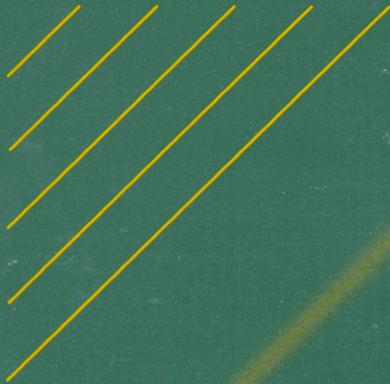


GUIDE

énergétique



Ressources naturelles
Canada
Office de l'efficacité
énergétique

Natural Resources
Canada
Office of Energy
Efficiency

*L'Association des brasseurs
du Canada*



Un projet commun de

L'Association des brasseurs du Canada,
de Ressources naturelles Canada,
et du

Programme d'économie d'énergie
dans l'industrie canadienne (PEEIC)

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

Lom & Associates

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

Publié par :

L'Association des brasseurs du Canada
155, rue Queen, bureau 1200
Ottawa (Ontario) Canada K1P 6L1
Téléphone : (613) 232-9601
Télécopieur : (613) 232-2283
Courriel : office@brewers.ca

Les possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne est un projet commun de l'Association des brasseurs du Canada, de Ressources naturelles Canada et du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC).

Exécution technique : Lom & Associates

Supervision : Le Groupe de travail du PEEIC du secteur de l'industrie brassicole

© L'Association des brasseurs du Canada, 1998

Tous droits réservés. Toute reproduction, stockage dans un système de récupération ou transmission en totalité ou en partie de cette publication par quelque procédé que ce soit, notamment sous forme électronique et mécanique ou par photocopie ou enregistrement, est interdite sans la permission écrite préalable de l'Association des brasseurs du Canada.

N° de catalogue : M27-01-945F

Imprimé au Canada

Imprimé sur du papier recyclé

Lom & Associates, les auteurs du présent guide, se spécialisent dans les domaines de la formation et de la consultation en matière d'environnement, de la mise en œuvre des systèmes de gestion de qualité ISO 9000, des systèmes de gestion de l'environnement ISO 4001 et de la vérification des systèmes ISO 14001. Au cours des 33 dernières années, l'entreprise a acquis des connaissances spécialisées et pratiques de l'industrie brassicole canadienne et internationale.

19 Pineview Trail
Utopia (Ontario) Canada L0M 1T0
Téléphone : (705) 727-0516
Télécopieur : (705) 727-0611
Courriel : tomlom@sympatico.ca

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	5
REMERCIEMENTS	7
1.0 INTRODUCTION	8
1.1 Profil du secteur brassicole.....	9
1.2 Liste des documents d'information	13
2.0 POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE..	15
2.1 Procédés et activités liés au brassage de la bière	15
2.2 Coûts et gestion de l'énergie et des services publics	16
2.3 Le projet d'amélioration : relevé des compteurs comme point de départ du projet.....	20
2.4 Approvisionnement en électricité et en combustible	23
2.5 Chaudières et distribution de la vapeur	30
2.6 Systèmes de réfrigération et de refroidissement.....	36
2.7 Air comprimé.....	43
2.8 Gaz utilisés pour la production	46
2.9 Services publics et eau utilisés pour la production.....	50
2.10 Eaux usées	54
2.11 Remise en production, rejet et mise au rebut.....	57
2.12 Traitement des sous-produits	60
2.13 Déchets solides.....	61
2.14 Chauffage, ventilation et climatisation	63
2.15 Éclairage	65
2.16 Procédés de brassage de la bière : Quelques possibilités d'amélioration du rendement énergétique	66
2.17 Autres aspects de l'efficacité énergétique dans une brasserie	69
2.18 Potentiel de rendement énergétique des technologies en usage dans les nouvelles brasseries.....	71
3.0 MISE EN ŒUVRE DES POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE	75
4.0 INTÉGRATION DE LA GESTION DE L'ÉNERGIE ET DES SERVICES PUBLICS À DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE GESTION.....	78
4.1 Système des points de contrôle critiques pour l'analyse des dangers (HACCP)	78
4.2 ISO 9001/2.....	79
4.3 ISO 14001.....	80

TABLE DES MATIÈRES (suite)

5.0	ANNEXES.....	83
5.1	Glossaire.....	83
5.2	Unités d'énergie et facteurs de conversion.....	87
5.3	Bibliographie et ouvrages recommandés.....	91
5.4	Programme fédéral canadien d'assistance à l'emploi « À LA SOURCE/ON-SITE ».....	94
5.5	Adresses utiles.....	96
5.6	Exemples de mesures permettant la réduction des coûts dans certaines unités d'une brasserie.....	100
5.7	Guide de mise en œuvre du contrôle continu et de l'établissement des objectifs.....	112
5.8	Liste de vérification : auto-évaluation pour repérer les possibilités d'amélioration du rendement énergétique.....	115

AVANT-PROPOS

Les possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne est un projet commun de l'Association des brasseurs du Canada, de Ressources naturelles Canada et du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC). L'objectif du présent guide est de rendre compte des données relatives à la consommation industrielle d'énergie dans l'industrie brassicole et des possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique dans ce secteur.

Le PEEIC comprend 19 groupes de travail qui représentent divers secteurs industriels du Canada. Le Groupe de travail du secteur de l'industrie brassicole regroupe des représentants de plusieurs brasseries et est actuellement dirigé (au printemps 1998) par le président du Comité de l'environnement de l'Association, Ralph Backman, des Brasseries Labatt du Canada.

Les groupes de travail du PEEIC servent de centres de coordination pour déterminer le potentiel de rendement énergétique et les possibilités d'amélioration à ce chapitre dans leur secteur d'activité. Pour ce faire, ils établissent des objectifs de rendement propres à chaque secteur, décèlent les obstacles et trouvent des solutions pertinentes pour les éliminer, et élaborent et mettent en œuvre des stratégies pour atteindre ces objectifs.

L'Association des brasseurs du Canada a pour mandat de créer, au nom de l'industrie brassicole, le climat propice à un développement économique sain et soutenu. Dans le cadre de ce mandat, l'Association met en place et cherche à promouvoir une politique industrielle visant l'amélioration de la position compétitive de l'industrie brassicole. L'amélioration du rendement énergétique est un moyen reconnu de réduction des investissements dans l'approvisionnement énergétique qui se traduit par des économies pour les entreprises, sans que ces dernières aient à sacrifier à la qualité du service énergétique. En augmentant l'efficacité de leurs opérations par le recours à des technologies et à des pratiques éconergétiques, les entreprises peuvent réduire leurs frais d'exploitation et hausser leur compétitivité.

Le présent guide témoigne de l'engagement de l'Association des brasseurs du Canada à réduire les émissions de gaz à effet de serre pour aider le gouvernement fédéral à atteindre ses objectifs environnementaux, et à respecter les engagements qu'il a pris dans ce domaine à l'échelle internationale. En faisant ressortir les possibilités d'amélioration du rendement énergétique qui s'offrent à l'industrie brassicole, le guide stimulera également la formulation d'objectifs de rendement énergétique pour le secteur et l'élaboration d'un plan d'action pour atteindre ces objectifs.

Les brasseurs canadiens s'entendent pour dire que les pratiques exemplaires sur le plan énergétique sont à la fois bonnes sur le plan des affaires. Toutefois, ils passent à côté de nombreuses occasions de faire des économies considérables d'énergie et de coûts même s'ils ont accès à des conseils de nombreuses sources. Au nombre des obstacles contre l'efficacité énergétique, mentionnons l'aversion pour les risques que pourraient comporter 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.

Le guide présente des données, de nouvelles idées ainsi que des conseils en vue d'une efficacité énergétique accrue dans les brasseries. Il renferme en outre des arguments à l'appui de la gestion judicieuse de l'énergie et de l'approvisionnement provenant des services publics dans le cadre plus global des brasseries.

REMERCIEMENTS

L'Association des brasseurs du Canada tient à exprimer sa vive reconnaissance à la Division des programmes des secteurs industriel, commercial et institutionnel de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada pour l'aide financière et l'expertise qu'elle a accordées pour la réalisation du présent guide.

Les auteurs tiennent également à exprimer leur gratitude à Margo Dewar, de l'Association des brasseurs du Canada, pour l'excellent leadership dont elle a fait preuve dans la coordination du projet, et pour le soutien organisationnel efficace qu'elle a offert.

Les conseils d'ordre technique donnés par de nombreux collègues de l'industrie brassicole canadienne se sont révélés très utiles. Les auteurs remercient tout particulièrement les experts dont les noms apparaissent ci-dessous, ainsi que leurs collègues qui ont commenté le manuscrit et proposé de précieuses suggestions en vue de l'améliorer :

Ralph Backman, Les Brasseries Labatt du Canada
Peter Henneberry, Moosehead Breweries Limited
Brian Hishon, Hishon & Associates
Richard Rench, The Upper Canada Brewing Company
David Zajdlik, Les Brasseries Molson

Nous remercions en particulier Vaughn Munroe, de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, dont le rôle d'expert-conseil et le généreux appui pour favoriser le partage de ressources ont été d'un précieux concours.

Déni de responsabilité

Ni les auteurs du présent guide (Lom & Associates) ni son commanditaire (l'Association des brasseurs du Canada) ne prétendent que les recommandations d'ordre général qui y figurent peuvent être appliquées telles quelles dans une brasserie donnée. Les auteurs ne sauraient être responsables de toute mise en œuvre de mesures en l'absence d'une consultation préalable et d'une évaluation approfondie de l'établissement visé. L'utilisation de dénominations sociales ou commerciales ne vise pas la promotion d'un produit commercial, d'un système, d'un particulier ou d'une entreprise.

1.0 INTRODUCTION

***La raison d'être des affaires
est de rester en affaires.***

Peter Drucker

Le temps est le facteur le plus important quand il s'agit d'accroître le rendement énergétique d'une entreprise. Le temps perdu à remettre à plus tard la mise en œuvre d'un programme d'efficacité énergétique ne se rattrape jamais. Les occasions manquées, parce que remises au lendemain, coûtent de l'argent. Par exemple, si une brasserie qui a un budget énergétique annuel de 1 million de dollars pouvait apporter une amélioration de 10 % la première année, de 5 % l'année suivante et de 3 % la troisième année, elle économiserait, aux taux d'intérêt actuels, environ 514 000 \$ pendant cette période. Toutefois, si la brasserie retardait la mise en œuvre de ce programme de trois ans, il lui en *coûterait*, cumulativement, environ la même somme. Dans la conjoncture actuelle de concurrence sans cesse grandissante et de réduction des marges bénéficiaires, cet exemple illustre pourquoi il faut s'intéresser sans tarder aux méthodes de gestion des coûts de consommation de l'énergie et des services publics dans une brasserie, et de voir ce qui peut être fait pour réduire ces dépenses.

Les brasseries sont de grandes consommatrices d'énergie. La consommation générale d'énergie dans ce type d'établissement, habituellement exprimée en mégajoules par hectolitre de produit fini (MJ/hL), varie selon le choix de types de conditionnement, de procédés de fabrication et d'équipements employés, la taille, l'âge, l'aménagement général et l'emplacement géographique de la brasserie, ainsi que son niveau général d'efficacité énergétique. En raison de ces variables, il serait trompeur de comparer la consommation d'énergie d'une brasserie avec celle d'une autre. L'important, c'est que chaque brasserie vise à améliorer le rapport énergétique de sa consommation en tenant compte de ses contraintes et de ses moyens. Le présent guide s'adresse à toutes les brasseries canadiennes, qu'elles soient grandes ou petites.

Au nombre des méthodes éprouvées pour réaliser des économies d'énergie et d'argent décrites dans le présent guide, citons les suivantes :

- les changements de méthodes
- la participation des employés
- les pratiques judicieuses d'entretien des locaux
- la vérification de la consommation d'énergie
- l'amélioration de l'entretien général
- les contrôles ou modifications opérationnels

- les investissements mineurs dans les immobilisations
- les investissements importants dans les immobilisations
- les améliorations continues grâce à des contrôles et à l'établissement d'objectifs

Pour des raisons de concision, les auteurs tiennent pour acquis que le lecteur connaît bien l'exploitation brassicole et possède des connaissances de base en ce qui a trait aux divers aspects techniques et aux procédés de fabrication liés à la consommation de l'énergie et des services publics.

Le guide décrit brièvement diverses possibilités d'amélioration du rendement énergétique, donne des conseils et des exemples à ce sujet, et comprend un guide de mise en œuvre d'un programme d'économie de l'énergie et des services publics. Pour obtenir plus d'information, le lecteur est prié de consulter les ouvrages cités dans la bibliographie et dans la liste des ouvrages recommandés (annexe 5.3) et de se reporter au glossaire (annexe 5.1). À cause du manque d'espace, nous avons omis les nombreux calculs détaillés d'économies d'énergie et relatifs aux services publics, lesquels sont habituellement très complexes et requièrent des explications. Toutefois, quelques exemples de ces calculs figurent à l'annexe 5.6; les autres sont indiqués dans la documentation énumérée.

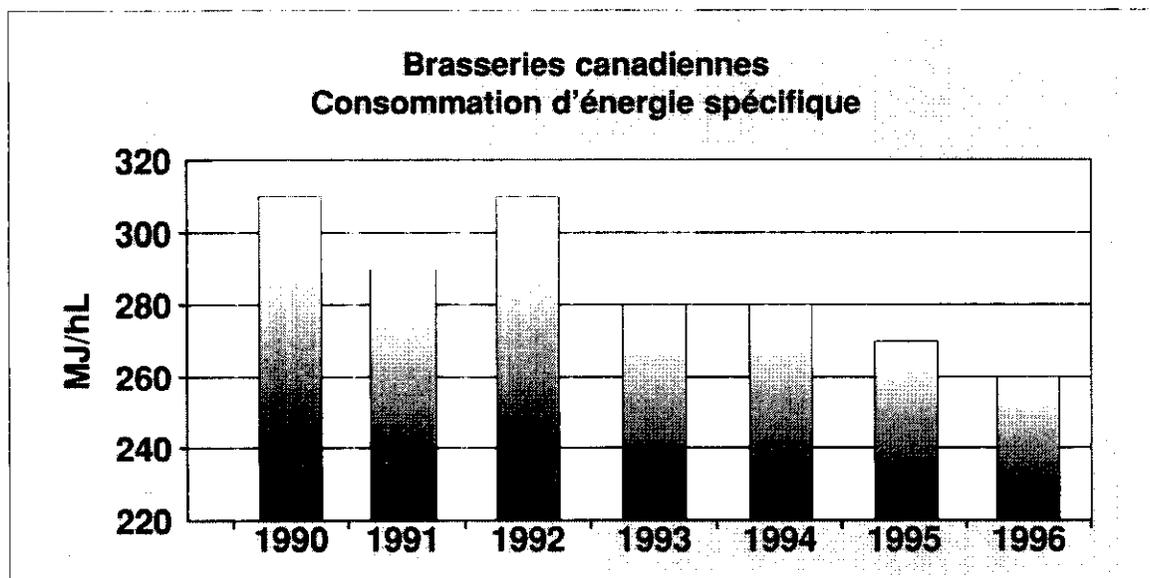
Une brasserie qui améliore son efficacité énergétique ne tirera pas que des avantages financiers: elle bénéficiera d'une image publique favorable puisqu'elle sera vue comme une entreprise consciente de ses responsabilités sociales et environnementales. C'est pourquoi le guide explique brièvement comment il est possible d'intégrer la gestion des projets d'amélioration du rendement énergétique à un système de gestion environnementale.

1.1 PROFIL DU SECTEUR BRASSICOLE

Environ 75 brasseries de toutes tailles sont exploitées présentement au Canada (printemps 1998). Après avoir connu une croissance rapide au cours des 30 ans qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, leur production combinée s'est stabilisée et a atteint, depuis plusieurs années, une moyenne annuelle de 22,5 millions d'hectolitres (hL) (données de l'ABC). L'évolution démographique et des styles de vie ainsi que d'autres facteurs se sont traduits par une diminution de la consommation de bière par habitant. Au cours de la dernière décennie, la concurrence au sein de l'industrie brassicole canadienne a été plus vive en raison de la libéralisation des échanges avec les États-Unis. Cette conjoncture a stimulé l'application de mesures visant la réduction des coûts, notamment des changements structurels au sein de l'industrie brassicole canadienne. Les brasseries ont donc cherché des moyens d'accroître leur productivité, d'améliorer leur efficacité et de mettre en œuvre de nouvelles stratégies en vue d'une efficacité accrue au chapitre de l'énergie et des services publics, et de contribuer à protéger l'environnement par la même occasion

Stimulés par la crise de Suez en 1973, les brasseurs britanniques ont été les premiers à mettre en œuvre des améliorations relatives à l'efficacité énergétique. Les résultats ont été impressionnants. En 1976, leur consommation d'énergie comme telle s'élevait à 303 MJ/hL. Une enquête auprès de 88 brasseries a montré que cette consommation avait été ramenée à 266 MJ/hL en 1978 et à 197 MJ/hL en 1992. Actuellement, la moyenne dans les brasseries du Royaume-Uni est de 180 MJ/hL. D'autres pays ont vite fait d'emboîter le pas en matière d'économie d'énergie. Ceux-ci risquent d'éprouver plus de difficultés à atteindre des niveaux aussi bas que ceux atteints au Royaume-Uni parce que la combinaison des produits y est différente. Au Royaume-Uni, presque 80 % de la bière (plus que partout ailleurs dans le monde) est produite en fût, qui requiert une consommation d'énergie moindre, le reste de la production étant divisé également entre la bière en bouteille et la bière en canette.

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. Le Groupe de travail n'a pas tardé à produire des résultats. La consommation moyenne spécifique d'énergie, qui se situait auparavant bien au-delà de la marque des 350 MJ/hL, a commencé à baisser. (Note : 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.) En 1996, la moyenne canadienne était de 260 MJ/hL, mais certaines brasseries commencent à franchir le seuil des 190 MJ/hL, notamment à Vancouver où le climat est particulièrement doux.



Dans l'industrie brassicole actuelle, les valeurs de la consommation d'énergie de 150 MJ/hL en énergie (en combustible) et de 30 à 45 MJ/hL en électricité (pour un total de 180 à 195 MJ/hL) sont considérées comme étant faibles.

Les types de produits et leur conditionnement, ainsi que l'efficacité avec laquelle l'énergie est utilisée influencent la consommation d'énergie spécifique (CES). Au Royaume-Uni, un travail considérable a été accompli dans de petites brasseries, dont la production se situe en dessous de 500 000 hL par an, pour déterminer les niveaux correspondant aux « pratiques minimales » et aux « pratiques exemplaires » de CES. Dans les petites brasseries, les valeurs des objectifs de CES varient selon la proportion des gros contenants (barillet, baril ou citerne) par rapport aux petits contenants (bouteille, canette et bouteille PET) utilisés pour le conditionnement, comme suit :

Gros contenant (%)	Petit contenant (%)	Objectifs de CES Pratiques minimales (MJ/hL)	Objectifs de CES Pratiques exemplaires (MJ/hL)
100	0	93	200
90	10	99	220
75	25	108	250
67	33	112	257
50	50	122	300

Les chiffres correspondant aux « pratiques exemplaires » sont proposés comme objectifs intermédiaires pour les petites brasseries et constituent un pas vers la réalisation de « pratiques minimales » de CES. Les petites brasseries fonctionnent déjà à ces niveaux cibles ou près de ces niveaux.

Le pourcentage d'efficacité énergétique d'une pratique exemplaire (% de PE) peut se calculer comme suit :

$$\% \text{ de PE} = \frac{\text{Utilisation d'énergie prévue} \times 100}{\text{Utilisation d'énergie réelle}}$$

L'utilisation d'énergie prévue s'obtient par la multiplication des volumes de production réelle (en hL), dans l'unité de production visée, par les ratios énergétiques

présentés ci-dessous, et par l'addition des résultats obtenus par la suite dans chacune des unités de production de la brasserie.

L'utilisation réelle d'énergie se calcule à l'aide des valeurs énergétiques spécifiques déterminées à l'aide de sources d'information telles que les factures des services publics.

Le tableau suivant, qui indique les résultats d'un essai, par des experts britanniques, de quantification de l'efficacité énergétique correspondant aux « pratiques exemplaires » (PE) relatives à plusieurs opérations de production dans le secteur des petites brasseries, offre des indications utiles quant aux activités sur lesquelles les efforts en matière d'économie d'énergie doivent porter.

