



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



écoÉNERGIE
une initiative d'écoACTION

GUIDE SUR LES POSSIBILITÉS D'ACCROÎTRE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE DE TRANSFORMATION DES MATIÈRES PLASTIQUES AU CANADA



EN COLLABORATION AVEC L'ASSOCIATION CANADIENNE DE L'INDUSTRIE
DES PLASTIQUES



PEEIC

Programme
d'économie
d'énergie
dans l'industrie
canadienne



Canada

Pour plus de renseignements ou pour obtenir d'autres exemplaires de la présente publication, veuillez écrire à l'adresse suivante :

**Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne
a/s de Ressources naturelles Canada**

580, rue Booth, 18^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Téléphone : 613-995-6839
Télécopieur : 613-992-3161
Courriel : cipec-peeic@rncan.gc.ca
Site Web : oee.rncan.gc.ca/peeic

ou

**Association canadienne de l'industrie
des plastiques**

5915, Airport Road, pièce 712
Mississauga (Ontario) L4V 1T1

Téléphone : 905-678-7748
Télécopieur : 905-678-0774
Site Web : www.cpia.ca



Photos : une gracieuseté de l'Association canadienne de l'industrie des plastiques

ISBN 978-0-662-09093-9
N° de cat. M144-151/2007F (imprimée)

ISBN 978-0-662-07120-4
N° de cat. M144-151/2007F-PDF (électronique)

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2007

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Guide sur les possibilités d'accroître l'efficacité énergétique dans l'industrie de transformation des matières plastiques au Canada.

En collaboration avec l'Association canadienne de l'industrie des plastiques

Also available in English under the title: Guide to energy efficiency opportunities in the Canadian plastics processing industry.

1. Matières plastiques – Industrie – Consommation d'énergie – Canada.
2. Matières plastiques – Industrie – Économies d'énergie – Canada.
3. Audit énergétique – Canada. I. Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne II. Canada. Ressources naturelles Canada III. Association canadienne de l'industrie des plastiques

TJ163.5.P62B4614 2007 338.4'766840682 C2007-980164-1



Papier recyclé

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCTION | 2 |
| 2. PROFIL DU SECTEUR – APERÇU DU SECTEUR CANADIEN DE LA PLASTURGIE | 6 |
| 2.1 Activités menées par le secteur | 6 |
| 2.2 Structure de l'industrie et profil des usines | 8 |
| 2.3 Situation économique actuelle | 10 |
| 2.4 Utilisation des ressources | 12 |
| 2.4.1 Matières premières | 13 |
| 2.4.2 Énergie | 14 |
| 2.4.3 Eau | 17 |
| 2.5 Résidus provenant des procédés | 17 |
| 2.5.1 Résidus atmosphériques (gaz et poussière) | 17 |
| 2.5.2 Eaux usées et déchets liquides | 21 |
| 2.5.3 Déchets solides | 21 |
| 2.5.4 Bruit | 21 |
| 2.6 Dispositions législatives relatives à l'environnement | 22 |
| 3. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE PROVENANT DE L'INDUSTRIE DE LA PLASTURGIE | 24 |
| 3.1 Introduction | 24 |
| 3.1.1 Gaz à effet de serre | 24 |
| 3.1.2 Énergie et émissions de gaz à effet de serre | 25 |
| 3.1.3 Émissions d'hydrocarbure fluoré provenant de la plasturgie | 28 |
| 3.2 Occasions de réduire les émissions de gaz à effet de serre | 29 |
| 3.2.1 Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne | 30 |
| 3.3 Résumé | 31 |
| 4. PROCÉDÉS GÉNÉRIQUES, PRODUITS ET MARCHÉS DES PRODUITS | 34 |
| 4.1 Procédés génériques et produits habituels | 34 |
| 4.2 Utilisation des produits en plastique dans divers segments de marché | 35 |

| | |
|--|----|
| 5. DESCRIPTIONS DES PROCÉDÉS GÉNÉRIQUES ET DES SYSTÈMES AUXILIAIRES | 38 |
| 5.1 Extrusion de profilés. | 38 |
| 5.2 Moulage par injection des thermoplastiques | 41 |
| 5.3 Extrusion par filière plate ou de feuilles | 44 |
| 5.4 Extrusion par soufflage de gaine. | 45 |
| 5.5 Moulage par soufflage | 47 |
| 5.5.1 Moulage par extrusion-soufflage | 47 |
| 5.5.2 Moulage par injection-soufflage | 48 |
| 5.6 Moulage par compression des plastiques thermodurcissables | 49 |
| 5.7 Moulage de mousses | 51 |
| 5.8 Systèmes auxiliaires | 53 |
| 6. POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION GÉNÉRALE | 60 |
| 6.1 Conservation des matériaux | 60 |
| 6.1.1 Fournitures d'usine générales | 60 |
| 6.1.2 Fournitures renouvelables et produits d'entretien | 61 |
| 6.1.3 Conservation des résines | 62 |
| 6.2 Économie d'énergie | 64 |
| 6.2.1 Sélection de matériel éconergétique | 65 |
| 6.2.2 Remplacement du matériel inefficace pendant la maintenance | 66 |
| 6.2.3 Moteurs | 66 |
| 6.2.4 Entraînements à vitesse variable | 68 |
| 6.2.5 Pompes hydrauliques | 69 |
| 6.2.6 Systèmes hydrauliques | 70 |
| 6.2.7 Composants des machines | 71 |
| 6.2.8 Vis et fourreaux | 71 |
| 6.2.9 Procédures de gestion de l'énergie | 71 |
| 6.3 Conservation de l'eau | 74 |
| 6.3.1 Considérations sur la conception des systèmes | 74 |
| 6.3.2 Calculs | 76 |

| | |
|---|-----------|
| 6.4 Systèmes auxiliaires et matériel de l'usine | 79 |
| 6.4.1 Séchoirs | 79 |
| 6.4.2 Systèmes électriques | 81 |
| 6.4.3 Systèmes à air comprimé | 81 |
| 6.4.4 Éclairage | 82 |
| 6.4.5 Isolation thermique des procédés | 84 |
| 6.4.6 Systèmes de chauffage, de climatisation et de ventilation des bâtiments . . . | 85 |
| 6.5 Réduction des émissions | 86 |
| 6.5.1 Résidus atmosphériques – gaz et poussière | 86 |
| 6.5.2 Eaux usées et déchets liquides | 88 |
| 6.5.3 Déchets solides | 89 |
| 6.5.4 Bruit | 89 |
| 6.5.5 Eaux de ruissellement | 89 |
| 6.6 Systèmes de gestion de l'environnement | 90 |
| 6.7 Études de cas en conservation des ressources | 93 |
| 7. NOUVELLES TECHNOLOGIES ET TECHNOLOGIES ÉMERGENTES | 96 |
| 7.1 Évolution dans les matières premières | 96 |
| 7.2 Robotique | 96 |
| 7.3 Machines de moulage par injection entièrement électriques | 97 |
| 7.4 Séchoir aux micro-ondes | 98 |
| 7.5 Broyeurs | 99 |
| 7.6 Prototypage rapide | 99 |
| 7.7 Moulage par injection assisté au gaz | 99 |
| 7.8 Moulage par coïnjection | 100 |
| 7.9 Technologies de fabrication d'outils | 100 |
| 7.10 Techniques de contrôle des émissions de composés organiques volatils (COV) . . . | 100 |
| 7.11 Moteurs couples synchrones | 101 |

| | |
|---|-----|
| 8. ANALYSE COMPARATIVE ET SURVEILLANCE DU RENDEMENT | 104 |
| 8.1 Utilisation des matières premières | 104 |
| 8.2 Consommation d'énergie électrique par unité | 105 |
| 8.3 Consommation de gaz naturel par unité | 105 |
| 8.4 Réduction des émissions de CO ₂ par unité d'énergie | 105 |
| 8.5 Consommation d'eau par unité | 106 |
| 9. AUTRES RENSEIGNEMENTS UTILES | 108 |
| 9.1 Documents de référence divers | 108 |
| 9.2 Associations de l'industrie de la plasturgie. | 109 |
| 9.3 Répertoires et guides de l'industrie | 110 |
| 9.4 Documents d'orientation sur la vérification environnementale et des ressources. . . | 111 |
| 9.5 Documents d'orientation sur la prévention de la pollution. | 112 |
| 9.6 Systèmes de gestion de l'environnement | 112 |
| 9.7 Sites Web | 112 |
| 9.8 Sigles | 113 |
| 9.9 Glossaire | 114 |
| ANNEXES | |
| I Annexe : Normes de la série ISO 14000 | 120 |
| II Annexe : Portée des procédés génériques de fabrication des matières plastiques utilisés au Canada | 121 |
| III Annexe : Études de cas choisies tirées du rapport intitulé <i>Improving Energy Efficiency at U.S. Plastics Manufacturing Plants</i> | 122 |

