la chaleur ambiante issue du procédé de brassage.
- Laissez les conditions climatiques travailler pour vous : pendant l'hiver, ouvrez les portes extérieures des caves pour un refroidissement gratuit.
- Le refroidissement de l'air grâce à l'air extérieur en hiver était possible lorsque le gradient de température était d'au moins 10 °C.

Pratiques diverses

- Nous tentons actuellement d'obtenir des régisseurs d'énergie qui captureront et stockeront l'énergie de nos systèmes pendant les périodes de pointe afin d'utiliser cette dernière dans des conditions moins exigeantes.
- Favorisez le recyclage en tout temps et dans tous les endroits possibles. Nous nettoyons les bouteilles dans une laveuse de bouteilles et, à défaut d'en utiliser des nouvelles, nous utilisons des cartons pliables pour les bouteilles et les canettes au lieu des cartons collés/agrafés afin d'être en mesure de les replier lorsqu'ils sont en bon état. Nous avons adopté un système de remplissage multiple qui permet aux clients d'apporter un pichet de 1,9 litre et de le remplir de bière en fût autant de fois qu'ils le souhaitent (ils adorent).

9.6 PRINCIPALES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE SPÉCIFIQUES ET PÉRIODES DE RÉCUPÉRATION ANTICIPÉES

Dans la [section 7](#), les PGE étaient divisées en trois catégories estimant l'ampleur de l'investissement et la période de récupération. Les tableaux suivants contiennent des renseignements sur les économies et les périodes de récupération auxquelles doit s'attendre le gestionnaire de l'énergie ou de l'usine. Le tableau 9-3 traite des mesures de rendement énergétique mises en œuvre par la brasserie tandis que le tableau 9-4 traite de l'amélioration de l'efficacité énergétique des services publics. Bien que les données soient liées aux conditions observées aux États-Unis et ne soient pas des plus récentes, elles s'avèrent encore utiles lorsqu'on envisage la mise en œuvre de plusieurs projets, puisqu'elles démontrent les économies d'énergie anticipées dans le cadre des améliorations/réductions réalisées. Les tableaux ont été modifiés afin de présenter l'impact des principales économies d'énergie en MJ/hl (au lieu de la présentation initiale en kBtu/baril [américain]).

Tableau 9-3 : Principales économies d'énergie et période de récupération anticipée dans le cadre de mesures d'efficacité énergétique propres aux procédés⁵

Procédé spécifique			
Unité d'opération	Mesure	Période de récupération en années	Principales économies d'énergie ^A en MJ/hl
Empâtage et cuve de filtration	Récupération de chaleur	s. o.	Données limitées
	Emploi d'un filtre de compression	2	17
Ébullition et refroidissement du moût	Condenseur de buées	<2 à 5	<1-20
	Recompression thermique de la vapeur	>2	14-16
	Recompression mécanique de la vapeur	D	21
	Système Steinecker Merlin	2	28
	Brassage à haute densité	<1	12-20
	Ébullition du moût à basse pression	s. o.	29-36
	Épuration du moût	s. o.	18-38
	Refroidissement du moût	3	15

⁵ *Tableau issu du document intitulé « Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for breweries – an ENERGY STAR® Guide for energy and plant managers », de C. Galitsky et autres, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory et la U.S. Environmental Protection Agency, 2003.*

Procédé spécifique			
Unité d'opération	Mesure	Période de récupération en années	Principales économies d'énergie ^A en MJ/hl
Fermentation	Bassin de fermentation de levure immobilisée	s. o.	Données limitées
	Récupération de chaleur	>2	Données limitées
	Nouveaux systèmes de récupération du CO ₂	>2	Données limitées
Traitement	Microfiltration	2 à 4	Données limitées
	Membranes (sans alcool)	4	17
	Récupération de chaleur issue de la pasteurisation	s. o.	1
	Pasteurisation instantanée	s.o.	5-13
Conditionnement	Récupération de chaleur issue du nettoyage	<3	5
	Améliorations au chapitre du nettoyage	3,4	21