Guide de calcul des « pratiques exemplaires » d'efficacité énergétique
(% de PE)

Unité de production	Ratio énergétique*	Notes
Brassage et fermentation	74	—
Refroidissement et filtration	9	—
Conditionnement		
Barillet	33	Inclure le volume en volume total conditionné (VTC)
Baril	11	Inclure le volume en VTC
Bouteille	200	Inclure le volume en VTC
Canette	13	Inclure le volume en VTC
Bouteille PET	20	Inclure le volume en VTC
Citerne de vente en gros	3	Inclure le volume en VTC
Citerne de vente au détail (remplissage)	36	Inclure le volume en VTC
Récupération de CO ₂	1 000	Multiplier le ratio par les tonnes (t) de CO ₂ récupéré
Administration	17	Multiplier le ratio par le VTC

* Le ratio énergétique représente la consommation d'énergie proportionnelle d'une opération/procédé de production en particulier par rapport à la consommation globale d'énergie de la brasserie. Comme tel, le ratio énergétique ne s'exprime pas comme une unité de mesure.

Une petite brasserie qui connaît son coût énergétique par MJ peut alors calculer les économies qu'elle pourrait faire si les valeurs correspondant aux objectifs étaient atteintes.

1.2 LISTE DES DOCUMENTS D'INFORMATION

Les sources de référence suivantes ont été utiles pour l'élaboration du guide :

Monitoring and Target Setting – Implementation Manual, The Brewers Society, UK, & Energy Efficiency Office of Department of Energy, UK, 1991.

Guide sur les possibilités d'accroître l'efficacité énergétique dans l'industrie de transformation des produits laitiers. Conseil national de l'industrie laitière du Canada, PEEIC, Direction de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada et Wardrop Engineering Inc., 1997.

The Practical Brewer – A Manual for the Brewing Industry, chapitre : Utilities Engineering, 8^e édition, publié par Master Brewers Association of the Americas, 1988.

Possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans les industries des produits en bois massif, Conseil des industries forestières, PEEIC et Direction de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, 1997.

Occasions de pratiquer l'efficacité énergétique dans l'industrie canadienne du caoutchouc, Association canadienne de l'industrie du caoutchouc, PEEIC, Direction de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, 1997.

Comité de l'environnement de l'Association des brasseurs du Canada, rapports et statistiques, 1997.

L'Association des brasseurs du Canada, données statistiques, 1997.

Groupe de travail du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) du secteur de l'industrie brassicole, rapports et données statistiques. 1997.

Development of Energy Intensity Indicators for Canadian Industry 1990-1996, The Canadian Industrial Energy End-use Data and Analysis Centre, Simon Fraser University, 1997.

Statistique Canada. statistiques de l'industrie brassicole. 1997.

Brewery Utilities -- Manual of Good Practice, European Brewery Convention, 1997

Beer Pasteurization – Manual of Good Practice, European Brewery Convention, 1995.

Industrial Energy Services Program 1987-1992, ministère de l'Énergie de l'Ontario. 1992.

Présentation à l'Association canadienne de boissons gazeuses, V.G. Munroe, Direction de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, 1997.

Best Practice Program, Energy Consumption Guide 29, Small Breweries, Energy Efficiency Office. Department of Energy, UK, 1992.

Best Practice Program, Good Practice Guide 30, Energy Efficient Operation of Industrial Boiler Plant, Energy Efficiency Office, Department of Energy, UK, 1992.

Best Practice Program, Good Practice Guide 42, Industrial Refrigeration Plant: Energy Efficient Operation and Maintenance, Energy Efficiency Office, Department of Energy, UK.

Best Practice Program, Good Practice Guide 26, The Liquid Milk Sector of the Dairy Industry. Energy Efficiency Office, Department of Energy, UK, 1991.

Best Practice Program, Good Practice Guide 126, Compressing Air Costs, Energy Efficiency Office, Department of Energy, UK, 1991.

A Self-assessment Workbook for Small Manufacturers, Rutgers University and Office of Industrial Technology. US Department of Energy, 1992.

A Guide to Energy Savings Opportunities in the Kraft Pulp Industry, (ébauche), Association canadienne des pâtes et papiers et Direction de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, 1997.

Practical Brewery Hazard Analysis Critical Control Points, L. Hargraves, The Brewer, 1996.

PC Control versus PLC Control, M. Coulter, Cemcorp Ltd., 1998.

ISO 14001, 1996 et ISO 14004, 1996, Organisation internationale de normalisation, 1996.

ISO 9001:1994, Organisation internationale de normalisation, 1994.

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, Best Practice Reports, Energy Efficiency Office, Ministry of the Environment, UK, 1992.

Case study: Moosehead Breweries Ltd., Association canadienne de l'électricité, 1987.

Répertoire 1997 des Programmes d'efficacité énergétique et d'énergies de remplacement, Direction de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, 1997.

2.0 POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

2.1 PROCÉDÉS ET ACTIVITÉS LIÉS AU BRASSAGE DE LA BIÈRE

Le brassage est un processus énergivore qui utilise de grands volumes d'eau et au cours duquel les produits sont soumis à deux reprises au réchauffement et au refroidissement.

Le malt fait à partir d'orge de brasserie est apporté à la brasserie, entreposé dans des silos, 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. Parfois, le broyage est précédé par le conditionnement à la vapeur du grain; parfois, on a recours au broyage par voie humide. 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. 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. 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 jusqu'au moment où il atteint la température requise pour la mise en levain. Dans les procédés simples, il est possible d'utiliser un refroidisseur ouvert. Le moût est aussi aéré ou oxygéné avant d'être mis en levain, c'est-à-dire 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 (CO_2), et produit une nouvelle masse de levure. Le métabolisme dégage une grande quantité de chaleur qui doit être dissipée par le refroidissement du contenu de la cuve de fermentation. À la fin de la fermentation, la jeune bière obtenue est refroidie à environ 0 °C et entonnée dans une cuve de fermentation. La levure résiduelle est soit utilisée en partie pour une nouvelle mise en levain, ou éliminée. La levure en suspension est extraite de la jeune bière par centrifugation ou par décantation dans la cuve de fermentation. Pendant son transfert dans le réservoir de maturation, elle est refroidie davantage, selon sa teneur en

alcool, à la température la plus basse possible, habituellement à $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Après une période de maturation appelée « lagering », la bière est filtrée une fois de plus, saturée et est enfin prête à être conditionnée en bouteilles, canettes ou en barillets dans la cave de conditionnement.

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 la 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, de même que les 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. Le processus de pasteurisation 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. La pasteurisation se produit principalement dans les tunnels à pasteurisation où 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. La bière tiède, surtout si sa teneur en oxygène est supérieure à la normale, n'a pas une grande durée de conservation. Par conséquent, l'entreposage devrait préférablement être bref pour éviter d'avoir à réfrigérer l'entrepôt.

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

Les coûts énergétiques et les coûts des services publics typiques représentent de 3 à 8 % du budget global d'une brasserie, selon la taille de la brasserie et d'autres variables.

Une brasserie bien gérée devrait consommer, par hectolitre de bière produite, entre 8 et 12 kWh (kilowattheures) d'électricité, 5 hL d'eau et 150 MJ provenant de combustibles. Pour illustrer, 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 un moteur électrique de 1 HP fonctionnant pendant environ 20 minutes.

Dans les brasseries canadiennes, les grandes catégories de dépenses en matière de services publics sont l'électricité, le gaz naturel, les combustibles pétroliers et l'eau, et ce, dans les proportions approximatives suivantes (données de 1991) :

Pourcentage par rapport aux dépenses globales de services publics

Source d'énergie	% du total
Électricité	46,5
Gaz naturel	31,3
Diesel	11,8
Essence/kérosène	4,7
Autres (p. ex., gaz de pétrole liquéfié, charbon, coke, etc.)	3,5

Le Groupe de travail du PEEIC de l'industrie brassicole estime qu'en moyenne une brasserie peut réaliser les économies suivantes :

- Électricité : 5,7 % Récupération de l'investissement en 1,6 an
- Gaz naturel : 15,0 % Récupération de l'investissement en 1,8 an

Les secteurs où ces économies peuvent être réalisées sont décrits plus loin.

Les brasseries qui ne disposent pas des ressources internes requises pour effectuer des analyses de consommation énergétique et élaborer des projets d'amélioration auraient avantage à consulter des experts-conseils. Selon un calcul effectué par le ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario, à partir de 557 analyses énergétiques qu'il a subventionnées en 1992, le ratio de rentabilité était en moyenne de 12:1. Ainsi, chaque dollar investi dans une vérification énergétique se traduit par une possibilité d'économies d'énergie de 12 \$.

La gestion de l'énergie provenant des services publics est une préoccupation constante dans toute brasserie. La gestion fructueuse à cet égard dépend d'un effort d'équipe qui commence par un engagement ferme de la part du chef de l'établissement et de son équipe de direction. L'appui manifeste de la direction se répercute dans toute l'entreprise et touche tous les employés. L'effort doit s'accompagner d'une formation des employés et de changements de mentalité au sein de l'organisation, et il doit être soutenu pour que les projets d'amélioration de rendement énergétique soient menés à bien.

Puisque le but principal est de faire des économies d'argent, les gestionnaires doivent comprendre les principes économiques et gérer leur unité de production comme s'il s'agissait de leur propre entreprise. Ces temps-ci, les marges bénéficiaires étant souvent minces, c'est pourquoi la gestion de l'énergie et des services

publics peut s'avérer cruciale. Même si les gains découlant des améliorations de rendement énergétique peuvent sembler modestes par rapport à la valeur du chiffre d'affaires ou du budget global, ils peuvent contribuer de façon appréciable au bénéfice net de la brasserie.

Voici quelques-unes des raisons pour lesquelles certaines brasseries ne font pas d'économies même si les possibilités sont prometteuses :

- la méconnaissance des possibilités existantes;
- la méconnaissance de la manière de s'y prendre;
- l'absence de soutien de la direction (les fonds, le temps et le changement);
- la perception que l'énergie et les services publics ne sont pas prioritaires;
- le manque d'argent et de personnel à consacrer à cette tâche;
- l'absence de responsabilisation.

Pour concrétiser des projets d'amélioration et réaliser les économies qui en découlent, la direction d'une brasserie doit conjuguer avec doigté remaniements organisationnels, modification des attitudes et nouvelles technologies relatives à la consommation d'énergie.

En vue de créer de l'intérêt et un sentiment de responsabilité envers les efforts à consentir pour l'amélioration du rendement énergétique de l'entreprise, les membres compétents du personnel technique de la brasserie, tels les ingénieurs, les opérateurs de machines et le responsable technique, devraient être désignés pour faire partie de ce projet. Leurs tâches, le soutien opérationnel et le budget affecté devraient, entre autres, être clairement définis. Les résultats de leur travail devraient être rapportés régulièrement à la direction de la brasserie. Les coûts relatifs à la consommation d'énergie et des services publics devraient être considérés comme une partie importante des coûts contrôlables dans une brasserie. La communication appropriée des résultats à tous les employés est nécessaire pour susciter leur intérêt et leur participation. Ces efforts en valent la peine.

Si l'on tient pour acquis que les économies d'énergie peuvent atteindre 35 % , il est possible de calculer l'augmentation de la marge bénéficiaire de diverses brasseries selon leurs pourcentages de bénéfice et leurs pourcentages de coûts énergétiques. Les pourcentages d'augmentation des marges bénéficiaires sont indiqués dans le tableau suivant.

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 %

La gestion de la consommation d'énergie et des services publics s'appuie sur le principe du contrôle continu et de l'établissement d'objectifs (CCEO) dont il sera question plus loin. Lorsqu'on applique le système CCEO, la consommation d'énergie et celle provenant des sources d'énergie des services publics est mesurée et mise en relation avec les chiffres de production. Après un certain temps, ces chiffres de consommation spécifique – les données de base – sont analysés et comparés avec les objectifs de consommation d'énergie et d'utilisation des services publics et la consommation récente. Puisque chaque centre d'imputation énergétique « achète » de l'énergie et des services publics d'un centre d'énergie (centrale énergétique), on encourage la plus faible consommation possible afin de réduire les pertes et d'améliorer le rendement des opérations.

Le Programme canadien de formation en gestion de l'énergie et en protection de l'environnement

Le Programme canadien de formation en gestion de l'énergie et en protection de l'environnement (CEMET) a été mis sur pied en 1992 grâce à un partenariat entre Ressources naturelles Canada, l'Association canadienne du gaz et de nombreux collèges communautaires canadiens par l'intermédiaire du Durham College d'Oshawa, en Ontario. En plus d'être un programme de formation, CEMET constitue un réseau de personnes compétentes et de ressources dans le domaine de la gestion de l'énergie. Il offre plusieurs cours intensifs d'une durée de deux jours portant sur des sujets relatifs à la gestion de l'énergie, notamment :

- les systèmes de chaudières des usines;
- les systèmes de vapeur et de condensats;
- le chauffage, la ventilation et la climatisation;
- les chaudières, les séchoirs et les fours;

- la vérification énergétique;
- l'atelier sur les possibilités d'amélioration de la gestion de l'énergie électrique.

D'autres cours mettent l'accent sur les sujets suivants :

- les systèmes d'éclairage;
- les moteurs à haut rendement énergétique;
- le comptage et la vérification de l'énergie;
- la réfrigération;
- la récupération de la chaleur;
- la cogénération;
- le marché de services éconergétiques;
- la gestion énergétique à l'intention des décideurs.

Le réseau national intègre des collèges communautaires, des instituts de technologie et des cégeps (au Québec) partout au pays en tant que partenaires. Plus de 160 établissements font partie de ce réseau et offrent ces cours dans toutes les régions du pays. Les cours peuvent être dispensés dans les établissements désignés, mais ils peuvent en outre s'adresser à des groupes en entreprise. (Les activités du CEMET ont été, en majeure partie, assumées par Formation Énergie Ontario; voir l'annexe 5.5 pour en obtenir les coordonnées.)

2.3 LE PROJET D'AMÉLIORATION : RELEVÉ DES COMPTEURS COMME POINT DE DÉPART DU PROJET

La prise de mesures est le *premier* pas vers la maîtrise de la situation et, par la suite, son amélioration.
Si vous ne pouvez mesurer un élément, vous ne pouvez le comprendre.
Si vous ne pouvez comprendre cet élément, vous ne pouvez le maîtriser.
Si vous ne pouvez le maîtriser, vous ne pouvez l'améliorer.

Le relevé des compteurs constitue le point de départ du système de contrôle continu et d'établissement d'objectifs (CCEO) de gestion de la consommation d'énergie et des services publics de la U.K. Brewers' Society, devenue la Brewers and Licensed Retailers Association. Il s'agit d'un système rigoureux et structuré qui fait en sorte que les ressources énergétiques sont fournies et utilisées de façon efficiente. Le système CCEO est également applicable à d'autres services publics comme l'eau, le CO₂, l'azote, les effluents, etc.

Le système CCEO 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 CCEO est 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 vaudra savoir comment ces coûts contrôlables sont gérés.

Il est démontré que les avantages directs du système CCEO, tant dans l'industrie brassicole que dans les autres industries, représentent entre 4 % et 18 % des factures de combustible et d'électricité. D'autres avantages intrinsèques, citons les changements bénéfiques de la culture d'entreprise dans la brasserie, 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. Bien que le concept soit relativement nouveau au Canada, déjà au moins une grande brasserie, la Brasserie Molson d'Etobicoke, en Ontario, a mis en œuvre le système CCEO et obtenu d'impressionnants résultats. Ces résultats ont été publiés (voir *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 CCEO.

Le coût de la mise en œuvre d'un système CCEO 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. Pour que les objectifs soient atteints, tous les employés doivent être partie prenante au projet.

Le processus de CCEO 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, par exemple, 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, par exemple 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, tout comme les 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 qui suit présente des exemples de paramètres (chiffres de consommation spécifique) qui pourraient être mesurés :

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

La prise de mesures nécessite l'installation de compteurs dans des endroits clés du système, en particulier là où des 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 :

Pose de compteurs de consommation d'énergie et des services publics

Compteurs	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			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					
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 grâce au programme de CCEO.

Il s'écoule environ 18 mois entre la décision initiale d'explorer le potentiel du CCEO jusqu'à la mise en œuvre intégrale du système. Se reporter au diagramme de la mise en œuvre du système CCEO à l'annexe 5.7.

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

2.4 APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ ET EN COMBUSTIBLE

2.4.1 Approvisionnement en combustible

La plupart des brasseries canadiennes alimentent leurs chaudières au moyen de deux combustibles, le gaz et le mazout, sauf dans les régions comme Terre-Neuve qui ne sont pas desservies par des gazoducs. L'avantage évident d'avoir recours à un approvisionnement mixte est l'assurance que les opérations de la brasserie ne seront pas arrêtées par des interruptions de livraison d'un type de combustible. De plus, la possibilité de brûler différents combustibles constitue un moyen de négocier de meilleurs prix au moment de signer les contrats d'approvisionnement. Le troisième avantage est la souplesse du choix des combustibles à long terme, en cas de changement de prix relatif ou de disponibilité.

Comparaison de 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 de sécurité
Gaz de pétrole liquéfié (GPL) (habituellement du propane; parfois du butane)	<p>Les observations d'ordre général concernant le gaz naturel s'appliquent également au GPL</p>	<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 s'évaporer à basse température

Type de combustible	Avantages	Désavantages
<p>Huile lourde (« fuel de soute »)</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 • nécessité 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

Type de combustible	Avantages	Désavantages
Huile légère (p. ex., l'huile n° 2)	<ul style="list-style-type: none"> • partiellement désulfurée entre 0,1 et 0,3 % de teneur en soufre • demeure fluide à -11 °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

Bien qu'ils soient utilisés ailleurs, d'autres combustibles, tels que 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.

Les biogaz provenant des stations de traitement anaérobie des eaux usées, principalement du méthane lourdement contaminé par du CO₂, ont une composition et une teneur calorifique variables, et constituent une source d'énergie peu fiable quand on les utilise comme combustible principal. Toutefois, les biogaz peuvent être utilisés en complément à d'autres combustibles, notamment pour le préchauffage des canalisations de retour des condensats et des bouches d'entrée d'air, ou pour le chauffage de l'eau. Étant donné que les biogaz sont mouillés, la corrosion du système d'approvisionnement peut présenter un problème.

Le choix du combustible requiert une étude attentive. Des facteurs tels que les coûts d'immobilisations des installations de production, le prix des combustibles, 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 canadiennes sont âgés de plus de 30 ans – ces brasseries étant apparues pendant la période de prospérité des années 1950 et 1960 –, ces considérations entreront en jeu au moment de la décision d'apporter des améliorations éconergétiques ou de remplacer les systèmes vieillissants.

CONSEILS :*

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Éviter de chauffer tout le réservoir de stockage d'huile à la température de pompage et de circulation requise, ce qui est du gaspillage. Effectuer la régulation de la température de l'huile dans le réservoir de stockage pour maintenir la viscosité requise pour le pompage de l'huile; la vérifier.
- ✓ Éviter d'avoir trop d'huile dans la boucle de circulation : un système de pompage bien conçu ne fait circuler que 10 % de l'huile en excédent de la demande maximale des brûleurs.
- ✓ Inspecter et réparer l'isolant.
- ✓ S'assurer que le réchauffement des conduites fonctionne et n'est en marche que lorsque cela est nécessaire.
- ✓ Évaluer le coût de la vapeur pour le réchauffement des conduites, s'il est utilisé, par rapport au réchauffement électrique.
- ✓ Mettre en concurrence les fournisseurs de gaz en leur demandant de présenter des soumissions.
- ✓ Revoir le contrat d'approvisionnement de gaz et envisager 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.

2.4.2 Approvisionnement en électricité

Les brasseries canadiennes achètent leur électricité à des entreprises de service public, à l'exception d'une seule brasserie qui a recours à la production d'électricité sur place. Bien que les possibilités de négociation de prix soient limitées, il y a moyen d'obtenir des tarifs spéciaux. Les brasseries disposent de trois moyens pour réduire leurs coûts sans nécessairement réduire leur consommation d'énergie :

- Réduire leur appel de puissance de pointe.
- Reporter leurs opérations consommatrices d'énergie à des périodes hors pointe, comme la nuit et la fin de semaine, afin de profiter des tarifs réduits de kWh.
- Augmenter le facteur de puissance quand il y a une pénalité de facturation relative au facteur de puissance

* Des « Conseils » sont présentés tout au long de ce guide et sont organisés en fonction des sujets abordés. Consulter les autres sections pour obtenir des conseils rapides sur des sujets connexes. Voir aussi l'annexe 5.8 « Liste de vérification : auto-évaluation pour repérer les possibilités d'amélioration du rendement énergétique ».