I

INTRODUCTION



1. INTRODUCTION

Le secteur de la plasturgie, en pleine croissance dans l'économie canadienne, reconnaît l'importance capitale de l'efficacité énergétique. Ce secteur a collaboré avec des organismes provinciaux, territoriaux et fédéraux pour promouvoir la conservation des ressources et signaler à ses intervenants des possibilités d'améliorer leur rendement énergétique. Le *Guide sur les possibilités d'accroître l'efficacité énergétique dans l'industrie de transformation des matières plastiques au Canada*, produit conjointement par l'Association canadienne de l'industrie des plastiques (ACIP) et le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC), représente un excellent exemple de cette collaboration. Le guide se veut un outil pratique, utilisable de concert avec les compétences et connaissances acquises des intervenants qui ont un intérêt commun pour le secteur de la plasturgie.

En outre, il constitue la mise à jour d'un document existant, produit en 1997. La nouvelle version apporte un complément d'information et renferme des conseils sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le présent guide vise également à aider les fabricants de plastiques à repérer les possibilités d'amélioration du matériel, des systèmes auxiliaires et des procédés qui leur permettront de réduire les coûts de production, d'améliorer leur position concurrentielle, de réduire la pollution et d'économiser l'énergie, l'eau et d'autres ressources.

Depuis la publication de la version originale du guide en 1997, le Canada a présenté une stratégie visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 60 à 70 p. cent d'ici 2050. Certes, l'industrie canadienne de transformation des matières plastiques n'est pas un grand émetteur de gaz à effet de serre. Toutefois, les entreprises œuvrant dans le secteur peuvent réduire leurs coûts et leurs émissions de gaz à effet en économisant de l'énergie. La réduction des gaz à effet de serre et son lien avec l'industrie de transformation des matières plastiques sont abordés au chapitre 3 du présent guide.

Le guide s'adresse avant tout aux cadres supérieurs de l'industrie de transformation des matières plastiques responsables de l'achat du matériel, de l'amélioration des procédés et des décisions en matière de maintenance dans un milieu concurrentiel. Cependant, tous les intervenants de l'industrie de la fabrication de plastiques peuvent l'utiliser. Les propriétaires, les gérants, les surveillants de la production, le personnel de la maintenance, les employés, les fournisseurs, les concepteurs, les conseillers et les associations industrielles seront également du nombre à tirer profit du guide. Pour les lecteurs qui connaissent peu l'industrie et sa technologie, le chapitre 5, « Descriptions des procédés génériques et des systèmes auxiliaires », présente des descriptions simplifiées et des diagrammes génériques des procédés.

On estime que les procédés décrits dans ce chapitre englobent plus de 90 p. 100 de l'activité du marché au Canada. Les principaux procédés relatifs aux thermoplastiques traités sont :

- l'extrusion de profilés;
- le moulage par injection de thermoplastiques;

- l'extrusion par filière plate ou de feuilles;
- l'extrusion soufflage de gaine;
- le moulage par soufflage.

De plus, le guide aborde deux procédés relatifs aux plastiques thermodurcissables, soit :

- le moulage par compression des plastiques thermodurcissables;
- le moulage de mousses.

Outre les procédés précités, le guide traite aussi des systèmes auxiliaires et des systèmes généraux utilisés dans la plupart des activités relatives à la plasturgie. Il convient de noter que l'industrie de transformation des matières plastiques utilise une vaste gamme de techniques non répertoriées ici. L'annexe III en dresse une liste plus exhaustive et décrit brièvement la portée des procédés génériques de fabrication de plastiques utilisés au Canada actuellement.

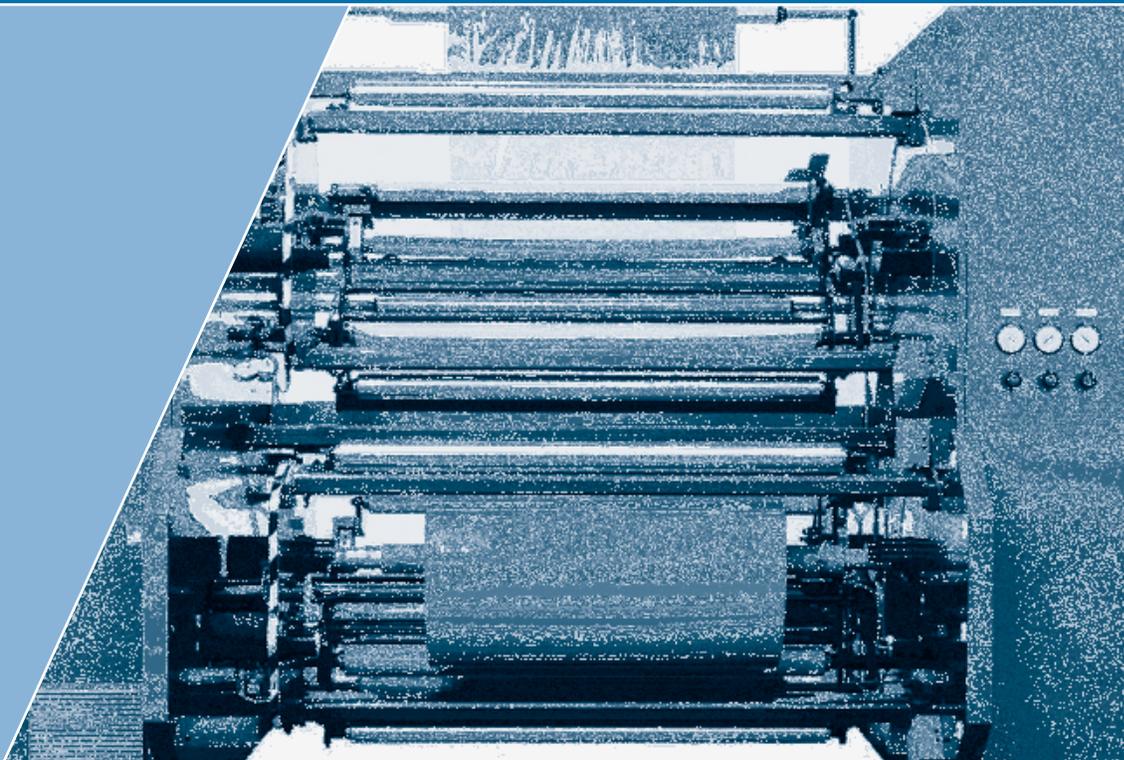
Les éléments suivants sont essentiels à l'efficacité d'un programme de conservation des ressources et de prévention de la pollution :

1. une compréhension du rendement actuel quant à la consommation et à l'efficacité des ressources;
2. une évaluation détaillée propre au site afin de repérer les possibilités d'améliorations techniques données;
3. un cadre de pratiques de gestion qui appuiera la mise en œuvre de moyens de conservation et qui aura une incidence sur celle-ci;
4. une vision d'amélioration continue relativement aux activités de conservation des ressources.