^A Les principales économies d'énergie sont attribuables aux économies relatives à la consommation de combustibles, à l'utilisation et à la transmission de l'électricité ainsi qu'aux pertes liées à la distribution. Nous utilisons un facteur de conversion de 3,08 entre la consommation d'électricité finale et initiale, en fonction des taux moyens d'une centrale électrique américaine. Les données sur les économies d'énergie proviennent principalement d'études de cas et d'ouvrages de référence. Pour convertir un kBtu/baril américain en kWh/hl, il suffit d'utiliser le facteur de conversion de 0,25 kWh/hl/kBtu/baril. Pour convertir un kBtu/baril américain en GJ/hl, il suffit d'utiliser le facteur de conversion de 0,0009 GJ/hl/kBtu/baril.

Tableau 9-4 : Principales économies d'énergie et périodes de récupération anticipées dans le cadre de mesures d'efficacité énergétique propres aux services publics

Services publics			
Équipement de procédé/domaine du service public	Mesure	Période de récupération en années	Principales économies d'énergie ^A en MJ/hl
Chaudières et distribution^B de la vapeur	Entretien	<1	4
	Amélioration du contrôle des procédés	<1	3
	Récupération de chaleur issue des gaz de combustion	>3	2
	Récupération de vapeur issue de la vidange	2,7	2-3
	Entretien du purgeur de vapeur d'eau	<1	3
	Surveillance automatique du purgeur de vapeur d'eau	<1	<1
	Réparation des fuites	<1	5
	Retour de condensat	>1	17-19
	Isolation des conduits de vapeur	1	5-25
	Intégration des procédés	D	42-76
Moteurs et systèmes alimentés par des moteurs^C	Variateurs de vitesse	2 à 3	5-22
	Réduction des effectifs	2	1-2
	Rendement élevé	1 à 2	1-2
Réfrigération et refroidissement^D	Meilleure correspondance entre la capacité de refroidissement et la charge calorifique	3,6	1-2
	Amélioration du fonctionnement du système de refroidissement de l'ammoniac	5.5	<1-2
	Optimisation des opérations et de l'entretien	<1	4
	Modification des systèmes et conception rehaussée	≤3	5-7
	Isolation des conduites de refroidissement	s. o.	Données limitées

Services publics			
Équipement de procédé/domaine du service public	Mesure	Période de récupération en années	Principales économies d'énergie ^A en MJ/hl
Autres services	Éclairage	<2 à 3	2-5
	Réduction de la demande en chauffage des locaux	s. o.	7
	Traitement anaérobique des eaux usées	≤5	5-8
	Filtration sur membrane des eaux usées	<1 à 5	Données limitées
	Systèmes de contrôle et de surveillance	3,5	<1-33
	Cogénération	4	60-90
	Cogénération avec refroidissement par absorption	5	71
	Systèmes de refroidissement à moteur	2 à 4	11

^B Selon des données issues de deux sources (EIA, 1997; Beer Institute, 2000), nous supposons une moyenne américaine de consommation de combustible destiné aux activités de brassage de 212 kBtu/baril (53 kWh/hl, soit entre 90 et 100 p. 100 du combustible utilisé dans les chaudières et une efficacité de conversion de la chaudière moyenne de 85 p. 100).

^C Nous estimons la consommation totale d'électricité d'une brasserie à 122 kBtu/baril (30,5 kWh/hl, ou 110 MJ/hl), (EIA, 1997).

^D Les résultats varient considérablement en fonction de la configuration et de la taille de la brasserie.

s. o. : La période de récupération pour cette mesure ne peut être estimée selon les données disponibles.

10

RÉFÉRENCES



10.0 RÉFÉRENCES

Les sources suivantes ont servi de complément dans l'élaboration du présent guide, et le recours à certains renseignements qui s'y retrouvent a été grandement apprécié. Les documents énumérés peuvent en outre servir en tant que ressource additionnelle ou source d'information détaillée.