La puissance maximale appelée (appel de puissance de pointe) produit habituellement une pointe d'une durée limitée quand un certain nombre d'opérations ont lieu ou sont mises en marche en même temps. La pointe détermine le taux pour toute la période d'appel de puissance de pointe (p. ex., entre 7 et 23 h). Autrement dit, si l'appel de puissance de pointe était de 1 000 kW, mais que, par rééchelonnement des activités, elle pouvait être réduite à 600 kW, les économies atteindraient 40 %. La réduction de l'appel de puissance de pointe ne se traduira pas par une économie en soi, mais en raison des modalités de facturation des compagnies d'électricité, elle permettra d'épargner de l'argent. (Voir aussi à l'annexe 5.6 les exemples de mesures à mettre en œuvre pour réduire les coûts dans certaines unités de production de la brasserie présentés dans l'étude de cas n° 10.)

Le fait de reporter les opérations consommatrices d'énergie à des périodes hors pointe peut se traduire par des économies supplémentaires portant sur la partie de la facture relative à la consommation d'énergie. En gérant simplement les périodes pendant lesquelles l'électricité est utilisée, il est possible de réaliser des économies énormes.

Le facteur de puissance se calcule comme suit :

$$\text{Facteur de puissance} = \frac{\text{kilowatts (force résistive)}}{\text{kilovoltampères (force résistive plus force réactive)}}$$

Il faut se rappeler que la composante résistive de l'énergie électrique est celle qui produit le travail utile. Les charges inductives, comme celles qui se produisent dans les moteurs à induction, transformateurs, machines à souder, serpentins de chauffage à induction et ballasts d'éclairage à courant alternatif quand ils sont en charge réduite, engendrent en règle générale des facteurs de faible puissance.

Un service public d'électricité peut poser des compteurs afin de mesurer les kilovoltampères (kVA) ainsi que les kilowatts, et facturer la brasserie pour le total le plus élevé des deux, à savoir les kW réellement consommés ou 90 % des kVA.

Une brasserie capable de compter sur des contrôles de gestion énergétique pourrait réaliser des économies pouvant atteindre 20 % de sa facture actuelle, en déplaçant ou en délestant sa charge, et en corrigeant son facteur de puissance.

CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Repérer les équipements énergivores (p. ex., les compresseurs de réfrigération et les compresseurs d'air) et en dresser la liste en indiquant le pourcentage de la consommation d'électricité totale qu'ils mobilisent.
- ✓ Demander à votre compagnie d'électricité de vous fournir un profil de charge.
- ✓ Demander à votre compagnie d'électricité de vous conseiller sur la façon de réduire votre consommation et votre appel de puissance de pointe, et d'améliorer votre facteur de puissance.
- ✓ Demander aux administrations fédérale, provinciale ou municipale et à votre compagnie d'électricité des renseignements sur les programmes et les mesures d'encouragement financier offerts pour la modification ou le remplacement d'équipements.
- ✓ Envisager 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 de consommation importante, afin d'utiliser les tarifs à votre avantage. Comparer les résultats en prenant en considération le barème des taux et les coûts annuels. Examiner différents scénarios possibles pour arriver à des résultats optimaux.
- ✓ Envisager les changements suivants :
 - S'assurer que de bonnes habitudes sont instaurées et sensibiliser les employés en premier : éteindre les lumières et mettre les équipements hors tension quand ils ne sont pas utilisés.
 - Poser des appareils de détection de présence pour gérer l'éclairage.
 - 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.
 - S'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 caves de fermentation, 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.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Remplacer les moteurs électriques standard, en particulier les gros moteurs, par des moteurs à rendement élevé quand vient le temps.
- ✓ Installer des mécanismes d'entraînement à vitesse variable et de commande améliorés. Dans les systèmes de pompage, réduire au minimum le ravitaillement par des conduites de dérivation, qui s'avère onéreux et peu rentable.
- ✓ Faire 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. Réduire la pénalité imposée par la compagnie d'électricité pour les opérations inefficaces en effectuant ce qui suit :
 - Remplacer les moteurs à induction légèrement chargés par des moteurs ayant la taille appropriée pour la tâche.
 - Poser 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. Par des inspections périodiques, vérifier si les condensateurs fonctionnent comme ils le devraient. La période de récupération de cet investissement est d'environ 18 mois.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Examiner 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 pointe, en particulier l'hiver. Les économies tarifaires peuvent être importantes.
- ✓ Installer un système automatique et informatisé pour réguler et surveiller la consommation d'énergie électrique et thermique, particulièrement dans les grandes brasseries.

2.5 CHAUDIÈRES ET DISTRIBUTION DE LA VAPEUR

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°) 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 environ 25 à 35 % de la facture totale d'énergie. Par conséquent, il est important et rentable de se concentrer sur les moyens de rendre plus efficient et moins coûteux le fonctionnement des chaudières et la distribution de la vapeur.

2.5.1 Chaudières

Entre 23 à 25 % de l'apport énergétique total des combustibles se perd durant le fonctionnement d'une chaudière : en général 4 % dans l'enveloppe de la chaudière, 18 % dans les gaz de combustion et 3 % sous forme de vidange. Entre 75 et 77 % de l'énergie thermique se retrouve dans la vapeur produite, et ce chiffre représente l'efficacité thermique de la 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 l'huile n'est pas complètement brûlée, de la fumée sort de la cheminée.

Un autre paramètre qu'il est possible de contrôler est la perte de chaleur lors des vidanges. Tout dépend 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.

2.5.2 Distribution de la vapeur

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

Pression optimale de la vapeur :

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 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 utilise.

Conduites :

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, des projets d'utilisation de nouvelles technologies et des besoins.

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 des nouveaux équipements. Toutefois, l'ancienne tuyauterie qui n'est plus utilisée est rarement enlevée. La première étape de la rationalisation 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 elle 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 de plus fortes pertes par fuite.

Il importe de porter attention à la conformité de l'aménagement et de l'emplacement des points de vidange afin d'assurer l'évacuation au bon moment du condensat, pour prévenir les problèmes. 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.

Isolation :

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 composants, soupapes, joints de dilatation, etc. L'arrivée d'eau de l'extérieur ou l'eau des fuites annulent l'effet isolant. Les conséquences économiques de ne pas isoler les tuyaux sont démontrées dans l'étude de cas n° 13 présentée à l'annexe 5.6.

Fuites :

On ne se rend pas compte souvent du coût des fuites de vapeur. Plusieurs exemples d'augmentations de consommation de combustible provenant de fuites typiques sont présentés dans le tableau suivant.

Pertes relatives aux fuites de vapeur

Diamètre de la fuite (mm)	Perte de vapeur tonnes/an	Combustible utilisé tonnes/an
0,80	12	0,8
1,60	48	3,4
3,20	180	12,6
6,40	732	51,2
9,50	1 680	118,0

Chaque brasserie peut évaluer l'effet cumulatif de plusieurs fuites ainsi que le coût de ces fuites en fonction du prix qu'elle débourse pour le combustible.

Échange thermique :

Des pertes de chaleur 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 thermique.

Purgeurs de condensat :

Les purgeurs de condensat sont une source de problèmes s'ils sont mal choisis, mal posés et mal entretenus. De la vapeur et du condensat peuvent s'en échapper. La vapeur et le condensat qui s'échappent des tuyaux de vapeur réduisent l'efficacité de la distribution de vapeur.

Récupération du condensat :

Perdre du condensat équivaut à jeter de l'argent par la fenêtre. Si le condensat n'est pas retourné à la chaudière, environ 20 % 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 et de traitement de l'eau d'appoint requise pour la compenser.



CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Repérer et réparer les fuites de vapeur et de condensat.
- ✓ Isoler de façon appropriée les conduites de retour de vapeur et de condensat ainsi que leurs composants.
- ✓ Établir un programme d'entretien des purgeurs de vapeur afin d'obtenir un rendement maximal et de réduire la durée d'immobilisation des systèmes à vapeur.
- ✓ Établir 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 %.
- ✓ Régler la chaudière de façon 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.
- ✓ Éviter l'entrée d'air additionnel dans la chambre de combustion.
- ✓ Vérifier régulièrement le rendement énergétique de la chaudière et tenir 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.
- ✓ Vérifier 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 % min. et 2,7 % max.
- Huile lourde : 3,3 % min. et 4,2 % max.
- Huile légère : 2,3 % min. et 3,5 % max.

(Note : Les réglages ci-dessus sont caractéristiques des chaudières qui ne comportent pas d'équipement de combustion à faible excès d'air. Dans d'autres cas, par exemple dans le cas du gaz naturel, il est possible d'atteindre une valeur minimale de 1,7 %.)

- ✓ Se rappeler qu'une réduction de 10 % de l'oxygène excédentaire réduit les températures des gaz de combustion de 2,5 % et augmente l'efficacité de la chaudière de 1,5 % !
- ✓ Garder les niveaux et la fréquence des purges au minimum absolu après les vérifications régulières des niveaux de matière totale dissoute.
- ✓ Établir un programme d'entretien pour le détartrage des deux côtés des interfaces d'échange thermique.
- ✓ Vérifier la consommation de vapeur et échelonner la charge pour éviter les augmentations subites d'appel de puissance.
- ✓ Dans les installations à chaudières multiples, ajuster l'utilisation des chaudières de façon optimale en fonction de l'horaire de production, des appels de puissance et du calendrier (jour de la semaine, saisons).
- ✓ Maintenir le réglage pour éviter la surchauffe.
- ✓ Maintenir la pression de la vapeur en tenant compte de l'appel de puissance; éviter l'excès de pression.
- ✓ Éviter le fonctionnement dynamique : vérifier la logique de bouillage des bouilloires de la salle de brassage et le fonctionnement des robinets d'admission de vapeur.
- ✓ Opter pour le fonctionnement à basse pression pendant les périodes où la production est arrêtée.
- ✓ Condenser l'horaire de brassage dans les périodes de faible production pour éviter les arrêts et les mises en marche des grandes chaudières.
- ✓ En été, sceller 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.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Penser à récupérer la vapeur de revaporisation du condensat et à l'affecter à d'autres usages de la vapeur à basse pression récupérée.
- ✓ Envisager la récupération de chaleur à partir du condensat à plus forte pression.
- ✓ Remplacer 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.
- ✓ Utiliser des pompes à vapeur pour le retour de l'eau de condensation au lieu de pompes électriques.
- ✓ Capturer le contenu des purges pour générer de la vapeur à basse pression qui sera utilisée dans les systèmes de chauffage ou dans les dégazeurs. Utiliser une autre source de chaleur pour chauffer l'eau d'appoint.

- ✓ Équiper les chaudières de brûleurs qui mélangeront les huiles usées au combustible standard de la chaudière afin d'obtenir de l'énergie additionnelle et réduire les coûts d'élimination.
- ✓ Capturer tout le condensat possible. Ce captage doit atteindre 90 % si possible, ou plus.
- ✓ Désaffecter la tuyauterie de vapeur et de condensat superflue.
- ✓ Raccourcir ou simplifier la tuyauterie existante de vapeur et de condensat.
- ✓ Remplacer les purgeurs de vapeur mal choisis avec le type de purgeurs approprié à l'usage.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Remplacer, quand elle est utilisée dans les pasteurisateurs et les laveuses, l'injection de vapeur vive qui consomme de l'eau et nécessite de l'eau d'appoint et du chauffage par des échangeurs thermiques.
- ✓ Évaluer 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. Il est possible de se procurer un certain nombre de ces systèmes dans le commerce. Se rappeler qu'une chute de 20 °C dans la température de sortie des gaz de combustion améliore le rendement de la chaudière de 1 %.
- ✓ Installer des chaudières locales à rendement élevé qui répondent avec rapidité aux appels de puissance.

2.6 SYSTÈMES DE RÉFRIGÉRATION ET DE REFROIDISSEMENT

Dans une brasserie canadienne typique, plus de 30 % de l'énergie électrique est consommée par les systèmes de réfrigération et de refroidissement. L'optimisation du fonctionnement des équipements de réfrigération, qui consomment souvent 20 % et plus d'énergie que nécessaire, représente un moyen non négligeable d'économiser l'énergie.

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 équipements de réfrigération sont relativement complexes.
- Les gens 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 opérateurs de machines peuvent manquer de formation relative au rendement énergétique dans le domaine de la réfrigération.

Les possibilités d'économiser se concrétisent lorsque les facteurs influant 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 COPS. 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 des compresseurs les mieux adaptés pour la tâche, en tout temps, en évitant les charges partielles et en veillant à l'entretien des compresseurs.

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 %. 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 %. 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).

Énergie d'appoint :

L'énergie d'appoint peut représenter environ 25 % 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 constitue une priorité.

Comme il est mentionné plus haut, les appels de puissance relatifs au refroidissement devraient être maintenus au minimum. Les brasseurs établissent 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 éthylénique), 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, 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 éthylénique réfrigéré. Mais, 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 doivent être payés en double.

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

- Une augmentation de 1 °C de la température de condensation augmente les coûts de 2 à 4 %.
- Une réduction de 1 °C de la température d'évaporation augmente les coûts de 2 à 4 %.
- Les soupapes de détente des dérivations de gaz peuvent ajouter 30 % et plus aux coûts.
- Le contrôle inexact des compresseurs peut augmenter les coûts de 20 % et plus.
- Le mauvais contrôle de l'équipement auxiliaire peut augmenter les coûts de 20 % et plus.

Tant les gains que 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.

➡ **CONSEILS :**

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Former les opérateurs de la brasserie afin qu'ils comprennent les enjeux liés au rendement énergétique.
- ✓ Soulever fréquemment les questions relatives à l'exploitation et à l'entretien, car les opérateurs peuvent privilégier un mode de fonctionnement peu efficace.
- ✓ Établir un programme de contrôle à intervalles réguliers afin que les problèmes soient décelés rapidement.
- ✓ Revoir 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.
- ✓ Vérifier fréquemment le régime de l'équipement de réfrigération, car les exigences de production et la température ambiante peuvent fluctuer.
- ✓ Mettre en pratique de bonnes méthodes d'entretien général :
 - Garder les portes des zones réfrigérées fermées.
 - Séparer les zones froides du reste de la brasserie en installant des portes, des rideaux de plastique ou des portes oscillantes en caoutchouc, etc.
 - Utiliser aussi peu d'eau que possible dans les pièces réfrigérées en se rappelant qu'un gallon d'eau requiert une tonne de réfrigération d'énergie pour s'évaporer.
- ✓ Avoir recours au nettoyage à froid en circuit fermé dans les pièces réfrigérées chaque fois que cela est possible. Demander au fournisseur de produits de nettoyage de conseiller un produit de nettoyage approprié.
- ✓ Revoir 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 reporter pendant la nuit le nombre maximal de tâches de réfrigération.
- ✓ S'assurer que les commandes de dégivrage sont correctement réglées et revoir leur réglage à intervalles réguliers, une fois par mois par exemple, pour tenir compte des changements de température ambiante.

- ✓ S'assurer que le dégivrage fonctionne seulement quand cela est nécessaire et pour la période la plus courte possible. Éliminer l'entrée d'humidité provenant de l'air ambiant ou des boyaux d'arrosage dans l'espace refroidi.
- ✓ Revoir les contrôles des systèmes et régler correctement les pointes régissant les températures d'évaporation et de condensation.
- ✓ Mesurer à intervalles réguliers le COP du compresseur et le rendement énergétique de tout le système (COPS), y compris celui de l'équipement auxiliaire qui contrôle les opérations.
- ✓ S'assurer que les tours de refroidissement sont bien entretenues si l'eau des condenseurs en provient afin d'obtenir la température la plus basse possible. Voir aux ventilateurs, aux pompes, à l'encrassement et aux autres appareils.
- ✓ Vérifier à intervalles réguliers l'accumulation de gaz et d'air non condensables afin de s'assurer que l'équipement fonctionne à un COP élevé.
- ✓ Vérifier le régulateur de pression de refoulement et corriger son réglage.
- ✓ Vérifier si les niveaux de fluide frigorigène sont adéquats dans le système pour obtenir le rendement optimal; éliminer les fuites.
- ✓ Rajuster la température d'évaporation de l'équipement de refroidissement entre $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ environ pour refroidir la bière à $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il arrive souvent que la température d'évaporation soit fixée plus bas, inutilement.
- ✓ Vérifier l'état des instruments. S'assurer qu'ils prennent des lectures exactes et que les sondes ne sont pas altérées, par la formation de glace par exemple; faire une contrevérification de toutes les valeurs si possible.
- ✓ Utiliser 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.
- ✓ Installer des ventilateurs déstratificateurs dans les salles de maturation.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Déterminer les coûts annuels qui guideront le choix des améliorations par l'installation de compteurs électriques sur les équipements pertinents suivants :
 - 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).
- ✓ Installer un système de purge automatique pour l'air et les gaz non condensables.

- ✓ Mettre les compresseurs en séquence en fonction de leurs charges et de leurs rendements énergétiques respectifs. La correction de la mise en séquence est particulièrement importante dans le cas des charges partielles. S'assurer qu'un seul compresseur fonctionne à charge partielle. S'il est possible de choisir un compresseur pour les opérations à charge partielle, utiliser un compresseur à piston plutôt qu'un compresseur à vis ou un compresseur centrifuge, ces derniers offrant un piètre rendement en charge partielle.
- ✓ Éviter 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.
- ✓ Installer 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.
- ✓ Séparer les systèmes de réfrigération selon la température; optimiser l'équilibre thermodynamique du cycle de réfrigération de façon à affecter les équipements aux conditions minimales requises à chaque procédé.
- ✓ Utiliser des températures ambiantes basses pour fournir un refroidissement gratuit à des charges qui s'y prêtent en hiver et durant les entre-saisons.
- ✓ Installer un système de commande numérique en boucle fermée pour refroidir les compresseurs et les condenseurs.
- ✓ Remplacer les portes inadéquates dans les endroits qui mènent aux zones froides.
- ✓ Installer des collecteurs pour extraire l'huile et l'eau de l'ammoniac. Les impuretés contenues dans l'ammoniac élèvent le point d'ébullition.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Remplacer les compresseurs par des modèles ayant le rendement le plus élevé possible, quand cela est justifié.
- ✓ Installer 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.
- ✓ Envisager 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

- ✓ Évaluer 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 et la tour de refroidissement.
- ✓ Envisager le recours au refroidissement par absorption si de la chaleur excessive est disponible. Cette technique permet d'obtenir de la réfrigération sans apport d'énergie.
- ✓ Évaluer 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.
- ✓ Installer un diviseur de suction pour les besoins en températures hautes et basses.
- ✓ Remplacer l'échangeur à tube et à calandre par des échangeurs à plaques à rendement élevé.

2.7 AIR COMPRIMÉ

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 puisque environ 85 % 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 % de son alimentation totale en électricité à la production d'air comprimé, et encore plus si elle abrite des installations de traitement aérobie des effluents.

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 dans le système. Cela revient cher de produire plus d'air 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 %.

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 % du gaspillage total, mais représentent au moins 50 % de la consommation du site. Quand l'air comprimé atteint l'utilisateur final, il peut coûter jusqu'à 1 \$ le kWh ! Le tableau qui suit illustre les résultats des fuites à travers des trous de diamètres divers dans un système de 600 kPa, avec de l'électricité coûtant 0,05 \$ le kWh.

Coût des fuites

Diamètre du trou	Fuite d'air	Coût par mois
1 mm	1,0 L/s	10 \$
3 mm	10,0 L/s	111 \$
5 mm	26,7 L/s	298 \$
10 mm	105,0 L/s	1 182 \$

Les fuites n'occasionnent pas seulement du gaspillage d'énergie, elles ont 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 % en énergie électrique, 15 % en capital et 10 % en entretien. Des mesures simples et efficaces peuvent faire réaliser des économies de 30 % 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.

CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Mettre en œuvre un programme de sensibilisation dans toute la brasserie.
- ✓ Produire de l'air comprimé à la pression requise; ne jamais produire l'air comprimé à une pression d'utilisation trop élevée, qui sera réduite par la suite.
- ✓ Utiliser la prise d'air de l'endroit le plus frais, probablement par canalisation directe de l'entrée d'air frais extérieur.
- ✓ Décharger dehors. l'été, les compresseurs refroidis par air et, en hiver, les utiliser à l'intérieur pour le chauffage des locaux.
- ✓ Vérifier si le système utilisé n'est pas défectueux, notamment s'il requiert une pression plus élevée que celle à laquelle il est censé fonctionner.
- ✓ Vérifier s'il n'y a pas de problèmes avec la tuyauterie qui pourraient occasionner des chutes de pression.
- ✓ S'assurer que le système de tuyauterie est sec : en corriger l'inclinaison, les points de drainage, ainsi que les branchements, qui doivent toujours être au-dessus de la tuyauterie. Faire attention à la corrosion; elle peut occasionner des fuites.
- ✓ Mettre en œuvre un système d'entretien et d'inspection à intervalles réguliers.
- ✓ Investir dans un détecteur/testeur de fuites d'air pour mesurer les fuites volumétriques totales dans l'ensemble du système d'air comprimé, ainsi que la capacité du compresseur.
- ✓ Arrêter les compresseurs quand la production cesse. En cas de besoin d'air comprimé pour les instruments, installer un compresseur distinct pour cette fonction, ce qui ménagera le compresseur principal.
- ✓ Maintenir 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, utiliser le compresseur à piston et arrêter les compresseurs à vis.
- ✓ Réduire au minimum le cycle de régénération des déshydrateurs d'air en installant un régulateur réglé sur la mesure du point de rosée.
- ✓ Mettre, si possible, les compresseurs dans un espace clos pour prévenir les infiltrations de chaleur indésirables dans les bâtiments.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Passer en revue toutes les opérations qui requièrent l'utilisation d'air comprimé et dresser une liste de moyens de remplacement pour accomplir les mêmes tâches.

- ✓ Si les compresseurs sont refroidis à l'aide d'eau, chercher des moyens de récupérer la chaleur provenant des circuits d'eau de refroidissement.
- ✓ Dans les installations où il y a plusieurs compresseurs, établir un horaire d'utilisation en fonction de l'appel de puissance ainsi qu'une séquence de fonctionnement, de façon 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.
- ✓ Modifier 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.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Évaluer la pertinence d'installer une unité de refroidissement actionnée par un moteur à combustion qui utilise un apport d'énergie moins coûteux, qui a un meilleur rendement en charge partielle que les moteurs électriques, et qui permet une récupération de chaleur de l'enveloppe de circulation d'eau et de la sortie d'échappement.
- ✓ Récupérer la chaleur des compresseurs pour le préchauffage, plutôt que de déboursier pour les refroidir.
- ✓ Installer un bac tampon afin d'assurer la régulation des cycles d'utilisation des compresseurs les plus vieux

2.8 GAZ UTILISÉS POUR LA PRODUCTION

Le CO₂, et parfois l'azote, gaz employés dans la production, ont des utilisations nombreuses 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 %). Son utilisation dans la bière produit un collet de mousse plus dense

et plus stable ayant des bulles plus fines. Toutefois, la décision d'employer de l'azote dépend des considérations relatives à la production ou au marketing ou 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 % par rapport au coût équivalent de CO₂.

Le CO₂ est un produit de la métabolisation de la levure pendant la fermentation du moût. Des calculs théoriques montrent que 52 % des sucres fermentables dans le moût seront convertis en CO₂. Cela se traduit par un rendement théorique de 0,43 kg par degré Plato (P) atténué. Par conséquent, la production en CO₂ de la cuve de fermentation est environ de 4 kg à partir d'un hectolitre de moût à 12 °P, ou environ de 6 kg/hL à partir de moût de haute densité à 18 °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/°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 CO₂. Pour être liquéfiable, le CO₂ doit être au moins pur à 99,8 %. Toutefois, puisque l'oxygène a un effet tout à fait néfaste sur le goût de la bière et sa stabilité physique, le CO₂ 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 % 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 CO₂ 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 CO₂ dans une brasserie, et le gaz doit être soumis à la vérification de l'altération de son goût.

Une nouvelle technique permet la collecte de CO₂ fortement contaminé par l'air (p. ex., 20 %) et une récupération de CO₂ pur au moyen d'une distillation à basse température. La collecte peut débiter 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 CO₂ est cher 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 aux chapitres de son coût d'achat et de sa production. En ce qui a trait à ses besoins en CO₂, une brasserie peut être autosuffisante et aurait avantage à l'être. Les exemples abondent de brasseries bien gérées, qui vendent d'importants surplus de CO₂ ou qui les utilisent pour leur propre production de boissons gazeuses. 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 CO₂ (réduction du gaspillage), puis à le récupérer davantage.

L'autre source de CO₂ 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 CO₂ (p. ex., les équipements Wittemann). Pour saturer la bière et les boissons gazeuses, toutefois, on préfère le CO₂ produit dans la cuve de fermentation. Dans certains pays, cet usage est légiféré. Même alors, le CO₂ provenant des émissions de gaz de combustion ainsi que le CO₂ 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.

CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Déterminer le bilan massique du CO₂ dans la brasserie. Acheter ou louer 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.
- ✓ Détecter et colmater toutes les fuites.
- ✓ Fermer le gaz quand il n'est pas utilisé, par exemple dans les soutireuses de bouteilles et de canettes.
- ✓ Pressuriser 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.
- ✓ Revoir 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 traduira par des économies. À cette fin, une commande régulatrice de pression serait utile.
- ✓ Vérifier l'utilisation du gaz sur la soutireuse à canettes, une grande consommatrice de CO₂, ainsi que la position et l'état des becs.

- ✓ Limiter 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.
- ✓ Éviter 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. Régir plutôt la collecte de CO₂ par la mesure de son contenu en oxygène. 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 %.
- ✓ Revoir le contrat avec le fournisseur de CO₂; faire le tour des fournisseurs pour obtenir de meilleurs prix et services.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Poser 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.
- ✓ Raccorder des réservoirs pour réduire la consommation de CO₂.
- ✓ Évaluer la pertinence de remplacer le CO₂ par de l'azote quand cela est préférable.
- ✓ Récupérer le CO₂ dans les réservoirs de stockage et les réservoirs tampons.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Poser 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.
- ✓ Éliminer le gaspillage occasionné par les soupapes à masse au moment de la pressurisation du réservoir avant le remplissage. Ces soupapes régularisent la pression en laissant s'échapper les excès de gaz plutôt qu'en coupant l'alimentation. Les remplacer par le système de régulation approprié.
- ✓ Automatiser 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.

- ✓ Évaluer 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.
- ✓ Évaluer la pertinence d'installer du matériel de semi-distillation.

2.9 SERVICES PUBLICS ET EAU UTILISÉS POUR LA PRODUCTION

Les brasseries sont de grandes consommatrices d'eau. L'utilisation spécifique de l'eau s'exprime par le rapport du volume d'eau acheté (ou utilisé, dans le cas d'un puits privé) au volume de bière produit. Dans les brasseries canadiennes, le rapport peut être aussi élevé que 20:1 et encore plus dans les exploitations où l'efficacité est moindre et dans des régions où l'eau est abondante et bon marché, comme à Montréal et à St. John's; ce rapport peut être inférieur à 4,5:1 dans des brasseries qui ont investi dans un programme de réduction de la consommation d'eau. En plus des mesures d'économies habituelles, de tels systèmes supposent qu'on ait recours, sur place, à de nombreuses et ingénieuses façons de réutiliser l'eau pour les opérations qui n'influent pas sur la qualité du produit. Certaines brasseries progressistes, au Japon et aux États-Unis, obtiennent des rapports inférieurs à 3:1.

La réduction de la consommation d'eau dans une brasserie peut être rentable; comme l'eau est un élément physique, il est habituellement plus facile de l'économiser que d'autres sources d'énergie.

Les brasseries paient généralement leur eau deux fois : en coûts d'achat et en charges d'égout, sans compter les possibles redevances sur les effluents. Il est sage d'éviter ces coûts en ayant recours à des mesures de conservation. Toutefois, l'utilisation d'eau dans une brasserie a de grandes répercussions sur la consommation d'énergie. Par exemple, une grande brasserie qui produit deux millions d'hectolitres par an avec un rapport d'eau à la bière de 9:1 avait une température d'arrivée d'eau de 9 °C, mais la température combinée de ses effluents s'élevait à 28 °C. Comme l'indiquaient les mesures de température de chaque flux de déchets, la majorité des eaux usées tièdes provenaient de l'unité de conditionnement. Les pertes annuelles seulement en contenu thermique étaient extraordinairement élevées. Des moyens d'économiser l'énergie ont par la suite été déterminés dans cette unité de production.

Le rapport direct entre une consommation spécifique d'eau élevée et une consommation d'énergie spécifique a été démontré à maintes reprises.

Parmi les autres raisons qui militent en faveur de la conservation de l'eau, citons la préoccupation pour l'environnement (p. ex., la surutilisation d'une ressource importante, les coûts excessifs du traitement des eaux usées, qui consomment de l'énergie) et un désir de l'entreprise de faire preuve de responsabilité sociale.

Comme pour les économies d'éclairage et d'électricité, les bonnes méthodes d'entretien général sont le point de départ d'efforts de conservation de l'eau et peuvent générer des gains initiaux importants. De telles pratiques comprennent l'élimination des robinets qui fuient, la fermeture des boyaux d'arrosage et des douches oculaires. Dans l'exemple des douches oculaires, utilisées souvent sans souci d'économie comme source pratique d'eau potable fraîche, une grande brasserie comportant 65 bains oculaires a économisé presque 45 000 \$ par an en arrêtant le débit d'eau continu. L'installation de fontaines d'eau potable réfrigérée a permis d'obtenir un rendement rapide du capital investi.

Le tableau suivant illustre les pertes provenant des robinets qui fuient :

Quantité d'eau perdue à cause des fuites

Débit de fuite	Pertes quotidiennes	Pertes mensuelles	Pertes annuelles
Une goutte/seconde	4 L	129 L	1,6 m ³
Deux gouttes/seconde	14 L	378 L	4,9 m ³
Gouttes en filet	91 L	2,6 m ³	31,8 m ³
Filet de 1,6 mm	318 L	9,4 m ³	113,5 m ³
Filet de 3,2 mm	984 L	29,5 m ³	354,0 m ³
Filet de 4,8 mm	1,6 m ³	48,3 m ³	580,0 m ³
Filet de 6,4 mm (1 : po)	3,5 m ³	105,0 m ³	1 260,0 m ³

(Note : 1 gal. imp. = 4,546 L; 1 m³ = 1 000 L = 220 gal. imp.)

En se reportant aux tarifs locaux, il est facile de calculer le gaspillage inutile dont il est fait mention. À noter qu'il est fort possible qu'il y ait plusieurs fuites.

Dans une brasserie ayant un rapport eau/bière de 6,5:1, l'utilisation de l'eau par hectolitre de bière produite a été ventilée comme suit :

- Matières premières : 1,3 hL/hL
- Tâches de nettoyage 2,9 hL/hL
- Échange thermique : 0,7 hL/hL
- Autres (y compris les pertes) 1,6 hL/hL

Parmi les procédés qui consomment le plus d'eau, mentionnons :

- le lavage des bouteilles et des barillets;
- le refroidissement;
- les pasteurisateurs;

- le nettoyage en circuit fermé et le rinçage de l'équipement de production;
- l'empâtage et le lavage des drêches;
- l'ajustement plato de la bière à haute densité avec de l'eau (en particulier pour les bières légères);
- le lavage des planchers;
- le fonctionnement des pompes à vide des soutireuses;
- la purge des canules et des soutireuses.



CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Réexaminer les pratiques relatives aux opérations courantes. Préparer un bilan massique de l'eau utilisée dans les différentes unités de la brasserie.
- ✓ Sensibiliser les employés aux bonnes méthodes d'entretien, enrichir les connaissances nouvellement acquises et les transformer en habitudes.
- ✓ Ne pas laisser l'eau couler inutilement (robinets, boyaux, douches oculaires, fontaines réfrigérées. etc.).
- ✓ Porter 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 bouteille) et là où il est pertinent d'utiliser de l'eau en petit volume et à haute pression (buses)
- ✓ Repérer les boyaux et faire en sorte que ceux ayant le plus petit diamètre nécessaire sont utilisés. Doter les boyaux de soupapes d'arrêt automatique (lances d'arrosage) où cela est approprié.
- ✓ S'assurer 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.).
- ✓ Réparer les fuites (soupapes, colliers de serrage des boyaux, etc.).
- ✓ Isoler les tuyaux d'eau chaude et d'eau froide ainsi que les réservoirs de stockage ou en améliorer l'isolation pour réduire la charge de refroidissement sur les refroidisseurs et la charge de chauffage sur les appareils de chauffage.
- ✓ Optimiser les rotors de pompes ou les remplacer afin de s'assurer que la pointe de service est dans la zone optimale sur la courbe de rendement de la pompe.
- ✓ Procéder à des inspections à intervalles réguliers des pompes et à leur entretien, afin de dépister rapidement les signes de défaillance.
- ✓ Vérifier et ajuster s'il y a lieu de façon appropriée les pointes de réglage du chauffage de l'eau.

- ✓ Diviser le système d'eau chaude en fonction des exigences thermiques diverses de façon à réduire les manœuvres abusives. Installer un système où des chaudières à eau chaude distinctes alimentent des charges ayant des températures correspondantes, de façon que la plus haute température ne dicte pas toutes les charges.
- ✓ Réduire au minimum les débordements d'eau, en particulier d'eau chaude.
- ✓ Revoir le fonctionnement de la laveuse de bouteilles.
- ✓ S'assurer que le pasteurisateur fonctionne dans un mode d'équilibre thermique.
- ✓ Réutiliser 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;
 - le rinçage final du lavage interne des barillets;
 - l'eau du dernier rinçage de la laveuse de bouteilles pour le pré-rinçage et le prétrempage des bouteilles.
- ✓ Réutiliser l'eau d'arrosage désodorisante de la cheminée des bouilloires.
- ✓ Récupérer l'eau de refroidissement non contaminée pour la réutiliser.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Installer 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.
- ✓ Remplacer les vieilles chaudières à eau chaude par des unités à rendement élevé (environ 95 % grâce à la récupération de chaleur de condensation).
- ✓ Installer des cuves de rétention appropriées pour satisfaire les besoins d'un système de réutilisation de l'eau. Réutiliser un vieux réservoir dans la brasserie ou acheter des réservoirs neufs ou d'occasion en acier inoxydable ou en plastique renforcé.
- ✓ Installer des robinets à fermeture automatique retardée dans les lavabos des toilettes.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Poser des compteurs d'eau dans les différentes zones d'opérations pour contrôler la consommation de façon permanente. Se servir des données pour repérer les zones, les équipements et les équipes qui gaspillent l'eau, corriger les lacunes et fixer des objectifs de consommation de plus en plus ambitieux. Intégrer la gestion de l'eau au système contrôlé par ordinateur de gestion de l'ensemble des services publics utilisés par la brasserie.

- ✓ Installer des systèmes de récupération et de réutilisation d'eau partout dans la brasserie.

2.10 EAUX USÉES

Dans une brasserie, quelle que soit l'efficacité du contrôle de l'utilisation de l'eau, de grandes quantités d'eau continuent d'en être évacuées. 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. Pour cette raison, les stations d'épuration des eaux des municipalités les voient d'un bon œil. Les trésoriers municipaux aussi parce que ces eaux usées leur donnent l'occasion de percevoir des redevances importantes en raison de la charge élevée de demande biochimique sur cinq jours (DBO_5) 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 DBO_5 . Les coûts associés aux eaux usées comprennent, selon l'endroit, 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 au DBO_5 – généralement si son DBO_5 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, le DBO_5 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. Depuis peu, 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 et forcent les entreprises à observer les règlements. Une grande entreprise 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 CO_2 , 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. Un 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 de pollution plus rigoureuses, peuvent être contaminés par 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 avec de nombreuses autorités. Des procédures doivent être adoptées pour empêcher la contamination des collecteurs pluviaux.

Une brasserie peut économiser beaucoup d'argent en améliorant la qualité de ses effluents, but 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 produits de récupération vendables;
- La réduction du coût d'utilisation d'agents correcteurs de pH.

Pour une grande brasserie, les économies peuvent atteindre des sommes allant de plusieurs centaines de dollars jusqu'à des millions de dollars. Chaque brasserie aurait intérêt à faire un examen consciencieux de la situation.

Les améliorations de la gestion des produits en cours de fabrication réduiront les pertes de bière dans la brasserie, ces pertes totalisant en général 2 à 5 % de la production totale de bière, voire plus. 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.

Une brasserie qui a sa propre station d'épuration des eaux usées (c'est le cas pour deux brasseries au Canada) utilise d'énormes quantités d'électricité. Ailleurs, les économies d'énergie sont liées à la réduction du volume des effluents et à la correction de la charge de DBO₅ plutôt qu'à sa diminution, et sont relativement mineures. 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. Certains effluents de brasserie ont, grosso modo, le DBO/5 suivant :

- Liquides denses de levure résiduelle : 160 000 mg/L de DBO₅
- Bière à haute densité : plus de 120 000 mg/L de DBO₅
- Bière (selon le pourcentage d'alcool) : 50 000 à 100 000 mg/L de DBO₅
- Trouble : 45 000 mg/L de DBO₅



CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Enlever le trouble de moût chaud avec la quantité minimale d'eau à forte pression et l'éliminer en la mélangeant avec la drêche.
- ✓ Éviter les fuites de l'eau de brassage de la drêche en provenance des cuves de rétention.
- ✓ Explorer les possibilités de se départir, de façon rentable ou moins dispendieuse, de la levure résiduelle et des rejets de bière.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Modifier l'équipement ou les méthodes de production de façon à empêcher la contamination des effluents. On peut, par exemple, recueillir tous les rejets de bière pour les évacuer hors du site, en réutilisant 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, et enfin en recueillant la levure résiduelle ainsi que les terres à diatomées usées, etc.
- ✓ Désactiver la levure résiduelle recueillie à l'aide de vapeur et la mélanger à la drêche avant de la jeter, plutôt que de l'évacuer par l'égout.
- ✓ Utiliser les biogaz provenant d'une installation anaérobie comme appoint aux sources énergétiques de la brasserie.
- ✓ Négocier avec les autorités appropriées la possibilité de déverser certains effluents non contaminés, tels que 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.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Installer ou convertir l'équipement de correction de pH afin qu'il puisse utiliser du CO₂ ou des gaz de combustion.
- ✓ Réexaminer, si la brasserie exploite une station d'épuration des eaux usées, le rendement énergétique des transferts d'oxygène au mélange de liqueur, apporter des améliorations à l'équipement, ajuster le taux d'aération pour convenir à la charge et à la température ambiante, prendre en considération les appels de puissance, éviter l'utilisation d'air comprimé à haute pression et réexaminer le rendement énergétique des moteurs et des entraînements électriques. au besoin.

2.11 REMISE EN PRODUCTION, REJET ET MISE AU REBUT

Le déchet est tout ce qui dépasse le minimum absolu de matières premières, de fournitures, d'énergie et de travail nécessaires à la fabrication d'un produit.

Les produits traités, rejetés ou mis au rebut représentent un gaspillage énorme de travail, de matières premières et d'énergie qui est rarement quantifié dans une brasserie typique. Plus souvent qu'autrement, 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, tel un système s'inspirant des normes internationales ISO 9001/2 portant sur la gestion de la qualité et sur la norme de gestion environnementale ISO 14001, 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, voici des exemples de gaspillage d'énergie qui ont une incidence sur la motivation des employés

Problème	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 CO ₂ en dehors des spécifications)	Purge avec du CO ₂ ou mélange (retour à l'entrepasae 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 uffisamment 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;

- 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.

CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Mettre en place un système de gestion en désignant des personnes responsables de surveiller et de quantifier à intervalles réguliers les pertes subies pendant une période donnée, rapporter ces pertes et empêcher ou limiter leur répétition.
- ✓ Informer tous les employés des coûts et des répercussions de la production de piètre qualité. Demander leurs suggestions et s'assurer de leur participation pour la mise en œuvre de mesures correctives et préventives.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Mettre en place un système de gestion de qualité, selon les normes ISO 9001/2, ou un système de gestion environnementale, selon la norme ISO 14001, ou les deux, pour assurer la qualité de la production et le respect des questions environnementales.

2.12 TRAITEMENT DES SOUS-PRODUITS

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.



CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Récolter la levure résiduelle et la drêche en s'assurant qu'elles contiennent un minimum d'humidité.
- ✓ Revoir le contrat existant.
- ✓ Chercher des façons plus rentables de se défaire des sous-produits.
- ✓ Envisager le compostage, notamment pour la terre à diatomées et les bières non distillables.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Récupérer le trouble et l'ajouter à la drêche.
- ✓ Recueillir la bière qui ne répond pas aux normes de qualité, s'en défaire en dehors du site ou la vendre.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Installer ou améliorer 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.).
- ✓ Distiller l'alcool de la bière qui ne répond pas aux normes de qualité et le vendre; évaporer la vinasse de distillerie grâce à des évaporateurs sous vide à multiples effets et ajouter à la drêche.

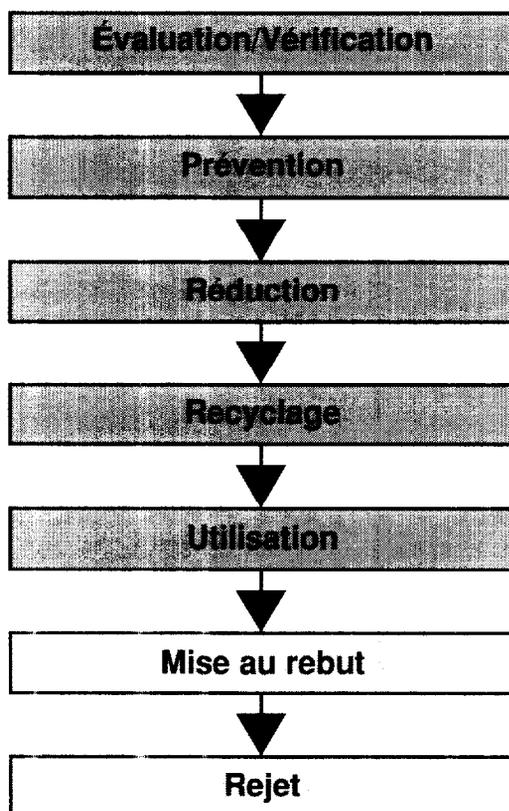
2.13 DÉCHETS SOLIDES

Aujourd'hui, au Canada, la mise au rebut sans discernement n'est plus acceptable. Il convient de viser la réduction des déchets, en mettant l'accent sur leur réduction à la source, leur réutilisation et leur recyclage. La mise au rebut de déchets solides ne devrait se produire qu'en dernier recours.

La plus grande partie de l'énergie liée aux déchets solides des brasseries est utilisée en dehors de ces établissements. Pourtant, les déchets solides se prêtent à des mesures d'efficacité énergétique, principalement pour les déchets inutiles (mauvaise utilisation des ressources de production), la collecte et l'entreposage de ces déchets (combustibles ou électricité servant au transport et au chauffage des locaux d'entreposage, si les déchets sont entreposés à l'intérieur) et leur évacuation (carburant pour le transport)

Une brasserie devrait réduire à la fois la masse et le volume des déchets solides destinés à l'enfouissement sanitaire, parce que cela est une question de bon sens économique et environnemental. La stratégie de gestion des déchets devrait donner lieu à une évaluation des étapes décrites dans l'ordinogramme suivant et à l'application de ces étapes pour chacune des catégories de déchets. Cette démarche permettra de réduire le nombre de cas où l'on adopte des solutions de dernier recours, que ce soit la mise au rebut ou le rejet :

Stratégie de gestion des déchets



Habituellement, les entreprises qui s'occupent de l'enlèvement des déchets facturent la brasserie pour le ramassage par camion Dumpster et pour les redevances relatives à la masse (poids) perçues par le site d'enfouissement. Le bénéfice attribuable à la réduction des déchets est facile à quantifier et à extrapoler chaque année.

La gestion des déchets solides illustrée par les « trois R », à savoir Réduire, Réutiliser et Recycler, peut réduire la quantité de déchets solides envoyés au site d'enfouissement. Diviser les catégories de déchets comme suit :

- Éléments réutilisables :
 - gants de travail;
 - tabliers, combinaisons de travail en fibre synthétique;
 - accessoires de maintenance récupérables.

- Éléments vendables :
 - verre brisé non contaminé (verre de récupération);
 - sangles de polyester utilisées pour l'attache des lots sur les palettes;
 - boîtes de capsules;
 - carton en vrac ou déchiqueté (sauf les boîtes comprimées de vidange en retour);
 - vieux morceaux d'acier, d'acier inoxydable, de cuivre ou de laiton;
 - aluminium provenant des canettes déchiquetées.

- Déchets divers

Il est possible de se défaire sans coût des catégories de déchets qui ne peuvent être vendues, ce qui évite leur envoi au site d'enfouissement. Voir les « Conseils » à cet égard.

Les déchets solides normalement transportés vers les sites d'enfouissement contiennent au moins 50 % de vides d'air. Un compacteur de déchets solides aide à réduire les vides à environ 10 %, ce qui représente une réduction correspondante du volume de déchets et de coûts connexes de 40 %.

La réduction de la masse et du volume des déchets destinés au site d'enfouissement se traduira par des économies supplémentaires dues à la réduction du nombre de bennes Dumpster louées à l'entreprise responsable de l'enlèvement des déchets. Les coûts relatifs à l'enfouissement ne représenteront plus qu'une fraction de ce qu'ils étaient avant la mise en œuvre du programme de gestion.

CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Procéder à une analyse précise de la nature des déchets solides dans toute la brasserie ou demander à l'entreprise responsable de l'enlèvement des déchets de la faire; analyser les résultats; tirer des conclusions et mettre en pratique les décisions découlant de ces conclusions.
- ✓ Revoir l'actuel contrat d'enlèvement des déchets, le comparer à ce que d'autres concurrents pourraient offrir.
- ✓ Créer une équipe de volontaires ou mettre en œuvre un programme de gestion des déchets solides visant à mettre en pratique les trois « R ».
- ✓ Explorer les débouchés pour les catégories vendables de déchets solides.
- ✓ Prévoir un programme de nettoyage des gants de travail usagés ainsi que d'autres accessoires de protection récupérables qui sont habituellement jetés.
- ✓ Donner les palettes de bois brisées non réparables aux employés qui désiraient s'en servir comme bois de foyer.
- ✓ Donner les boîtes de capsules non vendues.
- ✓ Donner le verre de récupération contaminé à une entreprise de construction de routes qui pourra s'en servir comme couche d'assise pour l'assiette des routes.
- ✓ Donner les déchets de cuisine et les déchets compostables ou donner un contrat à une entreprise spécialisée dans le recyclage de ces déchets.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Installer des contenants dans toute la brasserie destinés à la collecte des différentes catégories de déchets.

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Installer un compacteur de déchets.

2.14 CHAUFFAGE, VENTILATION ET CLIMATISATION

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.

⇒ **CONSEILS :**

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Faire le tour des équipements de CVC de la brasserie. Vérifier si la température dans les lieux de travail est appropriée et l'ajuster au besoin.
- ✓ Réexaminer l'état de l'équipement de CVC, notamment les louvres, les vannes de régulation et les régulateurs de température, et apporter les correctifs nécessaires.
- ✓ Abaisser la température de chauffage dans les aires d'entreposage le plus possible.
- ✓ Installer des minuteries programmables sur les thermostats réglant le chauffage des locaux en dehors des heures de travail. Faire en sorte que les employés non autorisés ne puissent pas les manipuler.
- ✓ Utiliser des ventilateurs déstratificateurs de plafond dans les zones à plafonds hauts.
- ✓ S'assurer que les portes extérieures sont fermées.
- ✓ Arrêter les ventilateurs d'arrivée et d'évacuation en dehors des heures de travail
- ✓ Vérifier si la ventilation est appropriée. Utiliser la ventilation minimale acceptable. Chercher 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.
- ✓ Réduire le niveau des gaz de combustion expulsés. Fermer les événements en toiture par temps frais ou pendant les saisons froides pour réduire les pertes de chaleur. S'assurer que le clapet fonctionne correctement.
- ✓ Installer des stores ou une pellicule de déflexion de la chaleur sur les fenêtres exposées au soleil.
- ✓ Nettoyer ou changer fréquemment les filtres d'aspiration d'air.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Installer 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.
- ✓ Réduire les infiltrations indésirables d'air extérieur dans la brasserie (sceller les fissures, réparer ou remplacer les portes, lier l'ouverture des portes du quai de chargement à l'activité de chargement, etc.).

Coûts d'immobilisations (nouvel équipement requis; période de récupération de l'investissement de trois ans et plus) :

- ✓ Vérifier l'isolant thermique de l'enveloppe du bâtiment, en particulier celui du toit, pour voir s'il est approprié; corriger au besoin.
- ✓ Avoir recours à un isolant réfléchissant ou peindre les toits plats en blanc au-dessus des aires réfrigérées
- ✓ Évaluer la pertinence d'installer les nouveaux modèles de systèmes de ventilation et de récupération de chaleur régénérative sur le toit.

2.15 ÉCLAIRAGE

Du côté de l'éclairage, le premier pas vers la réduction de l'énergie consiste à en faire une inspection partout dans la brasserie dans le but d'évaluer l'équipement, les habitudes d'utilisation et leur conformité. L'investissement dans l'achat d'un lecteur de lux, appareil qui mesure les niveaux d'éclairage en lumens par m², sera rapidement rentabilisé.

CONSEILS :

Peu ou pas de frais (période de récupération de l'investissement de six mois et moins) :

- ✓ Inculquer aux employés de bonnes méthodes d'entretien; encourager la modification des mauvaises habitudes entraînant le gaspillage; encourager les employés à éteindre les lampes quand elles n'ont pas à être allumées.
- ✓ Vérifier le niveau d'éclairage dans tous les locaux de la brasserie pour s'assurer qu'il est approprié et éliminer tous les niveaux d'éclairage excessifs (p. ex., dans les couloirs, les aires de stockage). Investir dans un lecteur de lux, dont le coût d'achat sera rapidement amorti.
- ✓ Enlever les lampes dans les endroits trop éclairés. De plus, enlever 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.
- ✓ Réduire si possible les heures d'éclairage.
- ✓ Instituer un programme courant de nettoyage des lampes qui maintiendra le rendement lumineux et diminuera les besoins d'éclairage. Vérifier l'état du protecteur de tube fluorescent, son jaunissement ainsi que la poussière accumulée.
- ✓ Laver les puits de lumière, le cas échéant.

- ✓ Opter pour des types d'éclairage qui consomment peu d'énergie et qui ont un rendement énergétique élevé au moment d'installer un nouvel éclairage.
- ✓ Utiliser des commutateurs de détection de présence dans le magasin, les caves et les bureaux, endroits où un opérateur n'est pas toujours présent et où cela est faisable, afin de réduire la consommation d'énergie. Réduire l'utilisation de lumière dans les zones refroidies.
- ✓ Utiliser un système programmable ou actionné par cellule photoélectrique pour l'éclairage extérieur général. Réduire le niveau d'éclairage au seuil de sécurité minimal. Poser des commutateurs de détection de présence sur l'éclairage de sécurité extérieur.

Coût moyen (améliorations éconergétiques requises de l'équipement ou des bâtiments; période de récupération de l'investissement de trois ans et moins) :

- ✓ Remplacer tous les tubes fluorescents ordinaires par des tubes à haut rendement énergétique.
- ✓ Remplacer l'éclairage existant par des lampes éconergétiques et des lampes à décharge chaque fois que cela est possible. Dans les locaux à plafonds hauts, remplacer les tubes fluorescents et les lampes à vapeur de mercure par des lampes aux halogénures ou au sodium.
- ✓ Remplacer 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.
- ✓ Réduire le niveau d'éclairage général au minimum et fournir de l'éclairage dans les aires de travail, au besoin.

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

Il existe d'autres possibilités d'amélioration du rendement énergétique en plus de celles qui ont été présentées dans le présent guide. Toujours soucieuse de la qualité de son produit, la direction de la brasserie voudra peut-être réfléchir aux éléments suivants.

Brassage

- Le traitement de la bière à haute densité dans toutes les étapes de production qui consomment beaucoup d'énergie réduit la consommation d'énergie spécifique générale. Ce faisant, la brasserie réalise de plus une augmentation de sa capacité de production par une meilleure utilisation des cuves et de l'équipement de production.

- La mise en marche graduelle des robinets d'admission de vapeur sur la chaudière à cuisson du moût module l'appel de puissance sur la chaudière. Le contrôle de l'utilisation de la vapeur pour l'ébullition du moût par le contrôle du débit de vapeur, à l'aide de contrôleurs programmables et d'applications sur ordinateurs personnels, évite les pertes d'énergie.
- La vérification du taux d'évaporation peut montrer que l'évaporation excède de beaucoup le minimum approprié, généralement fixé par les chercheurs dans le domaine du brassage entre 6 et 8 %, ce qui occasionne des pertes d'énergie et d'eau.
- Les contrôles par référence au volume, plutôt que par référence au temps, sur les rinçages en giclée et les flux de nettoyage en circuit fermé réduisent le volume d'eau utilisé.
- La réduction du temps d'ébullition (tout en atteignant le taux d'évaporation requis) se traduit par une diminution correspondante de l'utilisation d'énergie.
- La récupération de chaleur élevée à partir de la vapeur de la chaudière en utilisant soit des condenseurs de buées à arrosage ou des échangeurs de chaleur à spirale ou à plateaux offre des possibilités d'économies d'énergie importantes. Toutefois, le bilan de la consommation d'eau chaude de la brasserie doit être établi au préalable afin de déterminer le meilleur usage à faire de cette eau chaude récupérée. À l'aide d'un ordinateur personnel ou d'un contrôleur programmable, il est possible d'obtenir une récupération optimale de la chaleur ainsi que les meilleurs stockages et utilisations. Parmi les avantages de cette méthode, citons les économies d'énergie, les économies d'utilisation et de coûts d'eau ainsi que les économies de redevances d'effluents. La récupération de chaleur dans la salle de brassage est souvent le point de départ d'une utilisation plus efficace de l'énergie dans toute la brasserie.
- La chaleur récupérée de la bouilloire peut servir à préparer l'eau chaude ou à réchauffer le moût avant de le faire bouillir, ou être utilisée; elle peut aussi servir à faire bouillir le moût à l'aide d'éjecteurs à vapeur ou de compresseurs mécaniques.
- Idéalement, le système de chauffage de l'eau de la brasserie fonctionne surtout à partir de la chaleur récupérée, et non grâce au chauffage à la vapeur ou à l'électricité. Pour un fonctionnement optimal, il faudrait faire le bilan complet de la brasserie. L'utilisation d'eau chaude récupérée pour des fonctions telles que le nettoyage en circuit fermé, le lavage des bouteilles et la stérilisation devrait être étudiée. La contenance des réservoirs de stockage d'eau chaude devrait être calculée avec soin pour éviter les dépassements de capacité et les déversements dans les égouts.

- Le fait de garder les zones réfrigérées aussi sèches que possible (en évitant l'arrosage des surfaces au jet d'eau) réduit de façon importante la charge de réfrigération.
- L'amélioration du nettoyage en circuit fermé, la réduction et la réutilisation de l'eau de rinçage ainsi que la réduction des températures des solutions nettoyantes se traduisent par des économies d'énergie et d'eau.
- L'utilisation d'un ventilateur soufflant à basse pression au lieu d'air comprimé à haute pression pour faire passer la drêche peut s'avérer plus économique.

Conditionnement

- Isoler avec une épaisseur d'isolant économique les laveuses de bouteilles et les pasteurisateurs, ainsi que les conduites de vapeur et d'eau, les soupapes, les siphons et le système de condensat liés à leur fonctionnement. Des économies majeures de consommation de vapeur et d'eau s'ensuivront. Elles s'accompagneront de plus d'une diminution de la charge sur le CVC dans le cellier de conditionnement et d'une amélioration de la qualité du milieu de travail.
- Le système de circulation d'eau régénératif (multiple) d'un pasteurisateur requiert un équilibrage optimal. Utiliser une tour de refroidissement pour le conditionnement de l'eau de refroidissement produit d'autres économies d'eau et d'énergie.
- Les injections directes de vapeur pour le chauffage de l'eau dans les pasteurisateurs et les laveuses se traduisent par des pertes de condensat.
- La chaleur provenant des laveuses de bouteilles et du pasteurisateur de bouteilles et de canettes peut être récupérée.
- L'eau des laveuses et des pasteurisateurs peut être recyclée.
- L'eau des pompes à vide des soutireuses ainsi que l'eau de refroidissement des pompes hydrauliques des presses à balles peut être recyclée.
- Revoir les exigences relatives à la pasteurisation qui sont spécifiques aux brasseries afin de déterminer le nombre d'unités de pasteurisation minimales de sécurité (PU). Cette révision peut mener à une réduction des unités de pasteurisation inutilement élevées et à des économies d'énergie.
- Installer un système de récupération de chaleur en provenance de la laveuse des barillets pour obtenir une économie de 40 % de l'énergie utilisée pour laver les barillets, et récupérer 85 % de la chaleur requise pour chauffer l'eau d'arrivée.

- Utiliser un ventilateur soufflant à basse pression, au lieu de compresseurs d'air, pour permettre la pressurisation du réservoir pendant le vidage sans avoir à utiliser du CO₂ et sans perturbation de la couverture protectrice de CO₂ au-dessus de la bière.
- Optimiser la section de rinçage dans la laveuse de bouteilles; vérifier l'étalonnage et le positionnement des gicleurs, et rattacher le fonctionnement de la section de rinçage à celui de la laveuse pour éviter les gaspillages d'eau.
- Optimiser les opérations de conditionnement afin d'atteindre la meilleure efficacité possible sur la chaîne de conditionnement. L'efficacité de la chaîne influe grandement sur la consommation d'énergie. Une production inefficace se traduit par une consommation spécifique plus élevée en raison des pertes occasionnées par l'inactivité de la chaîne. De plus, une efficacité accrue peut se traduire par un moins grand nombre de quarts de travail requis pour conditionner le même volume de bière.
- Les convoyeurs qui fonctionnent sans chargement gaspillent de l'énergie électrique, des lubrifiants et de l'eau, contribuent à accélérer l'usure et augmentent l'appel de puissance.
- Éviter l'utilisation de flexibles d'eau pour remplacer les balais dans les endroits où un balai et une pelle peuvent très bien faire le travail, par exemple pour nettoyer des matières solides répandues, comme de la drêche ou des débris de verre autour des soutireuses.

2.17 AUTRES ASPECTS DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS UNE BRASSERIE

Entretien

L'entretien approprié et effectué en temps opportun a un effet déterminant sur l'efficacité de l'exploitation d'une brasserie. Par contre, le manque d'entretien peut entraîner le gaspillage d'une grande quantité d'énergie, d'eau et d'autres sources d'énergie, ainsi qu'une baisse de la productivité de l'usine.

Assurez-vous que chaque compteur installé est équipé d'un dispositif de télémessure, dispositif requis pendant la mise en œuvre d'un système efficace de gestion de l'énergie et des services publics.

Les lubrifiants synthétiques gardent une viscosité constante relative quand ils sont soumis à des températures dont la gamme est relativement étendue. Ils lubrifient mieux, résistent davantage à l'oxydation et durent plus longtemps que les lubrifi-

ants à base de pétrole. L'expérience a montré que des économies de 10 à 20 % de l'énergie en général consommée par les moteurs électriques, les boîtes de vitesses et autres appareils pouvaient être réalisées grâce à l'utilisation de lubrifiants synthétiques. Ces économies, combinées à une diminution de la fréquence des vidanges d'huile et aux économies de matières et de main-d'œuvre qui en découlent, expliquent pourquoi ces lubrifiants sont adoptés par de nombreuses brasseries, notamment pour l'entretien des compresseurs d'air et des gros moteurs électriques. Toutefois, il est recommandé de demander l'avis des constructeurs ou d'un expert avant d'opter pour une quelconque lubrification, afin de s'assurer que le lubrifiant synthétique en question est compatible avec le fluide frigorigène utilisé et les joints d'étanchéité de la machine, etc.

Moteurs électriques

L'utilisation de trop gros moteurs est largement répandue. Le choix de la taille du moteur est souvent dicté par la capacité de ce dernier à faire face aux charges de pointe et aux augmentations de production, et à protéger la brasserie des risques de défaillances pendant les étapes essentielles de fabrication. Cependant, les moteurs trop gros tournent toujours en dessous de leur charge. Un moteur devrait tourner entre 75 et 100 % de sa charge. En dessous de ce seuil, son rendement est considérablement amoindri. Un tel ralentissement peut entraîner une chute du facteur de puissance de l'ensemble de la brasserie sous la limite permise (p. ex., à 90 %) et, par conséquent, des pénalités pour faible facteur de puissance.