Le niveau d'analyse technique requis pour ces éléments dépasse la portée du présent guide, qui ne fera qu'entamer ces éléments.

2

PROFIL DU SECTEUR – APERÇU DU SECTEUR CANADIEN DE LA PLASTURGIE



2. PROFIL DU SECTEUR – APERÇU DU SECTEUR CANADIEN DE LA PLASTURGIE

Dans le présent chapitre, la section intitulée « Activités menées par le secteur » est axée sur la nature de l'industrie de transformation des matières plastiques au Canada. L'industrie de transformation des matières plastiques représente en fait une part considérable d'un secteur plus important, soit la fabrication de plastiques. Les fournisseurs canadiens de matières produisent des résines à partir de produits pétrochimiques et d'autres matières premières. Le Canada compte également plusieurs fabricants de renommée mondiale de machines de transformation, en plus d'être un important producteur d'outillage destiné aux entreprises de transformation des matières plastiques au pays et à l'échelle mondiale.

Au Canada, le produit des ventes provenant du secteur de la plasturgie s'est établi à plus de 38 milliards de dollars en 2004. Le présent chapitre porte sur les principaux facteurs économiques qui ont un effet sur la capacité concurrentielle des entreprises de transformation canadiennes sur les marchés internationaux. Il sera également question de balances commerciales et de tendances.

Le présent chapitre se penche en outre sur l'utilisation des ressources et de l'énergie dans l'industrie de transformation des matières plastiques, et fournit un cadre de discussion des possibilités d'économies.

La section intitulée « Résidus provenant des procédés » traite des déchets et des émissions que peut engendrer la transformation des matières plastiques. La législation sur l'environnement applicable au secteur canadien de la plasturgie est également traitée dans cette section.

2.1 ACTIVITÉS MENÉES PAR LE SECTEUR

Le secteur de la plasturgie se caractérise par de nombreux procédés et applications qui utilisent une variété toujours croissante de matières premières. Outre les usines qui se consacrent à la production de produits à la demande de tiers, beaucoup de fabricants canadiens mènent des activités « captives » uniques de transformation des matières plastiques et fabriquent des produits finis destinés à la vente ou des composants utilisés dans la fabrication d'autres produits finaux. En raison de cette diversité, il est difficile de compiler des données statistiques précises sur l'industrie. Cependant, il en ressort que le secteur représente une part considérable de l'activité industrielle du Canada et continue de croître à un rythme de loin supérieur au rythme moyen de tous les fabricants.

Au Canada, en 2004, le secteur de la plasturgie a produit pour environ 38,4 milliards de dollars d'expéditions et comptait plus de 146 000 employés dans près de 3 800 entreprises. L'emballage, la construction et le transport (secteur de l'automobile) sont les principaux

marchés desservis par l'industrie des plastiques. Ces segments représentent 34 p. 100, 26 p. 100 et 18 p. 100, respectivement, de la quantité totale de résines transformées au Canada.

Le tableau 2-1 présente un bref profil actuel du secteur de la plasturgie.

Tableau 2-1 Chiffres clés de l'industrie de transformation des matières plastiques, 2004

| | Canada |
|--|----------------------|
| Chaîne de valeur canadienne totale | 50,9 G\$ |
| Expéditions par les entreprises de transformation | 38,4 G\$ |
| Expéditions par les fournisseurs de matières premières, de machines et de moules | 12,5 G\$ |
| Effectif total des entreprises de transformation | 146 880 |
| Effectif total des fournisseurs | 24 500 |
| Nombre total d'emplois du secteur | 171 380 |
| Nombre d'usines | 3 757 |
| Capacité de résine (en tonnes métriques) | 5,2 millions |
| Croissance du PIB* du secteur de la plasturgie par rapport à l'ensemble du secteur manufacturier | 2,7 fois plus rapide |
| Augmentation du PIB pour l'ensemble du secteur manufacturier | 17 % depuis 1999 |
| Croissance du PIB de l'industrie des produits en plastique | 46,1 % depuis 1999 |

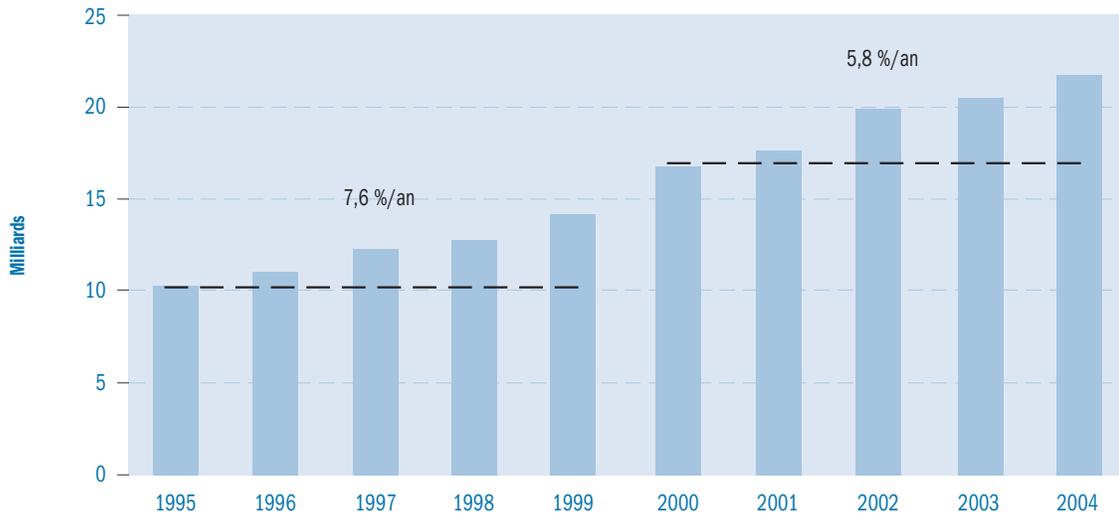
* produit intérieur brut

Source : Association canadienne de l'industrie des plastiques (ACIP)

Après avoir connu une brève diminution au début des années 1990, situation attribuable à plusieurs facteurs macroéconomiques, les expéditions canadiennes de produits en plastique augmentent fortement chaque année depuis 10 ans, comme le montre la figure 2-1. Pour la période de cinq ans allant de 1995 à 1999, les expéditions canadiennes de produits en plastique ont connu une hausse moyenne de 7,6 p. 100 par an. Pour la période de cinq ans allant de 2000 à 2004, cette hausse moyenne a été de 5,8 p. 100 par an.

Au cours de la dernière décennie, on a pu observer une forte croissance de l'industrie des produits en plastique. Ainsi, depuis 1999, le produit intérieur brut (PIB) du secteur des produits en plastique a augmenté à un rythme supérieur à celui de l'ensemble du secteur manufacturier, soit 2,7 fois plus.