- *Energy benchmarking Survey, Carbon Footprinting and Life Cycle Analysis*, Gordon Jackson et autres, document du congrès de 2009 de la MBAA (et le numéro du mois d'avril 2009 du Brewer's Guardian, pages 18-20, 30).
- *Implementing Carbon Management Strategy in a Major Brewery With Particular Reference to Developing Carbon Footprinting*; R. Heathcote et R. Naylor, monographie du 35^e Symposium de l'European Brewery Convention on Environmental Sustainability, 2008.
- *Product Carbon Footprinting – Beer*; A. Fendler, monographie du 35^e Symposium de l'European Brewery Convention on Environmental Sustainability, 2008.
- *Brewing Greenly – The Barley and Hops Footprint*; J. Brooks, Modern Brewery Age Magazine, octobre 2008.
- L'Association des brasseurs du Canada (ABC), Statistiques sur la production, le combustible, l'énergie, les émissions d'équivalent en dioxyde de carbone et l'utilisation de l'eau, 2009.
- *Energy Consumption and Energy Intensity Indicators in Canadian Breweries, 1990 to 2008*, ABC, 2010.
- Indicateurs sur la consommation de carburant et l'intensité énergétiques, 1990 à 2008, ABC, 2010.
- Indicateurs sur les émissions et l'intensité des gaz à effet de serre, 1990 à 2008, ABC, 2010.
- Brewers of Canada – Microbrewery Benchmark Report, ABC, 2002.
- Groupe de travail du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) du secteur de l'industrie brassicole, rapports et données statistiques, renseignements extraits de ces sources, 2009.
- *Development of Energy Intensity Indicators for Canadian Industry 1990-2009*; Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC), Nyboer et autres, Université Simon Fraser; de même que les bulletins des années 1997 à 2010.
- *Les possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne*; Lom & Associates Inc.; ABC, Ressources naturelles Canada, l'Office de l'efficacité énergétique et le PEEIC, 1998.
- *Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique du PEEIC*, Lom & Associates Inc., PEEIC et RNCAN, 2000.
- *Amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage*; Lom & Associates Inc., Paul Dockrill et Frank Friedrich du CANMET; PEEIC et RNCAN (OEE), 2000.

- *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Breweries – an ENERGY STAR® Guide for energy and plant managers*; C. Galitsky et autres, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory et la U.S. Environmental Protection Agency, 2003.
- British Beer and Pub Association – Thirty years of Environmental Improvement (communication privée).
- *Brewery Utilities – Manual of Good Practice*; European Brewery Convention, 1997.
- *Benchmarking for World-top Energy Efficiency*; Verification Bureau, 2006.
- *2007 Sustainability Report*; New Belgium Brewing Company.
- *Sustainable Winemaking in Ontario: Energy Best Practice for Wineries*; Wine council of Ontario, 2006.
- *Team Up for Energy Savings – Lighting* (brochure); PEEIC, 2005.
- *Saving Energy with Tank Insulation*; Anon., Wine Business Online, 15 septembre 2003.
- *Presenting an Energy Efficient Project to Management*; Anon., Energy Matters, winter 2003, US Department of Energy.
- *Les systèmes géothermiques commerciaux : guide de l'acheteur*; CanmetÉnergie, RNCAN, 2002.
- *Monitoring & Targeting at a Brewery*; étude de cas n° 273, Energy Efficiency Office, Royaume-Uni, 1995.
- *Benchmarking Energy Efficiency World-wide in the Beer Industry 2003*; Brewing Research International (BRI) et KWA Business Consultants, rapport no 2308580DR02, 2004.
- *Cost Efficiencies in Brewing*; Brick Brewing Co. Ltd, MAAO, OCETA et PARI-CNRC, 2003.
- *Guidance Note for Establishing BAT in the Brewing Industry*; CMBC, 2002.
- *L'efficacité énergétique, un investissement profitable*; rapport annuel, PEEIC et RNCAN, 2009.
- *Best Practices in Japanese Food Industry – Brewing*; Hiroshi Kuroda, The Energy Conservation Center, Japon, 2007.
- *Pasteurization Options for Breweries*, Big Energy Project Innovation Workshop, par le ministère de l'Industrie, du Tourisme et des Ressources de l'Australie, 2002.
- *Environmental, Health and Safety Guidelines for Breweries*; La Société financière internationale du groupe de la banque mondiale, 2007.
- *New Belgium Brewery – Combined Heat and Power (CHP) generation*; Christine Brinker, 2004.
- *Chances and Barriers for Energy Service Companies? An Analysis for the German Brewery Sectors*; J. Schleich et autres, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 2001
- *Heineken Sustainability Report*; Heineken NV, 2008.