Le rendement minimal d'un moteur à rendement élevé de 1 HP est atteint lorsque ce moteur tourne à 80 %. Ce seuil passe à 93 % pour un moteur de 100 HP et à 95 % pour un moteur de 500 HP.

Les brasseries devraient avoir une politique de remplacement en temps opportun des vieux moteurs par des moteurs neufs, mieux conçus et à rendement plus élevé.

Les changements technologiques relatifs aux moteurs linéaires, aux télécommandes par variation de fréquence transistorisées en c.a., et aux courroies de réglage ou aux courroies plates pour remplacer des courroies trapézoïdales permettent d'accroître le rendement énergétique.

Le travail effectué à la brasserie Suntory Co.'s Masushino au Japon a fait l'objet d'une publication du Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET). Cette étude portait sur les économies atteignables grâce à l'installation de convertisseurs continus-alternatifs à vitesse et à fréquence variables sur les moteurs à induction. Ce type d'équipement est utilisé pour diverses tâches, notamment pour le pompage.

2.18 POTENTIEL DE RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE DES TECHNOLOGIES EN USAGE DANS LES NOUVELLES BRASSERIES

Voici une liste de technologies et d'idées, récentes ou toutes nouvelles, auxquelles il est possible de faire appel quand il importe d'améliorer le rendement énergétique d'une brasserie.

Systèmes experts de contrôle informatisé

Un système expert informatisé se sert des connaissances d'un spécialiste – habituellement un être humain –, pour exécuter des tâches de résolution de problèmes telles que 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 et, par conséquent, 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. Cette option devrait être envisagée avant le départ à la retraite des personnes-ressources précieuses et expérimentées au service de la brasserie.

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

Les contrôleurs programmables peuvent dorénavant être remplacés 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™, PCflow™ et PCprocess™. Leur application à certaines unités de production et équipements tels que les chaudières, la réfrigération et le conditionnement peut générer des économies d'énergie supplémentaires dans les brasseries.

Cogénération

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. Compte tenu de la déréglementation de l'approvisionnement en électricité au Canada, d'autres brasseries pourraient aussi envisager de faire d'importants investissements nécessaires à cet égard.

Recompression mécanique de la vapeur (RMV)

La recompression mécanique de la vapeur (RMV) est une méthode de brassage éprouvée sur le plan de l'efficacité énergétique utilisée partout dans le monde. Cette méthode permet 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 des ajouts à forte intensité 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 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.

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 telles que celles de la vapeur saturée, de la vapeur surchauffée ou de la combustion directe des gaz. Elles visent à remplacer les inefficaces procédés traditionnels de séchage sur cylindre (levure) ou de séchage à feu direct (drêche) utilisés par quelques brasseries nord-américaines.

Optimisation de la production de la bière en fût et de la distribution en vrac par camions-citernes

Il serait souhaitable que plusieurs changements à la réglementation en ce qui a trait à la distribution de la bière au Canada soient adoptés, afin d'autoriser la livraison de la bière en vrac auprès des établissements détenant un permis de vente

d'alcool. Ce mode de distribution est très répandu partout ailleurs. Les brasseries qui fabriquent de la bière en fût (non pasteurisée par réchauffement) ont la plus faible consommation d'énergie spécifique, soit 90 MJ/hL, par comparaison à la consommation nord-américaine standard, qui se situe entre 260 et 300 MJ/hL.

De plus, la distribution directe de la bière par camions-citernes (à compartiments) auprès de clients importants (pubs, restaurants, hôtels, arénas, stades, etc.) qui ont installé un système de citerne approprié à ce mode de distribution permet de réaliser d'autres économies substantielles. Citons, par exemple, un meilleur rapport entre le volume de la bière et la surface active du conteneur de bière, qui a pour conséquence de réduire la consommation de produits de nettoyage, d'énergie et d'eau.

Dans un monde où les ressources naturelles ne cessent de diminuer tandis que la demande d'énergie augmente, ces aspects relatifs à la production et à la distribution de la bière en fût ne devraient pas être négligés.

Distillation sous vide

La distillation à basse température du gaz carbonique en permet la récupération à l'état pur à partir des eaux de collecte particulièrement polluées par l'air. Comparé aux procédés et aux installations de collecte classiques bien gérés, ce procédé double pratiquement le rendement de la collecte et permet des économies importantes d'énergie et de matières premières auxiliaires.

3.0 MISE EN ŒUVRE DES POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DU RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

La mise en place d'un système efficace de gestion de l'énergie et de l'eau constitue un préalable essentiel si l'on veut mettre en œuvre des mesures visant à améliorer le rendement énergétique. L'expérience démontre que la mise en place d'un système de gestion de l'énergie et des services publics peut se traduire par des économies initiales de l'ordre de 5 à 15 %. La plupart des avantages que présente ce système sont attribuables à l'établissement de contrôles (comptage) de la consommation et de méthodes d'entretien appropriées, sans qu'il soit nécessaire d'apporter des modifications au matériel de traitement. Plusieurs ouvrages ont été consacrés aux différentes approches concernant l'amélioration de la gestion de l'énergie et de l'efficacité énergétique, par exemple, *Learning from Experiences with Energy Management in Industry*, publié par CADDET.

Les avantages liés à la baisse de la consommation de l'énergie et de l'utilisation des services publics sont, entre autres, les suivants :

- l'amélioration de la rentabilité;
- l'atténuation des conséquences sur l'environnement (pertes, effluents, émissions, déchets solides);
- un milieu de travail amélioré pour les employés;
- l'image rehaussée des brasseries qui sont en droit de se présenter comme défenseurs de l'environnement au sein de leur collectivité.

La mise en œuvre d'un programme d'amélioration du rendement énergétique pré suppose que la haute direction accorde son soutien à l'élaboration et à l'adoption d'une directive en matière d'énergie. L'infrastructure organisationnelle mise en place doit comprendre les éléments suivants :

- la désignation d'un responsable compétent;
- la formation d'une équipe de volontaires issus de divers services;
- un soutien suffisant offert par la direction (indemnités accordées pour les réunions, recherche de solutions, collecte de données, accès aux enregistrements et aux données, établissement d'un budget, soutien des divers services, etc.);
- une entente sur la façon dont l'équipe conduira ses activités (p. ex., présidence en rotation, procès-verbaux, résolution de différends, fréquence des réunions, organisation du travail);
- la définition du mandat (objectifs, portée, champ de compétence, calendrier des activités, fréquence des rapports).

D'un point de vue pratique, la première partie du programme d'amélioration de l'efficacité énergétique comporte ces trois étapes essentielles : l'évaluation des coûts unitaires relatifs à l'énergie et aux services publics; la préparation d'une liste des équipements énergivores; le relevé des possibilités d'économie d'énergie dans les procédés de la brasserie et l'évaluation de ces économies.

Les travaux subséquents peuvent être structurés de la façon suivante :

- 1) Établissement des bases de référence : effectuer des vérifications de la consommation d'énergie et de services publics.
- 2) Planification de la mise en œuvre :
 - établissement d'objectifs;
 - établissement de critères d'exactitude;
 - choix d'équipement de mesure et de comptage (fixe et portatif);
 - établissement de bilans matières (vapeur, eau, gaz carbonique, etc.);
 - choix des différentes méthodes de calcul requises;
 - choix d'outils nécessaires pour la documentation et les calculs;
 - désignation des membres de l'équipe de vérification et de personnes détentrices de connaissances et de compétences spécialisées;
 - évaluation du nombre d'heures-personnes requises et établissement du calendrier;
 - collecte, analyse et justification des résultats des données;
 - examen et production de statistiques de consommation spécifiques;
 - analyse comparative par rapport aux chefs de file de l'industrie.
- 3) Repérage et choix des projets :
 - collecte d'idées;
 - regroupement des projets par type (électricité, chaleur, air comprimé, réfrigération, etc.);
 - concentration sur les projets les plus rentables ou les plus urgents (les évaluer objectivement, par exemple utiliser l'analyse de Pareto et chiffrer les projets);
 - mise au point d'un plan d'action.
- 4) Réalisation du projet.
- 5) Vérification des résultats.
- 6) Communication des résultats à la direction et à tous les employés.
- 7) Célébration de la réussite du projet.

- 8) Examen, confirmation ou rajustement des pratiques et des procédés nouvellement mis en place.
- 9) Recommencement du cycle.

Il est toujours préférable d'agir par étape et de respecter l'ordre des choses. Ne prenez pas le risque de devoir faire face à des échecs dès le début du programme ! Pour instaurer un climat de confiance et d'enthousiasme au sein de l'équipe, commencez prudemment et sélectionnez d'abord les projets simples, facilement réalisables à court terme et qui auront un impact bien tangible, avant d'essayer de résoudre des questions plus complexes.

Insistez sur le rôle de l'équipe. Faites connaître le plan d'action adopté. Initiez les autres employés et motivez-les à participer au projet. Faites en sorte que chacun ait un sentiment d'appartenance au programme. Fêtez la réussite... cela est contagieux !

4.0 INTÉGRATION DE LA GESTION DE L'ÉNERGIE ET DES SERVICES PUBLICS À DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE GESTION

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 d'exploitation et des produits et vers l'instauration, au sein de l'entreprise, d'un comportement responsable en matière d'environnement. Se reporter à l'avant-projet général pour la mise en œuvre d'un programme de possibilités d'amélioration du rendement énergétique à la section 3.0.

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 n'ont pas reçu un soutien suffisant, partent à la dérive et sont abandonnés. Les employés leur trouvent souvent un « p'tit arrière-goût ». Le découragement des employés peut être évité si un programme visant l'amélioration du rendement énergétique fait partie intégrante de la stratégie générale d'amélioration. Un programme d'amélioration du rendement énergétique peut tirer parti de synergies provenant d'autres programmes, envisagés ou déjà en place, notamment des programmes suivants :

- système des points de contrôle critiques pour l'analyse des dangers (HACCP);
- système de gestion de la qualité (SGQ), norme internationale ISO 9001/2;
- système de gestion de l'environnement (SGE), norme internationale ISO 14001;
- gestion de la qualité totale (GQT);
- amélioration continue (AC).

Tous ces programmes ont un objectif commun : l'amélioration de la qualité au sens le plus large du mot. Leur approche systématique, structurée et réfléchie leur confère toute leur valeur. Des milliers d'ouvrages et d'articles ont été rédigés sur ces systèmes dont voici une brève description.

4.1 SYSTÈME DES 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 élim-

iné. 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.

La brasserie Courage Brewery, au Royaume-Uni, a recours à une double évaluation du risque qu'elle effectue 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. Comme pour tout autre système à haut rendement, la mise en application du programme HACCP requiert une documentation complète et une excellente communication. Ce système permet de franchir une étape supplémentaire vers le programme Gestion de la qualité totale (GQT).

Le programme HACCP permet d'améliorer l'exploitation de l'usine et d'accroître le rendement du matériel tout en assurant une meilleure qualité des éléments microbiologiques.

À titre d'outil de gestion de la qualité, le programme HACCP est conforme à la norme ISO 9001/2. Là où des systèmes ISO plus généraux ou universels n'ont pas encore été implantés, le programme HACCP constitue un système de gestion de la qualité à part entière. ISO et HACCP n'ont pas à être utilisés distinctement.

L'Association des brasseurs du Canada met au point actuellement un programme HACCP général destiné aux brasseurs.

4.2 ISO 9001/2

Dans les dix ans qui ont suivi son introduction en 1987, au moins 200 000 organisations dans le monde ont été certifiées conformes à l'une des séries de normes ISO 9000. Depuis le printemps 1998, presque 5 000 entreprises canadiennes et plus de 17 000 entreprises américaines ont été certifiées ISO. Le processus de certification est fondé sur une vérification rigoureuse et vise à certifier qu'une organisation a réussi à mettre en œuvre un système de gestion de la qualité conforme à la norme ISO 9001/2. Actuellement, on recense 16 organismes de certification au Canada.

La norme ISO 9001/2 reflète, tout comme la norme ISO 14001, les quatre commandements du fameux gourou de la qualité, le docteur Deming : « Planifier, mettre en pratique, vérifier et agir en vue d'une amélioration constante ». L'évaluation quantitative des avantages de l'application des normes ISO dans la mise au point d'un système de qualité approprié peut se résumer ainsi :

- 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;
- l'augmentation de la part de marché.

4.3 ISO 14001

L'adoption d'un système de gestion de l'environnement (SGE) conforme à la norme ISO 14001 permet d'améliorer constamment la performance environnementale. La spécification de la norme se fonde sur le concept voulant que l'organisation revoie et évalue à intervalles réguliers son système SGE afin de cerner les possibilités d'amélioration.

Même si certaines améliorations de la performance environnementale sont prévisibles sous le régime de l'approche systématique associée à la norme, le système SGE est avant tout un outil qui permet à l'organisation d'atteindre et de surveiller systématiquement le niveau de performance qu'elle établit. L'organisation dispose d'assez de latitude et de souplesse pour fixer les limites de son propre système SGE. Celui-ci devrait lui permettre d'accomplir ce qui suit :

- élaborer une politique environnementale appropriée à l'organisation;
- relever les caractéristiques environnementales des activités, des produits ou des services anciens, actuels ou futurs, et déterminer leurs impacts principaux sur l'environnement;
- relever les exigences des lois et règlements applicables;
- établir des priorités et objectifs environnementaux appropriés;
- mettre en place des structures et programmes afin de mettre en œuvre une politique permettant l'atteinte des objectifs fixés;
- contribuer à la planification, au contrôle, à la surveillance, à la prise de mesures correctives, à la vérification et au suivi des activités afin de s'assurer de la conformité à la politique et de la pertinence du système SGE;
- être en mesure de s'adapter à l'évolution de la conjoncture.

Tous ces critères sont également applicables aux projets d'amélioration du rendement énergétique.

Les auteurs invitent les responsables des organisations qui n'envisagent pas d'implanter le système SGE à se poser les questions suivantes :

- 1) Sommes-nous convaincus du fait que notre système actuel de gestion environnementale, en supposant que nous en ayons un, nous procure une défense s'appuyant sur la « diligence raisonnable » advenant le cas où notre entreprise contreviendrait à une loi environnementale ?
- 2) Connaissons-nous le coût des incidences environnementales de nos activités (mise au rebut, remise en fabrication, présence d'émissions et d'effluents et déchets solides) sur la rentabilité de notre entreprise ?
- 3) Nos clients, y compris nos clients à l'exportation, pourraient-ils exiger des preuves que notre entreprise a implanté un système SGE, ou qu'elle offre des produits écologiques ?
- 4) Et :
 - a) Un système SGE tel qu'ISO 14001 offre-t-il à notre entreprise un avantage sur le plan marketing ?
 - b) Notre banque ou notre compagnie d'assurance nous accorde-t-elle un traitement préférentiel si notre entreprise a implanté un système SGE, ou nous pénalise-t-elle dans le cas contraire ?
 - c) Un système SGE efficace augmente-t-il les bénéfices de notre entreprise ?

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 :

- 1) Uniformité du système de gestion :
 - efficacité;
 - élimination ou réduction des doublons;
 - proactivité, prévisibilité, cohérence, souplesse, compréhension.
- 2) Formation :
 - efficacité et efficacité;
 - diminution des incompatibilités en matière de formation;
 - approche multidisciplinaire;
 - programme tout en un.
- 3) Ressources :
 - 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 :
 - confiance accrue grâce aux organismes de réglementation;
 - démonstration tangible de l'engagement.

- 5) Économies de coûts en ce qui a trait aux éléments suivants :
- matériaux et main-d'oeuvre;
 - énergie;
 - produits en cours de fabrication, produits finis;
 - déchets;
 - dettes éventuelles;
 - relations publiques et achalandage.

Un nombre croissant d'entreprises qui reconnaissent les avantages mentionnés ci-dessus optent pour une approche intégrée.

5.0 ANNEXES

5.1 GLOSSAIRE

Aérobic	Conditions caractérisées par la présence de l'air (oxygène).
Anaérobic d'oxygène	Conditions caractérisées par l'absence
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.
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.
Demande biochimique d'oxygène (DBO)	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.

Demande chimique en oxygène (DCO)	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 % de la DCO.
Eau d'appoint	Eau ajoutée à la chaudière pour pallier les pertes de condensat.
Économiseur	Échangeur de chaleur qui récupère l'énergie du gaz de combustion.
Émission Empâtage	Pollution au point de rejet. 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).
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.
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 compagnies 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.
Lavage de la drêche	Lavage de l'extrait restant dans la drêche en l'arrosant d'eau dans la cuve de filtration.

Maturation	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.
Pouvoir calorifique inférieur (PCI)	Énergie libérée lors de la combustion de la masse de l'unité d'un combustible lorsque le gaz de combustion n'est pas condensé.
Pouvoir calorifique supérieur (PCS)	Énergie libérée lors de la combustion de la masse de l'unité du combustible lorsque le gaz de combustion qui reste est condensé.
Puissance maximale appelée	Niveau de puissance électrique le plus élevé atteint pendant une période établie, p. ex. 30 minutes. Une compagnie 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.
Température de saturation	Température à laquelle l'eau s'évapore et à laquelle la vapeur se condense, à une certaine pression.
Température du 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.
Solides en suspension	Solides pouvant être séparés par filtration à travers une membrane.
Système de gestion de l'environnement (SGE)	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.

Vapeur d'eau saturante	Vapeur ou eau à leur température de saturation.
Vapeur surchauffée	Vapeur à une température supérieure à la température de saturation.

5.2 UNITÉS D'ÉNERGIE ET FACTEURS DE CONVERSION

Unités SI de base	
Longueur	mètre (m)
Masse	gramme (g)
Temps	seconde (s)
Température	Kelvin (K)

Multiples		Fractions	
10 ¹	déca (da)	10 ⁻¹	déci (d)
10 ²	hecto (H)	10 ⁻²	centi (c)
10 ³	kilo (K)	10 ⁻³	milli (m)
10 ⁶	méga (M)	10 ⁻⁶	micro (&)
10 ⁹	giga (G)	10 ⁻⁹	nano (n)
10 ¹²	téra (T)		
10 ¹⁵	péta (P)		

Unités SI dérivées		
Volume	hectolitre (hL) mètre cube (m³)	(100 L) (1 000 L)
Masse	kilogramme (kg) tonne (t)	(1 000 g) (1 000 kg)
Chaleur	quantité de chaleur, de travail, d'énergie flux thermique puissance flux thermique coefficient K conductivité thermique	joule (J) watt (W) watt/m ² watt/m ² K W/mK
Pression	Pascal (Pa)	

Facteurs de conversion		
Multiplier	par	Pour obtenir
Longueur		
mètre	3,2808399	pieds
mètre	39,370079	pouces
Masse		
kg	2,2046226	livres
tonne (t)	0,9842206	tonnes (anglaises)
tonne (t)	1,10233113	tonnes (américaines)
Volume		
L	0,219975	gallons (impériaux)
L	0,264179	gallons (bière américaine)
L	0,0088	barils (bière canadienne)
L	0,0085	barils (bière américaine)
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 K, 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

Facteurs de conversion		
Multiplier	par	Pour obtenir
Valeur calorifique (base masse) KJ/kg	0,4299	Btu/lb
Valeur calorifique (base volume) MJ/m ³	26,84	Btu/pi ³
Pression bar	14,50	lbf/10 ² (psi)
bar	100	Kpa
bar	0,9869	Atmosphère type
mm Hg (mercure)	133,332	Pa
pi d'eau	2,98898	Kpa
Volume massique m ³ /kg	16,02	pi ³ /lb
Vitesse m/s	3,281	pi/s

Valeurs d'usage		
Unité	égale	ou égale
1 calorie	100 000 Btu	29,31 kWh
1 pi ³ de gaz naturel	1 000 Btu	0,2931 kWh
1 gallon US huile n° 2	140 000 Btu	41,03 kWh
1 gallon imp. huile n° 2	168 130 Btu	49,27 kWh
1 gallon US huile n° 4	144 000 Btu	42,20 kWh
1 gallon imp. huile n° 4	172 930 Btu	50,68 kWh
1 gallon US huile n° 6	152 000 Btu	44,55 kWh
1 gallon imp. huile n° 6	182 540 Btu	53,50 kWh
1 puiss. évaporatrice	33 480 Btu/h	9,812 kW
1 puiss. mécanique	2 545 Btu/h	0,7459 kW
1 tonne de réfrigération	12 000 Btu/h	3,5172 kW
1 baril de bière anglais	1,6366 hL	
1 baril de bière canadien	1,1365 hL	
1 baril de bière américain	1,1735 hL	

Au Canada, la valeur d'un Btu (60,5 °F) = 1,054615 kJ a été adoptée dans les industries gazière et pétrolière. L'ISO accepte la valeur 1,0545 kJ.