Figure 2-1 Expéditions canadiennes de l'industrie des plastiques



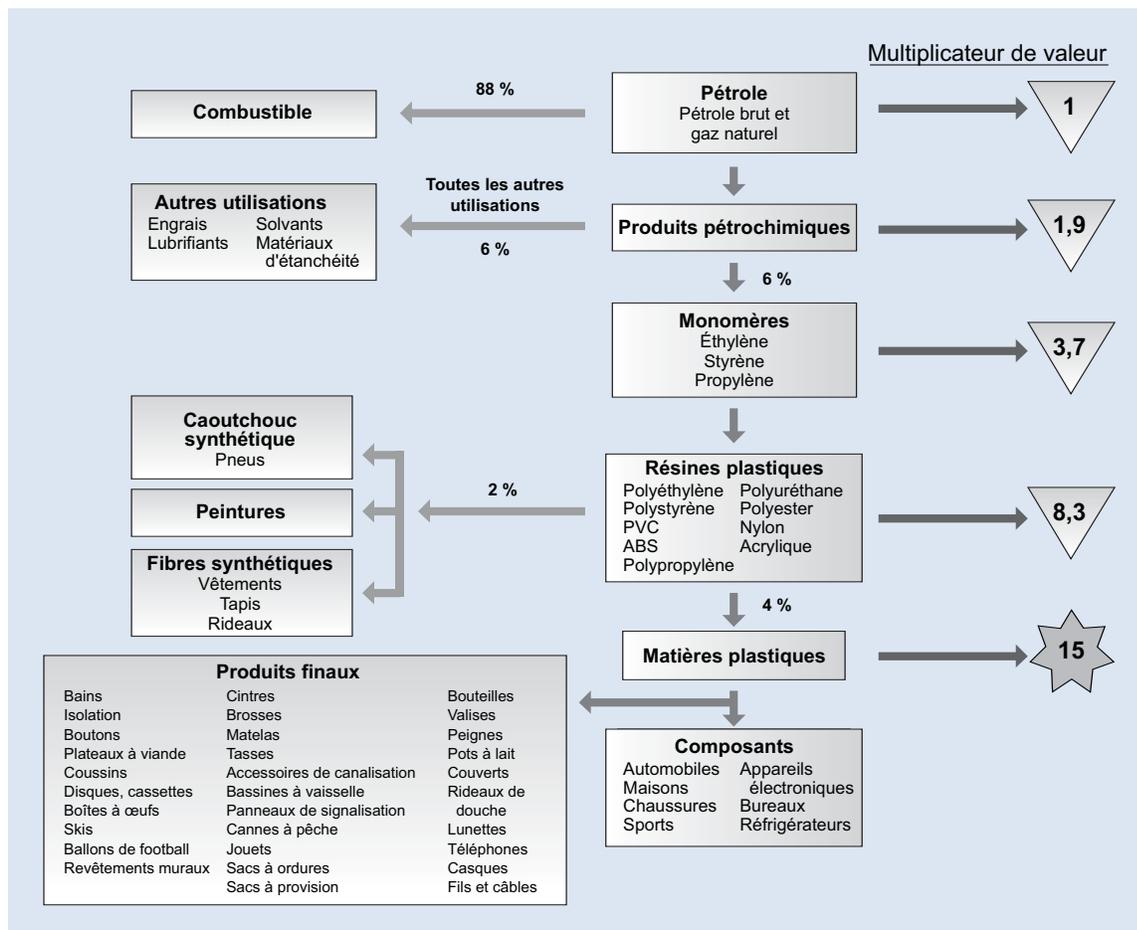
2.2 STRUCTURE DE L'INDUSTRIE ET PROFIL DES USINES

Bien que l'industrie de transformation des matières plastiques au Canada ait fait l'objet de quelques fusions et rationalisations au cours des dernières années, elle se caractérise toujours par la présence d'un grand nombre de petites et moyennes entreprises.

L'entreprise canadienne moyenne compte un effectif d'environ 40 personnes, et ses ventes annuelles s'élèvent à près de 10 millions de dollars. Un certain nombre d'entreprises canadiennes de transformation des matières plastiques font figure d'importants intervenants sur le marché nord-américain et comptent chacune un effectif allant de plusieurs centaines à plus d'un millier de personnes. Environ les deux tiers de ces grandes entreprises appartiennent à des intérêts canadiens. Le volume de ventes de chacune de ces entreprises excède plusieurs centaines de millions de dollars, et plusieurs d'entre elles sont affiliées à d'autres sociétés ou contrôlent des filiales autour du monde.

La figure 2-2 montre la structure de l'industrie, soit le flux à partir des matières premières jusqu'aux produits finis. Les entreprises de transformation qui fabriquent des produits sur demande et des produits exclusifs créent des produits vendus à d'autres fabricants ou mis directement en marché par le producteur. Les entreprises de transformation captives utilisent les produits en plastique fabriqués comme composants d'autres produits.

Figure 2-2 Position des entreprises de transformation dans la structure de l'industrie des plastiques



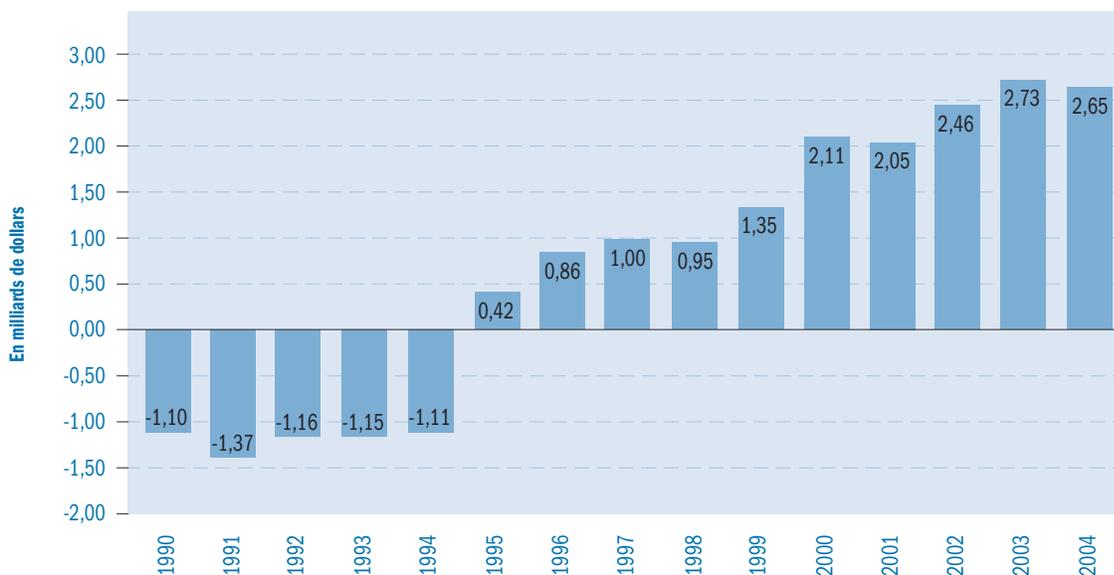
2.3 SITUATION ÉCONOMIQUE ACTUELLE

Par le passé, bon nombre de fabricants canadiens de plastiques se sont trouvés désavantagés par rapport aux producteurs américains, qui possédaient des marchés locaux plus grands et plus concentrés. Les petits lots de production entraînaient ainsi des coûts unitaires plus élevés. Dans le cas de certains produits encombrants, comme la tuyauterie en plastique, les bouteilles soufflées ou les caisses à boissons, les coûts élevés d'expédition ont forcé les producteurs à établir leurs activités en fonction des marchés régionaux. La plupart des entreprises canadiennes de transformation des matières plastiques sont situées près de leur clientèle dans des régions à forte densité démographique.

Les réductions de tarifs établies par l'accord de libre-échange (ALE) et l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA) se sont traduites par une certaine rationalisation des industries d'utilisation finale. Certains clients habituels dans le domaine des produits en plastique ont quitté le Canada pour s'établir aux États-Unis et au Mexique par suite de la consolidation de la production dans une entreprise appartenant à des intérêts américains ou de la possibilité d'obtenir des coûts d'assemblage moindres au Mexique pour les produits à forte intensité de main-d'œuvre. L'ALENA a également eu un léger impact différentiel qui a poussé certains clients à chercher hors du Canada des composants liés à l'automobile et des produits à faible valeur ajoutée. Ces pertes ont été compensées par, entre autres facteurs, la vitalité générale du secteur de l'assemblage des produits de l'automobile au Canada et la tendance au mode d'achat juste à temps qui encourage les fabricants de pièces à s'installer près des usines d'assemblage.