- *Sustainable Developments for the Brewing Industry*; F.R. Sharpe et autres., Campden BRI et KWA Business Advisers, The Institute of Brewing and Distilling, division de l'Afrique, comptes rendus du congrès de 2009.
- *Reducing Water and Effluent Costs in Breweries*; Good Practice Guide GG135, Environmental Agency, Royaume-Uni, 1998.
- *L'Enjeu PEEIC – rapports bimensuels sur les réalisations et les innovations au sein de l'industrie canadienne – jusqu'en juillet 2010*, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada.
- *Modèles de réussite*, Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne, 2009.
- *Rapport annuel*; Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne, 2009.
- *L'état de l'efficacité énergétique au Canada en 2008*; Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada.
- Statistique Canada, information sélectionnée, 2000-2008.
- *Normes internationales relatives aux systèmes de gestion de l'environnement – série ISO 14000 (2004) et ISO 14004 (2004)*, Organisation internationale de normalisation, Genève.
- *Normes internationales relatives aux systèmes de gestion de la qualité – série ISO 9001 (2008)*; Organisation internationale de normalisation, Genève.
- *Energy Audit Programs – One Answer to Kyoto Protocol Commitments*; Finlande, 2000.
- Extraits de rapports sur divers systèmes d'utilisation de l'énergie et de nouvelles pratiques dans les brasseries du répertoire du Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des technologies énergétiques démontrées (CADDET), disponibles par l'entremise de l'Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada.
 - *Compressed Air Leakage Reduction Using Electronic Condensate Drain Taps*, Royaume-Uni, 2000.
 - *Compressed Air Savings Through Leakage Reduction and the Use of High Efficiency Nozzles*, Royaume-Uni, 2000.
 - *The Performance of a Variable Speed Air Compressor*, Royaume-Uni, 2000.
 - *Installation of a Chiller and of Rotary-drum Air Dryers*, Canada, 2000.

Références utilisées dans le cadre de la première édition du présent guide encore d'actualité à l'occasion de la deuxième édition :

- *Beer Pasteurization – Manual of Good Practice*; European Brewery Convention, 1995.
- *Best Practice Program, Good Practice Guide 30, Energy Efficient Operation of Industrial Boiler Plant*; Energy Efficiency Office, Royaume-Uni, 1992.
- *Best Practice Program, Good Practice Guide 42, Industrial Refrigeration Plant: Energy Efficient Operation and Maintenance*; Energy Efficiency Office, Royaume-Uni.

- *Best Practice Program, Good Practice Guide 126, Compressing Air Costs*; Energy Efficiency Office, Royaume-Uni, 1991.
- *A Self-assessment Workbook for Small Manufacturers*; Rutgers University and Office of Industrial Technology, US Department of Energy, 1992.
- *Practical Brewery Hazard Analysis Critical Control Points*; L. Hargraves, The Brewer, 1996.
- *PC Control Versus PLC Control*; M. Coulter, Cemcorp Ltd., 1998.
- *Environmental Management in the Brewing Industry*; Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 1996.
- *Inverter Speed Control Reduces Power Consumption of Electric Pumps at a Brewery*; CADDET, mars 1992.
- *Refrigeration Fault Diagnosis System in Joshua Tetley Brewery*; U.K., Best Practice reports, Energy Efficiency Office, Royaume-Uni, 1992.
- *L'enjeu PEEIC – Focus on Breweries*; Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, août 1999.
- *Intelligent Energy Management for Small Boiler Plants*; Gas Technology Canada, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, mars 1998.
- Rapports d'analyse du Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des technologies énergétiques démontrées (CADDET), disponibles par l'entremise de l'Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada :
 - Small Scale Cogeneration, 1995
 - Process Heating in the Metals Industry, 1993
 - Process Heating in the Low and Medium Temperature Ranges, 1997
 - Industrial Heat Pumps, 1997
 - Compact Heat Exchangers, 1999
 - Industrial Electric Motor Drive Systems, 1998
 - Low-NO_x Technology Assessment and Cost/benefits Analysis, Programme fédéral des chaudières industrielles, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, octobre 1994
- *Conseils aux gestionnaires de l'énergie*, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, 1998.
- *Monitoring and Target Setting – Implementation Manual*, Energy Efficiency Office, Royaume-Uni, 1991.

- Possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans... – une série de guides, publiés par des associations de l'industrie et subventionnés par l'Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada :
 - les industries des produits en bois massif, Conseil des industries forestières, 1997;
 - ... l'industrie canadienne du caoutchouc, Tire Technologies Inc., Association canadienne de l'industrie du caoutchouc, 1997;
 - ... l'industrie brassicole canadienne, Lom & Associates Inc., Association des brasseurs du Canada, 1998;
 - ... l'industrie de transformation de produits laitiers, Wardrop Engineering Inc, Conseil national de l'industrie laitière du Canada, 1997;
 - ... l'industrie de la pâte kraft, Agra Simons Ltd., Association technique des pâtes et papiers du Canada, 1998;
- *Compressed Air Costs Reduced by Automatic Control System*; Royaume-Uni, 1995.
- *Ultrasonic Detection of Compressed Air Leaks*; Australie, 1999.
- *Heat Recovery From an Air Compressor*; Nouvelle-Zélande, 1995.
- *Variable Speed Drive for an Air Compressor Reduces Electricity Consumption*; Danemark, 1998.
- *Expanding an Existing Compressed Air Grid With a Low Pressure Section*; Pays-Bas, 1997.
- *Control Optimization*; Royaume-Uni, 1994.
- *Cascaded Use of Waste Heat From Gas Turbine Cogeneration by Steam Expander*; Japon, 1999.
- *Energy Recovery Unit for Wide Range of Industries*; Nouvelle-Zélande, 1997.
- *Supersavers: A Workforce-led Initiative to Save Energy and Reduce Waste*; Royaume-Uni, 2000.
- *Energy Monitoring System*; Canada, 1999.
- *Expert System Improves Performance of Plant Controlled by Programmable Logic Controllers*; Royaume-Uni, 1994.
- *Adjustable Speed Drives Improve Ventilation at a Metal Plating Facility*; États-Unis, 1996.
- *La technologie DSM profite à un producteur d'acier*; Canada, 1992.
- *Compressed Air System Combined With Cogeneration in Factory*; Japon, 1994.
- *How to Succeed – Your Process Integration, Water, Effluent and Energy Study*; S. Gennaoui, compte rendu de la Conférence canadienne sur l'efficacité énergétique de 2000.

- Rapports et fiches publiés par le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) :
 - Moteurs C.A. à haut rendement énergétique (FS10)
 - Condensateur adaptif de puissance réactive (FS12)
- Newsletters by the international Centre for Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies (CADDET):
 - Bulletins d'information du Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des technologies énergétiques démontrées (CADDET) :
 - *Compressed Air: Savings of 30 Percent Are Quite Normal*; Pays-Bas, 1999.
 - *Compressed Air Challenge™ Communicates Better Management*; États-Unis, 1999.
 - *Upgrading Industrial Waste Heat Using a Hybrid Heat Pump*; Norvège, 2000.
 - *Electricity Consumption of Compressed Air Reduced by 60 Percent*; Danemark, 1999.
 - *Compressed Air System from "Demand Back Through Supply"*; Belgique, 1998.
 - Présentation à l'Association canadienne de l'industrie de boissons gazeuses, V.G. Munroe, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, 1997.
- *Norme CAN/CSA-Q850-10 Gestion du risque : Exigences et lignes directrices*; 2010.
- *Do your Product Development Math*; Reinertsen & Associates, Machine Design, mai 1998.

Nous recommandons également au lecteur de consulter les sources ci-dessus pour obtenir de plus amples renseignements.