Unités de température les plus utilisées : Celsius (**C**), Fahrenheit (**F**)

$$0\text{ °C} = 273,15\text{ °K} = 32\text{ °F} \quad 1\text{ °F} = 5/9\text{ °C} \quad 1\text{ °C} = 1\text{ °K}$$

$$\text{Température Fahrenheit} = 1,8 (\text{température Celsius}) + 32$$

Note : Utiliser le terme « centigrade » à la place 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.

5.3 BIBLIOGRAPHIE ET OUVRAGES RECOMMANDÉS

- Boiler Operations*, P. Chattopadhyay, McGraw-Hill, New York, 1995.
- Energy Manager's Handbook*, G.A. Payne, Westbury, Guildford, 1980.
- Beer Packaging* – publié par Master Brewers Association of the Americas, 1988.
- Practical Experience with a Novel Method of Treatment of Brewery Wastewaters*, T. Lom, Compte rendu du 18^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1981.
- The Artois Wastewater Treatment System*, D. Eyben et coll., Compte rendu du 20^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1985.
- An Energy Providing Anaerobic Wastewater Treatment System*, P. Pipyn et coll., Compte rendu du 19^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1983.
- Brewing Economics and Technical Management*, P. Christoffersen, Compte rendu du 22^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1989.
- Crossflow Filtration of Beer*, J. Kiefer, Compte rendu du 23^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1991.
- Mass and Thermodynamic Balances of Beer Production*, W.J. Kloepper, J.R. Roels, Compte rendu du 19^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1983.
- Energy Conservation in the Brewery*, A.E. Wright, Cass Lecture Series, automne 1978, *Brewers' Guardian*, Royaume-Uni.
- Energy Utilization in Breweries*, R.W. Gordon, Compte rendu du 18^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1981.
- Practical Achievements in Energy Saving (in a Brewery)*, F. Bjerring Jørgensen, Compte rendu du 18^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1981.
- Need for Conservation of Energy*, S. Pensel, Compte rendu du 18^e congrès de la Convention des brasseurs européens, 1981.
- Guide du gestionnaire sur la sensibilisation à l'efficacité énergétique*. Programme d'efficacité et d'énergie de remplacement, Ressources naturelles Canada.
- Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique*, Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC), Ressources naturelles Canada.
- Répertoire des produits et services sur l'efficacité énergétique*, Programme canadien de formation en gestion de l'énergie et en protection de l'environnement (CEMET), Ressources naturelles Canada, 1994.
- Learning from Experiences with Energy Management in Industry*, C. Caffall, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET), 1995.
- Energy Analysis of 108 Industrial Processes (Includes Brewing)*, H.L. Brown et coll., Drexel University (publié par The Fairmont Press Inc.).
- Low NOx Technology Assessment and Cost/benefit Analysis*, Federal Industrial Boiler Program, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, 1994.

Maunder Britnell Inc. *1993 Report on Energy Efficiency R&D Opportunities in the Food and Beverage Sector for Natural Resources Canada* (# EA9710-8-1).

Guides de référence sur la connaissance des produits et traitant des sujets suivants : qualité de l'énergie; mécanismes d'entraînement à vitesse variable; moteurs; technologie des membranes; pompes; réfrigération; etc.; brochures et guides sur divers thèmes publiés par Ontario Hydro.

Guides to Energy Management, BC Hydro.

Études de cas à l'échelle internationale sur les industries alimentaire et brassicole, préparées par le Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET), 1994, notamment sur les sujets suivants :

- R028 Récupération de la chaleur des vapeurs
- R149 Système de récupération de la chaleur par réfrigération
- R077 Équipement de réserve pour une chaudière à vapeur
- R135 Système de bassin de réserve à glace pour le refroidissement des procédés industriels
- R029 Récupération de la chaleur de l'air d'évacuation
- R045 Combinaison de la chaleur et de l'énergie des générateurs de réserve
- R048 Économies d'énergie générées par l'utilisation de systèmes de récupération de la chaleur
- R125 Circuit fermé de condensat de vapeur
- R183 Moteurs à rendement élevé pour les ventilateurs et les pompes
- R014 Utilisation de l'énergie dans les stations de traitement des eaux usées
- R016 Pompe thermique utilisant les eaux usées comme source de chaleur

Reducing Energy Cost by Steam Metering, Good Practice Guide No. 18, Energy Efficiency Office, Department of the Environment, Royaume-Uni, 1991.

Energy Efficient Operation of Industrial Boiler Plant, Good Practice Guide No. 30, Energy Efficiency Office, Department of the Environment, Royaume-Uni, 1992.

Guide to the Selection & Installation of Compressed Air Services, British Compressed Air Society, 1992.

Normes ISO :

- ISO 1217 : 1986 Compresseurs volumétriques – Essais de réception
- ISO 5388 : 1981 Compresseurs d'air fixe – Règles de sécurité
- ISO 7183 : 1986 Sécheurs à air comprimé – Spécifications et essais
- ISO 4126 : 1981 Soupapes de sûreté, partie 1 – Prescriptions générales
- ISO 8573-1 : 1991 Air comprimé pour usage général, partie 1 – Polluants et classes de qualité

Conservation of Water and Reduction of Effluent; The Joint User/Maker Committee, The Institute of Brewing, Royaume-Uni, 1989.

Water Conservation and Economy, Technical Circular No. 187, The Brewers' Society, Royaume-Uni, 1990.

Brauwelt Brevier (en allemand), manuels portant sur les pratiques brassicoles exemplaires, publiés tous les ans, Carl Hans Verlag, Nürnberg, Allemagne.

Sites Internet – quelques adresses utiles :

- Ressources naturelles Canada, page d'accueil de l'Office de l'efficacité énergétique : <http://oee.rncan.gc.ca>
- Technologie gazière Canada : www.gtc.ca
- Programme Défi-climat du Canada, Mesures volontaires et Registre : www.vcr-mvr.ca
- Netherlands Energy Research Foundation (ECN) : www.ecn.nl/eii/main.html
- Comité canadien des électrotechnologies : www.cce.qc.ca
- Brewing literature publishing house (en anglais et en allemand) Carl Hans Verlag, Nürnberg, Allemagne : redaktion@brauwelt.de
- Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET) : www.caddet-ee.org
- Office of Industrial Productivity and Energy Assessment (États-Unis) : oipea-www.rutger.edu
- Institute of Brewing, Londres, Royaume-Unis, éditeurs de *Ferment* and *Journal of Institute of Breweing* : enquiries@iob.org.uk

Revue de l'industrie brassicole :

- *Brauwelt* (en allemand) Verlag Hans Carl, Postfach 990153, 90411 Nürnberg, Allemagne.
- *The Brewer*, Brewers Guild Publications Ltd. 8 Ely Place, Holborn, London, EC1N 6SD, Royaume-Uni.
- *Brewers Guardian*, Hampton Publishing Ltd., 97 Station Road, Hampton, Middlesex TW12 2BD, Royaume-Uni.
- *Brewing and Distilling International*, 52 Glenhouse Road, Eltham, London SE9 1JQ, Royaume-Uni.
- *Technical Quarterly MBAA*, 211 21N Mayfair Road, Suite 310, Wauwatosa, Wisconsin 53226, États-Unis.
- *Ferment*, The Institute of Brewing, 33 Clarges Street, London, W1Y 8EE, Royaume-Uni.
- *Brewers Digest*, Siebel Institute of Technology, 4049 W. Peterson Ave., Chicago, Illinois 60646, États-Unis.
- *The New Brewer – The Magazine for Micro- and Pubbrewers*, The Institute for Brewing Studies, Boulder, Colorado 80306-1679, États-Unis.

5.4 PROGRAMME FÉDÉRAL CANADIEN D'ASSISTANCE À L'EMPLOI « À LA SOURCE/ON-SITE »

Pendant la mise en œuvre des améliorations des méthodes de fabrication, le manque de ressources financières et humaines est l'obstacle le plus fréquent auquel font face les entreprises. Le secteur brassicole ne fait pas exception. Le programme fédéral canadien À LA SOURCE/ON-SITE, parrainé par l'Association des fabricants et exportateurs canadiens, est un partenariat entre l'industrie et l'État qui :

- permet aux professionnels en chômage de s'enrichir d'une expérience de travail;
- aide les employeurs à relever les défis caractéristiques des années 1990 en matière d'environnement, d'énergie et de gestion de la qualité.

Le programme À LA SOURCE/ON-SITE offre une aide à faible coût aux organisations qui en ont besoin pour des projets techniques et qui, d'autre part, n'ont pas les moyens d'embaucher une personne pour effectuer le travail. Le programme À LA SOURCE/ON-SITE permet aux professionnels qualifiés en chômage de participer à divers types de projets, notamment sur :

- la réduction des déchets solides;
- la réduction et la gestion des déchets solides;
- la gestion de l'énergie;
- la santé et la sécurité du travail;
- la qualité et la gestion de l'environnement.

Le programme À LA SOURCE/ON-SITE offre du travail aux professionnels, mais sans rémunération. Tout en travaillant, ces derniers continuent à percevoir les prestations d'assurance-emploi et ont accès à de la formation et à du soutien technique. Au terme du programme, qui dure en général six mois, l'employeur peut embaucher la personne, mais n'est pas obligé de le faire. Les employeurs qui participent au programme doivent verser la somme de 100 \$ par semaine au travailleur afin d'assumer une partie des coûts du programme, pris en charge à la fois par le parrain et par l'assurance-emploi, en vertu de la section 25 de son Programme de création d'emplois.

Le programme À LA SOURCE/ON-SITE constitue une solution gagnante pour les raisons suivantes :

- Les stagiaires mettent leurs compétences à la disposition de l'employeur et contribuent à la mise en œuvre du projet tout en assimilant de nouvelles connaissances dans le cadre d'un emploi non rémunéré.

- Les employeurs font effectuer du travail à un coût moindre et sans avoir à augmenter leur personnel; ils obtiennent des informations et des connaissances utiles de la part de professionnels et ont la possibilité d'évaluer sans risques leur travail en prévision d'une embauche éventuelle.

Les brasseries intéressées par ce programme sont priées de communiquer avec le bureau de À LA SOURCE/ON-SITE le plus proche.

5.5 ADRESSES UTILES

Services publics d'électricité

Alberta Power Limited

Market Development
C.P. 2426
Edmonton (Alberta) T5J 2V6
Tél. : (403) 420-7644

British Columbia Hydro

Energy Management Division
1177, rue Hornby, bureau 900
Vancouver (Colombie-Britannique)
V6Z 2E9
Tél. : (604) 663-3286

Edmonton Power

Customer Services
Century Place
9803 - 102A Avenue
Edmonton (Alberta) T5J 3A3
Tél. : (403) 448-3020

Hydro-Québec

Efficacité énergétique
1010, rue Sainte-Catherine Ouest
C.P. 6162
Montréal (Québec) H3C 4S7
Tél. : (514) 392-8164

Manitoba Hydro

Energy Management
C.P. 815
Winnipeg (Manitoba) R3C 2P4
Tél. : (204) 474-3341

Maritime Electric Co. Ltd.

Customer Services
C.P. 1328
Charlottetown (Î.-P.-É.) C1A 7N2
Tél. : (902) 566-1599

Newfoundland Power

Energy Management
C.P. 8910
St. John's (Terre-Neuve) A1B 3P6
Tél. : (709) 737-2854

Nova Scotia Power

Corporate Programs
C.P. 910
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2W5
Tél. : (902) 428-6455

Ontario Hydro

Energy Services and Environment
700, avenue University (H19-A20)
Toronto (Ontario) M5G 1X6
Tél. : (416) 592-3321

SaskPower

Energy Management Services
2025, avenue Victoria
Regina (Saskatchewan) S4P 0S1
Tél. : (306) 566-2914

TransAlta Utilities

Energy Efficiency Programs
C.P. 1900
Calgary (Alberta) T2P 2M1
Tél. : (403) 267-7345

West Kootenay Power

PowerSmart
1260 Commercial Way
Trail (Colombie-Britannique) V2A 3H5
Tél. : (604) 493-3818

Société d'Énergie du Nouveau-Brunswick
Conservation et gestion de l'énergie
C.P. 2000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 4X1
Tél. : (506) 458-3196

Newfoundland and Labrador Hydro
Economic Analysis
C.P. 12400
St. John's (Terre-Neuve) A1B 4K7
Tél. : (709) 737-1354

Winnipeg Hydro
Service à la clientèle
223, avenue James
Winnipeg (Manitoba) R3B 3L1
Tél. : (204) 986-2214

Services de gaz naturel

BC Gas Utility Inc.
Senior Product Engineer, Industrial
1111, rue West Georgia, 6^e étage
Vancouver (Colombie-Britannique)
V6E 4M4
Tél. : (604) 443-6772

Canadian Western Natural Gas
Industrial Marketing
11, avenue South West, bureau 909
Calgary (Alberta) T2R 1L8
Tél. : (403) 245-7740

Centra Gas Ontario Inc.
Ingénieur principal
200, boulevard Yorkland
North York (Ontario) M2J 5C6
Tél. : (416) 496-5221

Centra Gas Manitoba
Ingénieur principal
444, avenue St. Mary, bureau 510
Winnipeg (Manitoba) R3C 3T7
Tél. : (204) 934-3227

Gaz Métropolitain inc.
Directeur du développement et de l'assistance technologique
1717, rue Du Havre
Montréal (Québec) H2K 2X3
Tél. : (514) 598-3461

SaskEnergy
Manager, Energy Management
1945, rue Hamilton, 11^e étage
Regina (Saskatchewan) S4P 2C7
Tél. : (304) 777-9368

The Consumers' Gas Company Ltd.
Directeur, Marketing industriel et commercial
2235, avenue rue Sheppard Est
10^e étage
North York (Ontario) M2J 5B5
Tél. : (416) 496-5315

Union Gas Ltd.
Director of Development and Technology
50, promenade Kiel Nord
Chatham (Ontario) N7M 5M1
Tél. : (519) 436-4671

Organismes gouvernementaux et autres services

Ressources naturelles Canada
Division des programmes des
secteurs industriel, commercial et
institutionnel
Office de l'efficacité énergétique
580, rue Booth, 18^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 995-3065

Alberta Department of Energy
Petroleum Plaza, North Tower
9945, 108^e Rue
Edmonton (Alberta) T5K 2G6
Télé. : (403) 427-7737

**Ministère de l'Énergie et des Mines
du Manitoba**
330, avenue Graham, bureau 555
Winnipeg (Manitoba) R3C 4E3

**Newfoundland Department of Mines
and Energy**
C.P. 8700
St. John's (Terre-Neuve) A1B 4J6

**Ministère de l'Environnement et de
l'Énergie de l'Ontario**
135, avenue St. Clair Ouest
Toronto (Ontario) M4V 1P5
Tél. : (416) 323-4321

**Ministère des Ressources
naturelles du Québec**
5770, 4^e avenue Ouest
Charlesbourg (Québec) G1H 6R1
Tél. : (418) 646-5700

**Programme d'économie d'énergie
dans l'industrie canadienne (PEEIC)**
Secrétariat
Ressources naturelles Canada
Office de l'efficacité énergétique
580, rue Booth, 18^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 995-3065

**British Columbia Ministry of
Energy, Mines and Petroleum
Resources**
Energy Resources Division
617, rue Government, 4^e étage
Victoria (C.-B.) V8V 1X4
Tél. : (604) 387-5178

**Ministère des Ressources
naturelles et de l'Énergie du
Nouveau-Brunswick**
C.P. 6000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5H1

**Nova Scotia Department of Natural
Resources**
Founders' Square, 2^e étage
1701, rue Hollis
C.P. 698
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2T9
Tél. : (902) 424-5935

**Prince Edward Island Department of
Energy and Forestry**
Jones Building, 3^e étage
11, rue Kent
C.P. 2000
Charlottetown (Î.-P.-É.) C1A 7N8
Tél. : (902) 368-4070

**Saskatchewan Department of
Energy and Mines**
1914, rue Hamilton
Regina (Saskatchewan) S4P 4V4
Tél. : (306) 787-2526

Brewers and Licensed Retailers Association (anciennement The Brewers' Society)
42 Portman Square
London W1H 0BB
Royaume-Uni
Tél. : 71-486-4831
Télec. : 71-935-3991

**Energy Efficiency Office
Department of the Environment**
Black Horse Road
London SE99 6TT
Royaume-Uni

CSA - Association canadienne de normalisation
(Distributeur autorisé de normes ISO, émetteur/vendeur de normes canadiennes industrielles et relatives à l'énergie)
178, boulevard Rexdale
Toronto (Ontario) M9W 1R3
Tél. : (416) 747-4000

ON-SITE / À LA SOURCE
a/s d'Energy Pathways Inc.
251, avenue Laurier Ouest
Bureau 500
Ottawa (Ontario) K1P 5J6

Formation Énergie Ontario
Conseiller en formation
College Seneca, Newmarket Campus
16775, rue Yonge
Newmarket (Ontario) L3Y 8J4
Tél. : (905) 727-8577 ou
1-800-572-0712

5.6 EXEMPLES DE MESURES PERMETTANT LA RÉDUCTION DES COÛTS DANS CERTAINES UNITÉS D'UNE BRASSERIE

Faute de place, seuls les calculs simples et courants figurent dans les exemples ci-dessous.

Étude de cas n° 1 : 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 passe 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 : poser un clapet obturateur ou recycler l'eau dans une petite tour de refroidissement, ou les deux solutions à la fois.

Pour ce qui est du clapet obturateur, une petite ouverture conçue pour garantir le débit minimal requis acceptable par le fabricant a été ménagée 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 a permis de rejeter la chaleur récupérée par l'eau de refroidissement et son recyclage.

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

$$É = L \times H \times CC$$

É = économies, \$/a
L = AD - ND, exprimé en m³
H = utilisation annuelle du compresseur en heures, h/a
CC = coût de la consommation d'eau, \$/m³

La période de récupération de la simple installation du clapet obturateur est 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 est de 1,2 an.

Étude de cas n° 2 : Abaissement 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 a permis d'abaisser la pression de l'air de sortie du compresseur à 655 kPa (95 psi). La puissance utile a ainsi été réduite de 7,5 %.

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 :

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

ÉC	=	économies prévues pour le compresseur, \$/a
HP	=	puissance maximale du compresseur (soit 60 HP)
η	=	rendement du moteur électrique entraînant le compresseur, en pourcentage
S	=	réduction prévue des HP (soit 7,5 %)
H	=	nombre d'heures 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

La période de récupération sur des économies de 480 \$ par an a été immédiate.

Étude de cas n° 3 : 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 :

$$m = 1915.2 \times k \times S \times P \times (T + 460)^{-0.5}$$

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 :

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

É	=	économies réalisées, \$/a
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/a
CP	=	charge partielle estimée (par exemple 0,6)
CC	=	coût de la consommation électrique, \$/kWh

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 n° 4 : Réorientation de l'arrivée d'air pour utiliser l'air extérieur

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

La réorientation de l'arrivée d'air vers l'extérieur, du côté nord du bâtiment, permet d'aspirer de l'air plus frais, et donc plus dense. Le compresseur travaille moins pour obtenir une augmentation de la pression donnée, car la réduction du volume d'air requise est moins élevée. Les économies d'énergie réalisées s'élèvent à 7,1 %.

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, °F
- TE = température moyenne annuelle extérieure, °F

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, \$/a
- 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

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.

Étude de cas n° 5 : 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, engendre des économies annuelles de 5 140 \$.

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 % des seuls tubes qui fonctionnent à l'année ne produirait des économies annuelles qu'après un délai de six 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, la sixième année.

Étude de cas n° 6 : 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 % de son rendement. Un récupérateur de chaleur de haute qualité pouvait récupérer 60 % 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 :

$$É = ÉC \times (1 - \eta) \times ÉR$$

É	=	économies réalisées, \$/a
ÉC	=	énergie consommée, cal./a
η	=	rendement de la chaudière, en pourcentage
ÉR	=	énergie récupérée par le récupérateur, en pourcentage

Le coût d'installation du récupérateur était de 19 980 \$ et la période de récupération est de 3,4 ans.