Selon les données d'Industrie Canada quant à l'industrie des plastiques, la balance commerciale des produits en plastique canadiens, qui présentait un déficit pour la première moitié des années 1990, puis un surplus en 1995, a atteint un surplus de 2,65 milliards de dollars en 2004, comme le montre la figure 2-3.

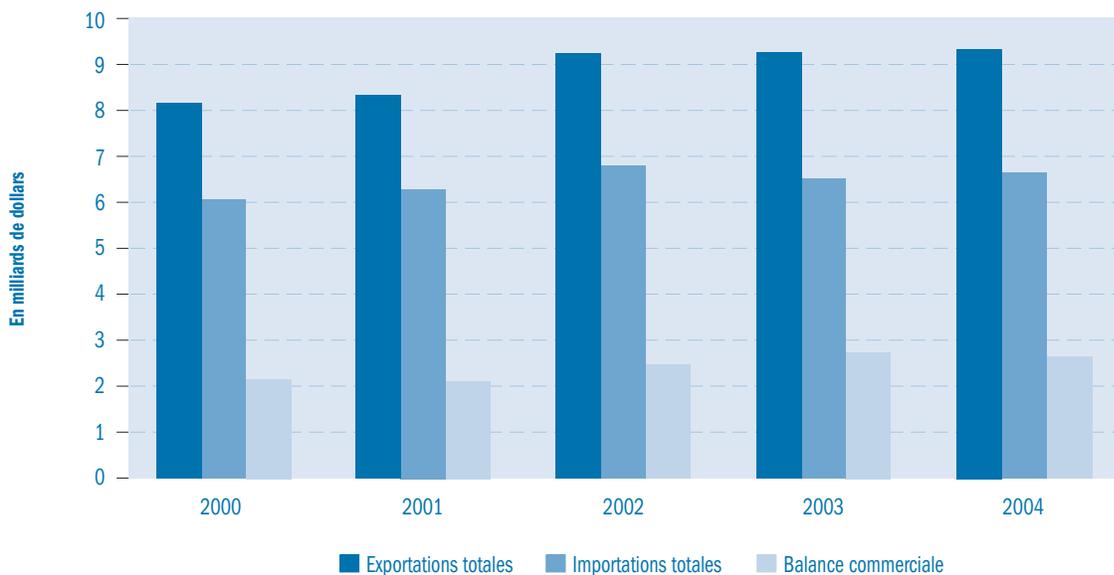
Figure 2-3 Balance commerciale canadienne concernant les produits en plastique (\$CAN)



Source : ACIP

Les ventes à l'exportation ont augmenté au cours des dernières années (figure 2-4) puisque l'excédent commercial a connu une hausse de 20 p. 100 depuis 2000.

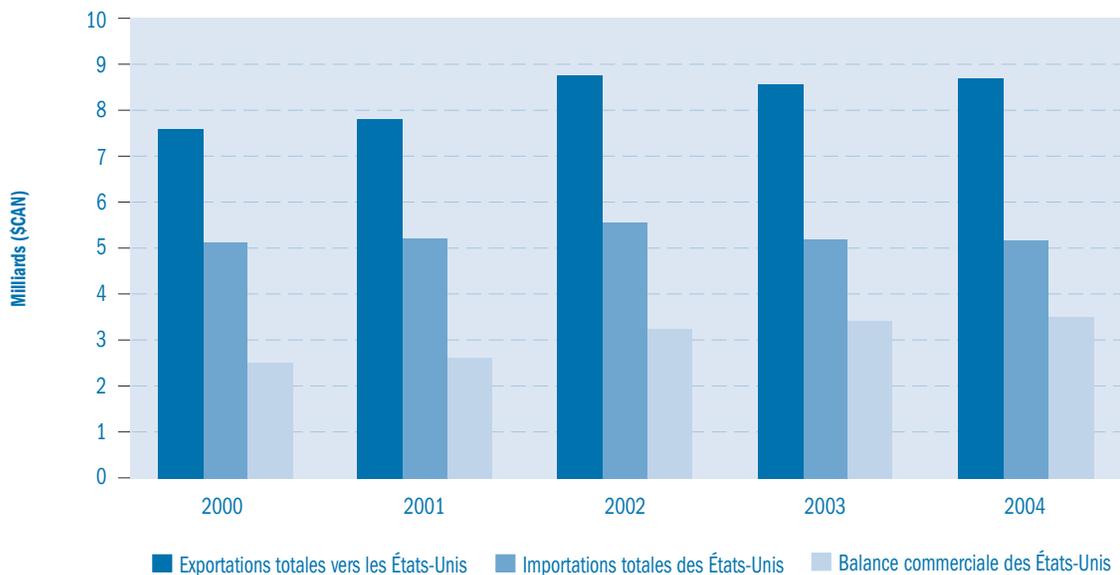
Figure 2-4 Commerce canadien des produits en plastique avec tous les pays (\$CAN)



Source : ACIP

Le commerce avec les États-Unis, qui représente plus de 90 p. 100 des exportations canadiennes de produits en plastique, a connu une hausse d'environ 15 p. 100 au cours des cinq dernières années, tandis que les importations des États-Unis sont demeurées relativement constantes, affichant une augmentation de seulement 1 p. 100, (voir figure 2-5). Cette tendance a donné lieu à une croissance de l'excédent commercial de 43 p. 100 pour la période allant de 2000 à 2004.

Figure 2-5 Commerce canadien des produits en plastique avec les États-Unis (\$CAN)



Source : ACIP

Les observateurs de l'industrie soutiennent que les entreprises canadiennes de transformation des matières plastiques sont bien placées pour prendre de l'expansion et offrir une bonne concurrence sur le plan international dans les prochaines années. Les données commerciales montrent une croissance de l'excédent commercial pour tous les pays. Or, quand l'excédent commercial avec les États-Unis est retranché, le Canada accuse un déficit commercial.

2.4 UTILISATION DES RESSOURCES

Les catégories importantes d'utilisation des ressources du secteur de la plasturgie sont abordées ci-dessous. Il est souvent difficile de suivre et de gérer efficacement l'utilisation des matières premières, qui représentent habituellement et de loin le facteur coût le plus élevé dans une activité de transformation des matières plastiques. Il est facile d'évaluer les coûts totaux liés à l'énergie, à l'eau et à l'élimination des déchets solides sur les factures des services publics et de gestion des déchets. De nombreuses usines en savent toutefois très peu sur le coût unitaire relativement à chaque machine ou procédé.

2.4.1 MATIÈRES PREMIÈRES

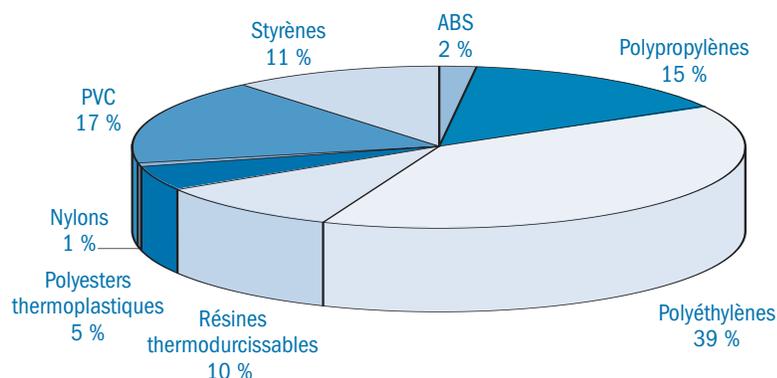
2.4.1.1 Résines

Pour la plupart des fabricants de ce secteur, les coûts de production les plus importants découlent des matières premières. Dans les exploitations connaissant un flux de production élevé, telle l'extrusion de profilés, il n'est pas rare que l'achat des matières excède 70 p. 100 des coûts de production. Ordinairement, la main-d'œuvre directe absorbe 5 à 15 p. 100 des coûts de production, et le total des coûts liés à l'énergie, représente moins de 5 p. 100.

Les matières premières comprennent la résine, les agents anti-UV, les pigments, les lubrifiants et autres additifs. Le présent guide porte surtout sur les entreprises qui reçoivent les résines thermoplastiques sous forme de pastilles; il n'aborde pas précisément les activités de mélange des matières premières. Les pastilles sont couramment expédiées dans des contenants allant du sac de 25 kg à la boîte de 500 kg. De plus gros envois peuvent également être effectués, par camion ou ferroutage, pour les producteurs de volumes élevés. Dans ce secteur, l'amélioration de la manutention, de la transformation et du recyclage des matières premières représentent d'importantes possibilités d'économies.

De nombreux types de résines sont utilisés. Grâce au développement de nouvelles matières conçues pour des applications précises, les fournisseurs de matières offrent une gamme de produits toujours croissante. La figure 2-6 illustre une estimation de la consommation de résines (par types principaux) en Amérique du Nord.

Figure 2-6 Estimation de la consommation des principales résines plastiques en Amérique du Nord



Sources : ACIP, Society of the Plastics Industry Committee on Resin Statistics, données compilées par l'Association Services Group, SARL

2.4.1.2 Autres fournitures

Les installations de transformation des matières plastiques utilisent une vaste gamme de fournitures d'usine liées à la maintenance du matériel et de l'usine. D'autres fournitures liées à des procédés précis et à des activités secondaires sont également utilisées.

Voici les catégories de fournitures habituelles :

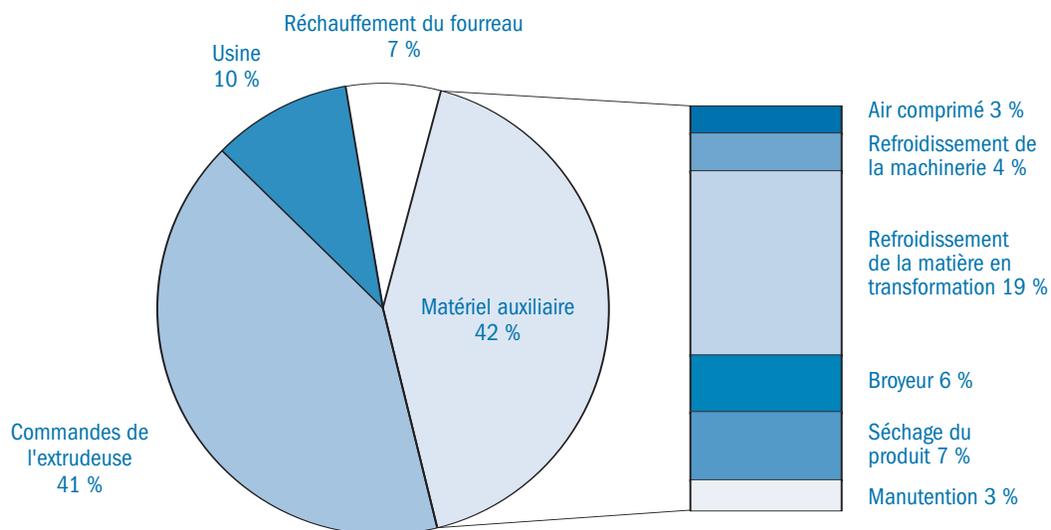
- **Huile hydraulique** : Utilisée dans le fonctionnement des machines de transformation. Habituellement, il n'est pas nécessaire de remplacer fréquemment l'huile. Cependant, il est possible que surviennent des pertes à cause de fuites ou de bris de tuyaux.
- **Fournitures pour l'atelier de moules** : Huiles de coupe, solvants et graisses.
- **Fournitures pour la transformation** : Certaines entreprises de transformation ajoutent des pigments ou des colorants; certaines activités de moulage exigent également l'utilisation d'agents démoulants.
- **Fournitures de nettoyage de l'usine** : Les savons, les détergents et les matériaux absorbants pour nettoyer les déversements d'hydrocarbures comptent parmi les fournitures de nettoyage d'une usine.
- **Matériaux d'emballage et de distribution** : Sacs, boîtes et palettes. Les produits finis peuvent être expédiés dans l'un ou l'autre des contenants suivants : cartonnages, sacs en plastique ou caisses en bois.

2.4.2 ÉNERGIE

En 1993, Power Smart Inc., de Vancouver, a effectué une estimation détaillée de la répartition de la demande en énergie pour les usines typiques d'extrusion, de moulage par injection, de moulage par soufflage et d'extrusion soufflage de gaine pour le compte de l'ancien ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (aujourd'hui Ressources naturelles Canada). Les figures 2-7 à 2-9 résument les données de cette étude pour quatre procédés génériques : 1) l'extrusion; 2) le moulage par injection; 3) le moulage par soufflage; 4) l'extrusion soufflage de gaine.

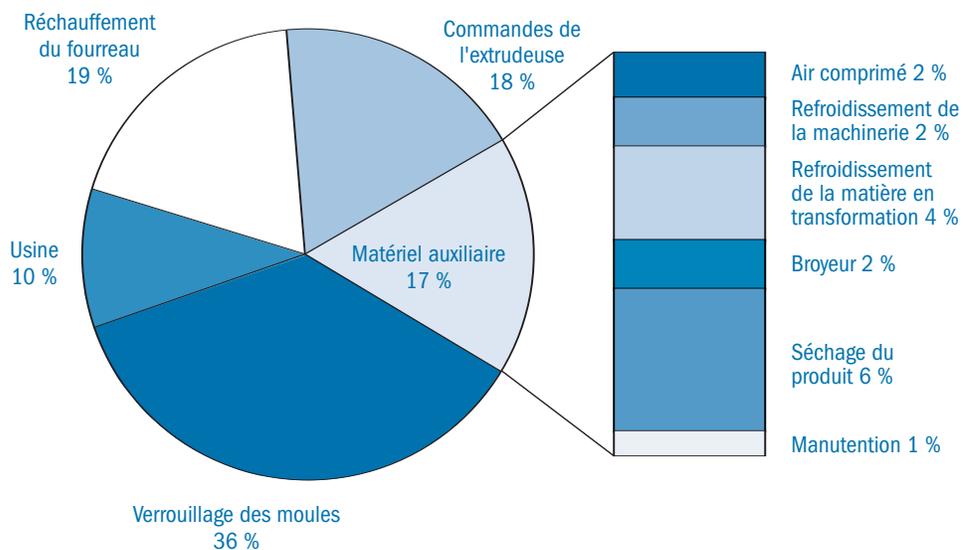
L'estimation illustre l'importance relative de la demande en énergie par procédé et système auxiliaire en indiquant la proportion par rapport à la demande totale d'installation. Par ailleurs, des renseignements détaillés quant à la demande totale d'un procédé sont fournis pour aider les fabricants à repérer les secteurs prioritaires dans le cadre de projets visant à réduire la consommation d'énergie.