Cependant, la période de récupération pourrait être réduite de façon importante si l'on devait accroître la durée d'utilisation et le nombre de quarts pour augmenter la production.

Étude de cas n° 7 : 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 n° 6 produit 6,2 % d'oxygène dans le gaz de combustion et s'effectue à une température de 204 °C. Pour une exploitation optimale de la chaudière, l'excès d'oxygène ne devrait pas excéder 2 %, soit l'équivalent de 10 % d'excès d'air, ce qui dans le cas de cette chaudière, permettrait de réaliser des économies de combustible de 3 %.

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 de gaz carbonique 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 d'échappement de 750 \$, la période de récupération est de 8,2 mois.

Étude de cas n° 8 : 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 %, ou de 92 % 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 % le rendement des courroies trapézoïdales, et de 6 % celui des courroies d'entraînement à couple élevé. De plus, les courroies dentées durent environ deux fois plus longtemps que les courroies trapézoïdales standard.

Les calculs s'effectuent selon la formule :

$$\begin{aligned}PS &= (HP : \eta) \times FC \times S \\ÉÉ &= PS \times H\end{aligned}$$

PS	=	réduction prévue de la puissance électrique, kW
ÉÉ	=	économies d'énergie prévues, kWh/a
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 % pour les courroies dentées, 6 % pour les courroies à couple élevé)

Si l'on utilise la somme du coût de l'énergie et des frais de puissance appelée de l'étude de cas n° 6, les résultats sont les suivants : 16 moteurs totalisant 152,5 HP tournant 8 heures par jour, 5 jours par semaine, 52 semaines sur 52 générerait 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 n° 9 : 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 % et le facteur de charge moyen de 75 %; l'utilisation de lubrifiants synthétiques par une seule équipe amènerait une diminution de 10 % des pertes de charge. En utilisant les tarifs de consommation et le total des frais de puissance appelée de l'étude de cas n° 5, 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/a
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 com-

pense pour le coût d'achat. Le seul coût auquel il faudra faire face est celui d'un spécialiste en lubrification. Dans l'hypothèse où le coût est de 800 \$, la période de récupération est de 9 mois.

Étude de cas n° 10 : Mise en pratique du contrôle de la puissance appelée

En imputant aux clients des pénalités mensuelles pour la puissance maximale appelée, les compagnies 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 compagnies d'électricité, sont importants. Les compagnies 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 pointe 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 graduel de la chaîne de conditionnement et d'emballage le matin, et de l'utilisation synchronisée du matériel énergivore pendant les périodes hors pointe.

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 %. Quel que soit le cas, l'installation d'un indicateur de maximum avec sortie sur imprimante (ou récepteur de télémessure) est un outil indispensable pour réguler l'appel de puissance de pointe.

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 :

$$VP = \{(N \times f \times \Delta T) + (N \times Tr)\} : T$$

VP	=	variation de l'appel de puissance, kW
N	=	taille du moteur, kW
η	=	augmentation du courant pendant la mise en marche (par exemple 6 fois)
ΔT	=	période pendant laquelle le courant est débité (par exemple 1,5 minute)
T	=	période pendant laquelle les compagnies d'électricité évaluent l'appel de puissance, en minutes
Tr	=	emps qui reste pendant la période d'évaluation (T – ΔT)

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 $VP - N$.

La somme de ces économies se calcule selon la formule :

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

\acute{E}	=	économies mensuelles, \$/a
R	=	réduction moyenne de l'appel de puissance, en pourcentage
DC	=	frais d'appel de puissance de pointe, \$
AM	=	appel de puissance moyen

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 pointe s'élèvent à 13,60 \$/kW, en prenant pour hypothèse que l'appel de puissance de pointe puisse être réduit de 15 % 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.

Étude de cas n° 11 : Arrêt des moteurs non utilisés

Une vérification du service de conditionnement et d'emballage 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 plus perfectionné.

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

$$\begin{aligned} \text{ÉE} &= \{(\text{HP} \times \text{FC}) : \eta\} \times \text{H} \times \text{AC} \\ \text{CS} &= \text{ES} \times \text{CÉ} \end{aligned}$$

ÉE	=	économies d'énergie réalisées, kWh/a
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 %)
CÉ	=	coût de la consommation d'électricité, \$/kWh

Étude de cas n° 12 : 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 est utilisée pour l'empâtage, comme eau d'appoint dans la laveuse, et de plus, comme eau chaude de réserve pour les installations de nettoyage en circuit fermé de la brasserie.

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 n° 13 : 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.

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.

Étude de cas n° 14 : Importance de l'entretien

Fuite de vapeur : 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, à faible consommation, de 580 hL à 1 000 hL de bière.

Isolation insuffisante : L'isolation d'à peine 1 m d'un tuyau de vapeur de 89 m 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.

Étude de cas n° 15 : 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 en 1991) a produit des économies qui ont permis à la brasserie de récupérer l'investissement en huit mois, pendant l'étape de formation.

La réduction de 29,5 % de la consommation d'électricité s'est traduite par des économies. Les divers modules du système contrôlent les mesures et les données principales, calculent le coefficient de performance (COP), analysent les défauts et 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, compte tenu des températures ambiantes.

Étude de cas n° 16 : Convertisseur 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, ce qui représente une économie de 709 mWh. La période de récupération a été d'environ 1,9 an.

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 n° 17 : Récupération de l'énergie de l'air d'évacuation

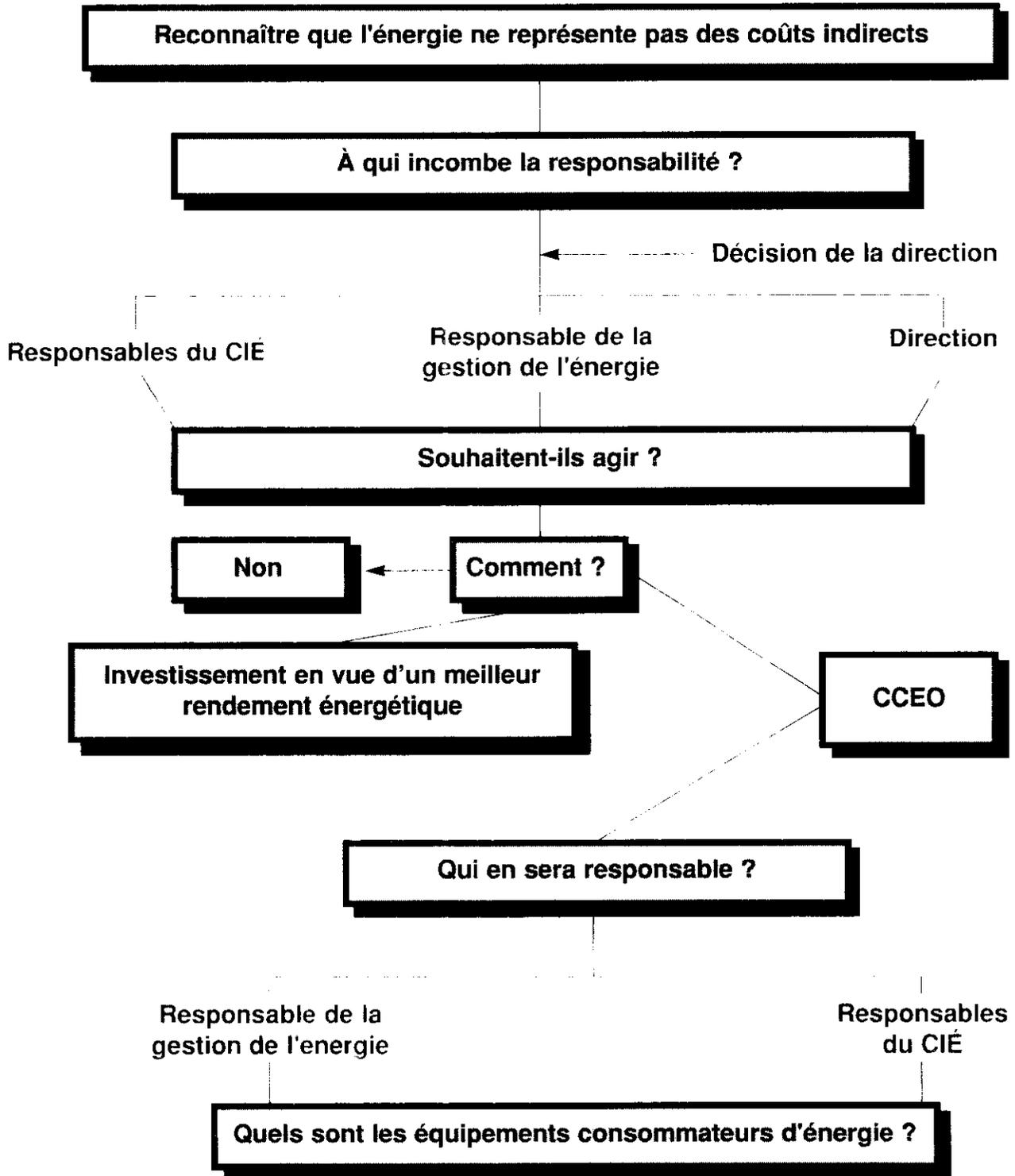
Une brasserie canadienne dans la région de l'Atlantique a installé une thermopompe pour récupérer l'eau chaude en prévision de l'alimentation des chaudières et du brassage. Le système regroupe quatre composants principaux : le condenseur d'ammoniac, le réchauffeur d'eau, la thermopompe et les réservoirs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

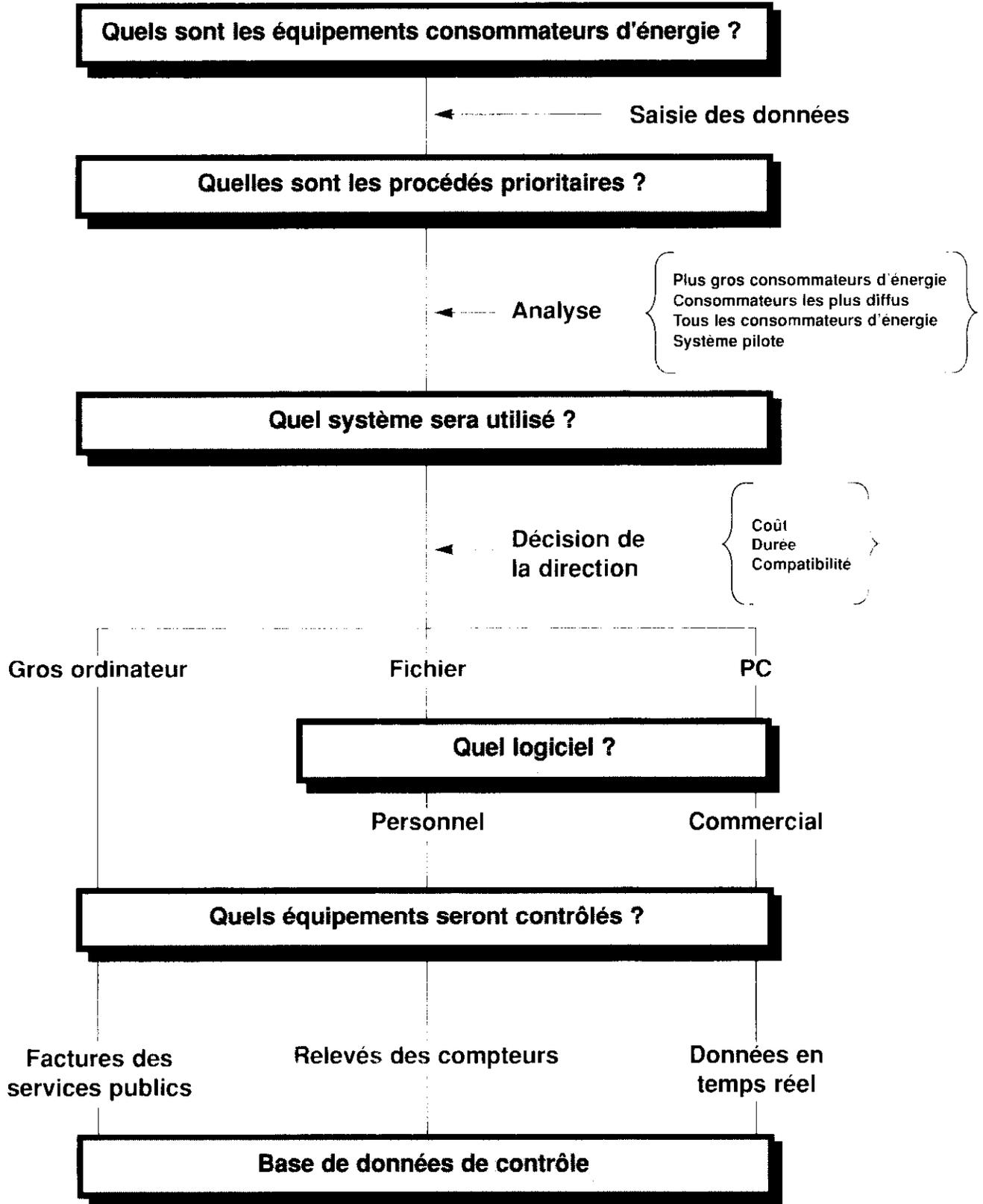
La récupération de la chaleur à peu de frais réduit la consommation de combustible de 40 000 \$ à 50 000 \$ par an.

5.7 GUIDE DE MISE EN ŒUVRE DU CONTRÔLE CONTINU ET DE L'ÉTABLISSEMENT DES OBJECTIFS

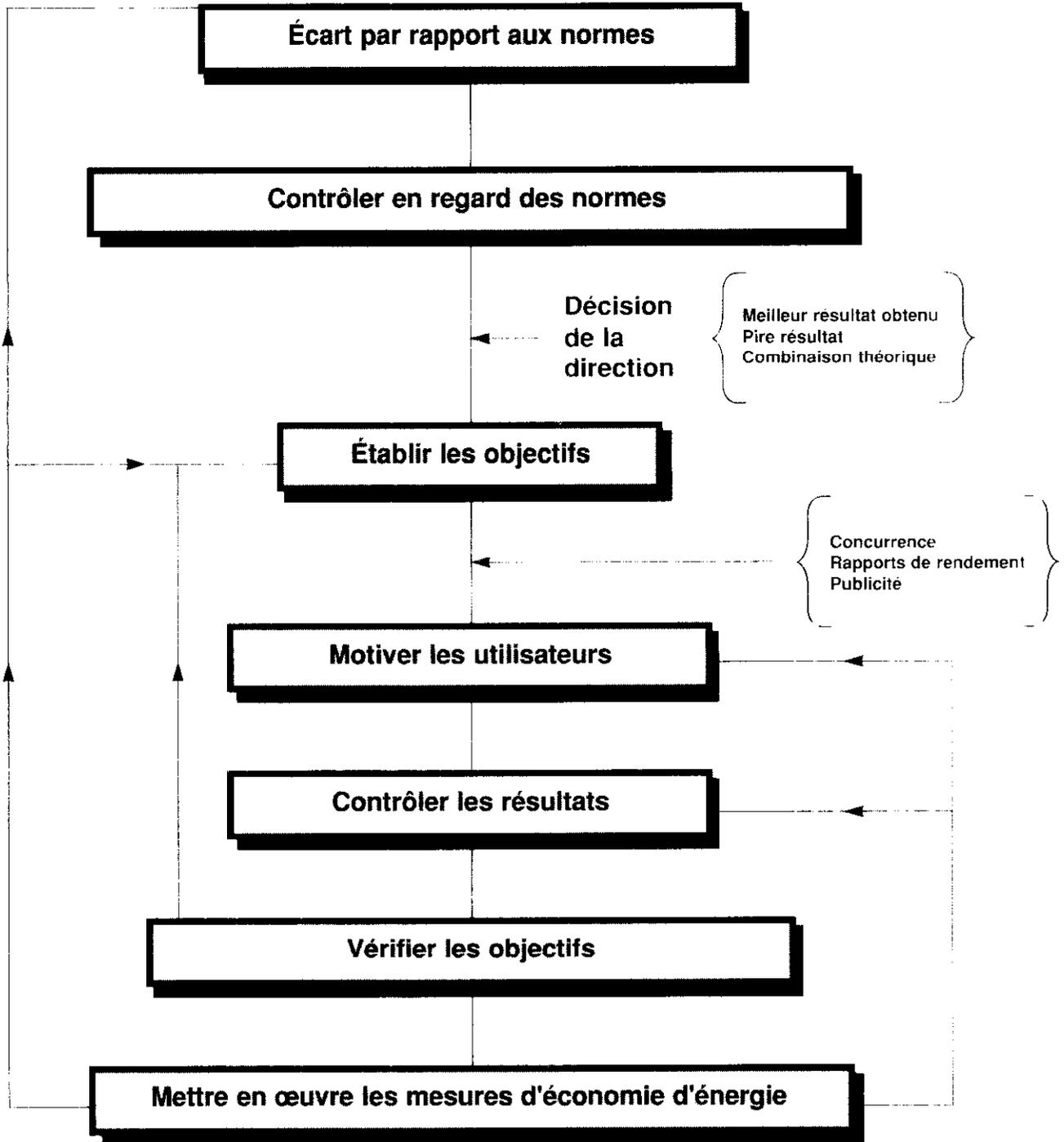
1. La décision



2. Le contexte



3. L'exploitation



5.8 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. Des questions supplémentaires peuvent être formulées à partir des **Conseils** qui figurent dans les sections précédentes.

Questions de vérification (inscrivez une croix (X) dans la case si l'intervention est requise):

Gestion de l'énergie

- 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'environnement (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?
- 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 du matériel de production et du matériel auxiliaire non utilisé? A-t-elle été mise en oeuvre?

Facteur de puissance

- Le facteur de puissance figurant sur les factures d'électricité est-il inférieur à 90 %?
- Des pénalités pour mauvais facteur sont-elles appliquées?

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 sans coupure et d'une alimentation interruptible 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?
- 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 utilisés?
- 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?
- 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?
- 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 et 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 des 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 dans les processus de fabrication

- Le 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?
- 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 courant 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? Sont-ils souvent givrés?
- Y a-t-il des ventilateurs déstratificateurs dans les zones réfrigérées et à haut plafond?

Captage et utilisation du gaz carbonique

- Quel est le rapport entre l'achat et la production de gaz carbonique en vigueur dans la brasserie?
- Quel est le profil d'utilisation? L'utilisation est-elle évaluée et communiquée?
- Comment est régi le captage du gaz carbonique 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 sont-ils fréquents?
- Le nettoyage au moyen d'une solution alcaline est-il effectué dans l'atmosphère du gaz carbonique?

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 réenroulement du moteur est-elle privilégiée plutôt que son remplacement?
- Certains moteurs tournent-ils à moins de 50 % de leur puissance nominale?

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-elle rapidement sur un toit mal isolé?
- 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 à l'est, au sud ou à l'ouest sont-elles pourvues d'un vitrage réfléchissant ou de persiennes?
- Les portes donnant sur l'extérieur sont-elles laissées ouvertes à des 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 autoprotégés ?
- 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 ? 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, le magasin 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?
- 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?
- Les dépoussiéreurs sont-ils vérifiés et nettoyés à intervalles réguliers?
- La vapeur est-elle seulement utilisée pour le conditionnement du malt? 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 oeuvre

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 gaz carbonique 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 fermentation 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 inférieures 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 lorsqu'il 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?
- Quelle est la méthode de mise au rebut de la terre de 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 (fûts de plastique, bois de chauffage, verre contaminé)?
- Certains pourraient-ils être vendus (boîtes de capsules, verre de récupération non contaminé, canettes en aluminium, déchets métalliques)?
- Certains 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 déchets, du gaz carbonique 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 gaz naturel liquéfié peut-il être consommé dans la chaudière ou utilisé pour préchauffer l'air d'admission?

Entretien

- L'appareillage servant à l'analyse des paramètres d'exploitation est-il approprié (température, pression, débit, pertes d'air comprimé, etc.)?
- 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?



L'Association des brasseurs du Canada

155, rue Queen, bureau 1200

Ottawa (Ontario) Canada K1P 6L1

Téléphone : (613) 232-9601

Télécopieur : (613) 232-2283

Courrier électronique : office@brewers.ca

<http://www.brewers.ca>