Figure 2-7 Estimation de la distribution de l'énergie d'une usine pour certains procédés de transformation des matières plastiques – Extrusion



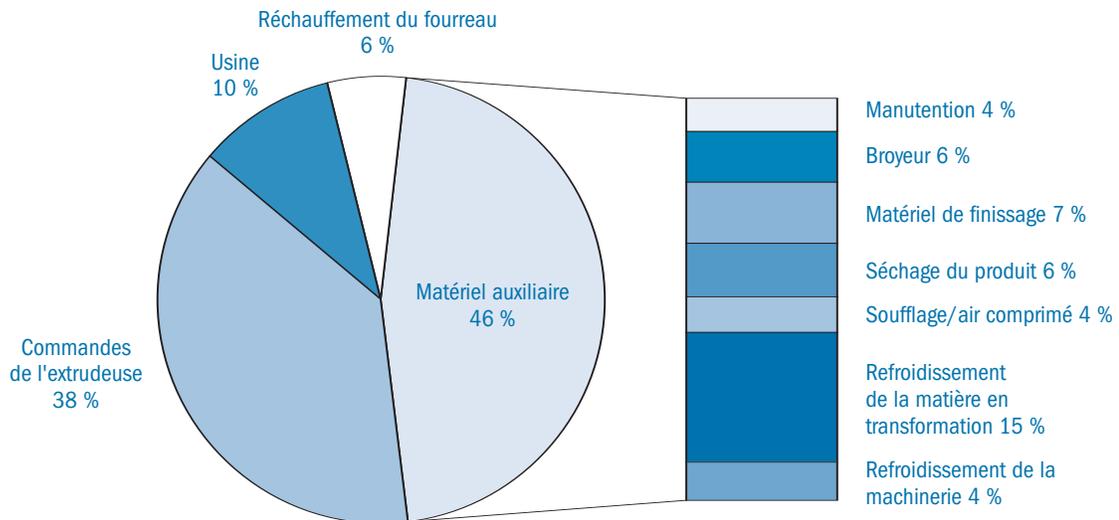
Source : Power Smart (1993)

Figure 2-8 Estimation de la distribution de l'énergie d'une usine pour certains procédés de transformation des matières plastiques – Moulage par injection



Source : Power Smart (1993)

Figure 2-9 Estimation de la distribution de l'énergie d'une usine pour certains procédés de transformation des matières plastiques – Moulage par soufflage et extrusion par soufflage de gaine



Source : Power Smart (1993)

2.4.2.1 Électricité

L'électricité est la première source d'énergie qu'utilisent les entreprises de transformation des matières plastiques. Parmi les principales utilisations de l'électricité, notons l'alimentation en chaleur par les appareils de chauffage par résistance pour les fourreaux des extrudeuses, et l'alimentation en énergie des commandes des extrudeuses. De plus, on utilise indirectement l'électricité comme source d'énergie pour les systèmes hydrauliques, de refroidissement, de chauffage à l'huile thermique et d'air comprimé. L'électricité sert également dans le conditionnement de l'air, la ventilation et l'éclairage des installations. Les coûts liés à l'électricité représentent environ 3 ou 4 p. 100 des coûts de production.

2.4.2.2 Gaz naturel

Le gaz naturel a pour principale utilité le chauffage de l'eau et des installations. Le gaz naturel peut également servir à d'autres fins, y compris dans le coulage par rotation, pour les séchoirs de pastilles et les moteurs à combustion interne, qui peuvent à leur tour alimenter les compresseurs d'air, les systèmes hydrauliques ou les générateurs électriques. Les coûts liés au gaz naturel représentent de 1 à 2 p. 100 des coûts de production.

2.4.3 EAU

L'eau est utilisée dans une variété d'applications. Elle sert, entre autres, d'agent de refroidissement pour l'extrusion de profilés et des composants de machine de transformation, tels que les moules et les fourreaux. L'eau sert de plus au refroidissement des systèmes auxiliaires, dont les systèmes hydrauliques et à air comprimé. L'utilisation de l'eau varie grandement en fonction de l'usine et du procédé.

Dans certaines petites entreprises de transformation, l'eau qui circule dans les conduits n'est pas recyclée et est déversée dans un égout sanitaire ou un égout pluvial. Les grandes entreprises de transformation, quant à elles, ont parfois besoin d'importants volumes d'eau de refroidissement et doivent également contrôler la température de cette eau. Dans de tels cas, l'utilisation de systèmes de refroidissement par l'eau en circuit fermé est privilégiée. L'eau peut alors être recirculée et refroidie au moyen de refroidisseurs ou de tours de refroidissement portables ou permanentes.

La plupart des entreprises de transformation des matières plastiques reconnaissent la rentabilité des systèmes de recyclage de l'eau de refroidissement en plasturgie. En plus de conserver cette ressource et d'économiser de l'argent, les entreprises de transformation peuvent contrôler la température de l'eau, ce qui leur permet d'améliorer la qualité des produits et l'efficacité de la production. En 1991, Environnement Canada estimait que 87 p. 100 de l'eau utilisée dans le secteur de la plasturgie était recyclée. Des discussions avec les dirigeants de l'industrie indiquent que ce chiffre a probablement augmenté depuis 1991, bien qu'on ne dispose d'aucunes données précises ni d'aucune référence spécifique à cet égard.

2.5 RÉSIDUS PROVENANT DES PROCÉDÉS

Les entreprises de transformation des matières plastiques produisent divers déchets et une variété d'émissions qui, dans de nombreux cas, peuvent être réduits. Les matières plastiques, lorsque leur transformation respecte les conditions établies par les fabricants, sont relativement stables et ne présentent pas de risques notables pour les humains ou l'environnement. Cependant, il est possible de réaliser des économies de coûts en réduisant les déchets et les émissions, surtout en améliorant la gestion des pertes de matières premières attribuables aux pratiques non efficaces.

2.5.1 RÉSIDUS ATMOSPHÉRIQUES (GAZ ET POUSSIÈRE)

La transformation des matières plastiques produit des émissions atmosphériques dont des composés organiques volatils (COV), de la poussière et du dioxyde de carbone (un gaz à effet de serre). Les sections suivantes présentent une brève description des COV ainsi que des émissions de poussière provenant de la transformation des matières plastiques. Les émissions de gaz à effet de serre sont traitées séparément au chapitre 3.

2.5.1.1 Émissions de composés organiques volatils (COV)

Les émissions de COV sont liées à certains procédés de fabrication des plastiques. Les COV contribuent à la production d’ozone troposphérique – un composant prédominant du smog.

Voici les principales sources d’émissions de COV en plasturgie :

- la dégradation de la résine;
- les gonflants utilisés dans la production d’articles en mousse expansée;
- les additifs;
- les solvants de dégraissage;
- les agents démoulants.

Dans le secteur de la plasturgie, environ 60 p. 100 des émissions de COV sont attribuables à quatre procédés génériques dont les produits résultant de la transformation sont : 1) les matières plastiques et produits composites renforcés faits de résines de polyester thermodurcissable; 2) la mousse de polyéthylène (PE) extrudée; 3) la mousse de polystyrène expansée (PSE); 4) le polychlorure de vinyle (PVC).

Un groupe de travail sur la transformation des matières plastiques a été mis sur pied en 1997 en réponse au Plan de lutte contre le smog en Ontario, lancé par le ministère de l’Environnement de l’Ontario. Il incombait à ce groupe de traiter la question des émissions de COV attribuables aux quatre produits de transformation précités.

Le tableau 2-2 présente une estimation des émissions de COV pour chaque produit de transformation.

Tableau 2-2 Estimation des émissions de composés organiques volatils (COV)

19

| Produit de transformation | Consommation de résines (tonnes transformées par an) | | | Estimation des émissions de COV (tonnes de COV/an) | | |
|---------------------------|--|---------------|-----------------------------|--|--------------|-----------------------------|
| | 1990 | 1997 | % de changement depuis 1990 | 1990 | 1997 | % de changement depuis 1990 |
| Produits composites | 15 085 | 14 860 | - 1,5 % | 1 347 | 1 143 | - 15 % |
| Mousse de PE | 2 600 | 3 700 | + 42 % | 149 | 355 | + 138 % |
| Mousse de PSE | 16 740 | 12 244 | - 27 % | 1 023 | 711 | - 30 % |
| PVC | à déterminer | à déterminer | | à déterminer | à déterminer | |
| TOTAL | 34 425 | 30 804 | - 10,5 % | 2 519 | 2 209 | - 12,3 % |

Voici les principaux éléments des réductions d'émissions de COV réalisées de 1990 à 1997 pour chacun des produits de transformation.

Produits composites : En 1997, les émissions de COV ont été réduites d'environ 15 p. 100 par rapport à 1990, tandis que la consommation de résines est restée sensiblement la même pour cette période. Deux facteurs principaux ont permis cette réduction. Tout d'abord, la technologie de transformation a connu un important changement : le procédé à moule ouvert a été abandonné pour faire place au procédé à moule fermé (par rapport à la consommation de résines, le procédé à moule ouvert a été ramené de 80 p. 100 en 1990 à 70 p. 100 en 1997). L'adoption du procédé à moule fermé a permis de réduire les émissions de COV, en raison d'une baisse des pertes de styrène entraînée par ce procédé. En se fondant sur le poids de styrène disponible, on estime à 5 p. 100 le facteur d'émissions des COV pour le procédé à moule fermé, contrairement à 22 p. 100 pour le procédé à moule ouvert. La réduction des émissions de COV a également été rendue possible en raison d'un second facteur, soit une teneur réduite en styrène dans les résines utilisées, qui a été ramenée de 48 p. 100 en 1990 à 45 p. 100 en 1997.

Mousse de PE : En 1997, les émissions de COV avaient plus que doublé par rapport à 1990. Cela est surtout attribuable au fait que les gonflants utilisés dans les procédés de soufflage sont passés de 5,7 p. 100 à 9,6 p. 100 de la mousse produite. Cette augmentation s'explique par le remplacement des chlorofluorocarbures (CFC) et des hydrofluorocarbures (HCFC) par le butane comme gonflant. Par ailleurs, une augmentation de 42 p. 100 des taux de production a également contribué à accroître les émissions.

Mousse de PSE : Par rapport à 1990, les émissions de COV ont connu, en 1997, une réduction d'environ 30 p. 100, largement attribuable à une baisse de la consommation de résine en Ontario. Une perte d'usines en Ontario explique cette réduction dans la consommation. La réduction de la teneur en COV des résines utilisées, ramenée de 6,11 p. 100 à 5,81 p. 100 en poids, est un autre facteur qui a permis de réduire les émissions de COV.

PVC : Aucune donnée n'a été établie quant à la réduction réelle des émissions réalisées depuis 1990.

Pour plus de renseignements sur les travaux sur la réduction des émissions de COV dans l'industrie de transformation des matières plastiques en Ontario, veuillez consulter le document intitulé *Ontario's Smog Plan – Progress Report of the Ontario Plastic Processors Working Group* (novembre 1999).

2.5.1.2 Poussière

Certaines activités relatives à la transformation des matières plastiques émettent également des particules de poussière dans l'air. Les activités de manutention, de mélange et de broyage sont susceptibles de produire de la poussière. À noter que la présence de grandes quantités de poussière peut comporter un danger d'explosion. On encourage également la mise en place d'initiatives visant à limiter la production de poussière afin que les employés soient moins susceptibles de développer des problèmes respiratoires liés à l'exposition à des particules en suspension dans l'air.

2.5.2 EAUX USÉES ET DÉCHETS LIQUIDES

L'eau de refroidissement sans contact peut être utilisée dans le refroidissement de la machinerie, du matériel de moulage ou des systèmes auxiliaires avant d'être déversée dans le réseau d'égouts sanitaires. Des particules telles que des pastilles, de l'huile hydraulique ou de graissage, et des solvants sont des exemples de contaminants qui peuvent se retrouver dans l'eau.

L'huile hydraulique, les solvants usés et d'autres produits chimiques comptent parmi les déchets liquides habituellement produits par l'industrie de la plasturgie qui exigent un traitement spécial.

2.5.3 DÉCHETS SOLIDES

Le flux de déchets solides provenant des activités de transformation des matières plastiques est constitué de matériaux d'emballage, tels des sacs, des boîtes et des plates-formes, des purges au moment de la mise en marche des machines, des matières dégradées et des chutes irrécupérables. Les pastilles renversées et les matières premières contaminées par un mélange ou par des matières étrangères peuvent également constituer des déchets solides qui doivent être éliminés.

D'autres déchets peuvent être produits, sans toutefois être directement liés aux activités de transformation. On pense ici aux déchets de bureau, aux vieux papiers, aux matériaux d'emballage ondulés, aux déchets de cuisine provenant de la cafétéria ou du coin-repas, aux bouteilles et aux boîtes métalliques, et aux déchets provenant des activités d'aménagement paysager.

2.5.4 BRUIT

Les pompes hydrauliques, les broyeurs à déchets, les soudeuses aux ultrasons, le matériel de manutention et les transporteurs pneumatiques sont tous reconnus comme sources courantes de bruit désagréable. En raison du bruit excessif, les conditions de travail peuvent devenir désagréables. Il peut s'avérer nécessaire de contrôler le bruit afin de ne pas excéder les limites établies par le *Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail*.

Les bruits d'usine qui nuisent aux activités résidentielles, commerciales ou industrielles avoisinantes sont soumis à des règlements municipaux sur le contrôle du bruit. Certaines techniques de manutention, telles le déchargement de camions-citernes ou de wagons, peuvent produire des bruits qui dépassent les limites permises et faire l'objet de plaintes déposées par les gens du voisinage.

2.6 DISPOSITIONS LÉGISLATIVES RELATIVES À L'ENVIRONNEMENT

De nombreuses entreprises de transformation responsables cherchent à améliorer leur performance environnementale de façon à dépasser les exigences établies par les dispositions législatives relatives à l'environnement. Diverses mesures législatives sur l'environnement sont intéressantes et pourraient se rapporter directement au secteur de la plasturgie. Ces mesures visent à protéger l'environnement de tout rejet possible dans l'air, l'eau et le sol. Les règlements applicables diffèrent selon la province ou le territoire, mais les principaux éléments des mesures pertinentes pour les entreprises de transformation des matières plastiques comprennent les points suivants :

- les émissions atmosphériques – particules, odeurs, substances appauvrissant la couche d'ozone et gaz à effet de serre;
- les rejets d'effluents – rejets directs dans les milieux récepteurs et rejet dans les égouts;
- les déchets solides – déchets dangereux et industriels;
- le recyclage.

3

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE PROVENANT DE L'INDUSTRIE DE LA PLASTURGIE



3. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE PROVENANT DE L'INDUSTRIE DE LA PLASTURGIE

3.1 INTRODUCTION

Les changements climatiques sont un enjeu mondial crucial, et le lien entre les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre, la pollution atmosphérique, le réchauffement climatique et des événements météorologiques précis est très complexe. Les risques possibles liés aux changements climatiques sont si importants qu'une réduction des gaz à effets de serre s'impose.

Le présent chapitre fournit des renseignements de base sur la relation entre la consommation d'énergie, la production de plastiques et les émissions de gaz à effet de serre, et traite des mesures prises pour composer avec cet enjeu important.

3.1.1 GAZ À EFFET DE SERRE

On compte six principaux gaz à effet de serre. Le tableau 3-1 énumère ces gaz ainsi que leur potentiel de réchauffement de la planète.

Tableau 3-1 Gaz à effet de serre

| Gaz à effet de serre | Abréviation | Facteur de multiplication du réchauffement de la planète |
|------------------------|------------------|--|
| Dioxyde de carbone | CO ₂ | 1 |
| Méthane | CH ₄ | 21 |
| Oxyde nitreux | N ₂ O | 310 |
| Hydrofluorocarbures | HFC | 140–11 700 |
| Perfluorocarbures | PFC | 6 500–9 200 |
| Hexafluorure de soufre | SF ₆ | 23 900 |

Dans l'industrie de transformation des matières plastiques, les émissions de gaz à effet de serre sont surtout attribuables à la consommation d'énergie. Les procédés de fabrication de mousse de polystyrène extrudé et de polyuréthane émettent de petites quantités de HFC; ce problème sera abordé dans une autre section.

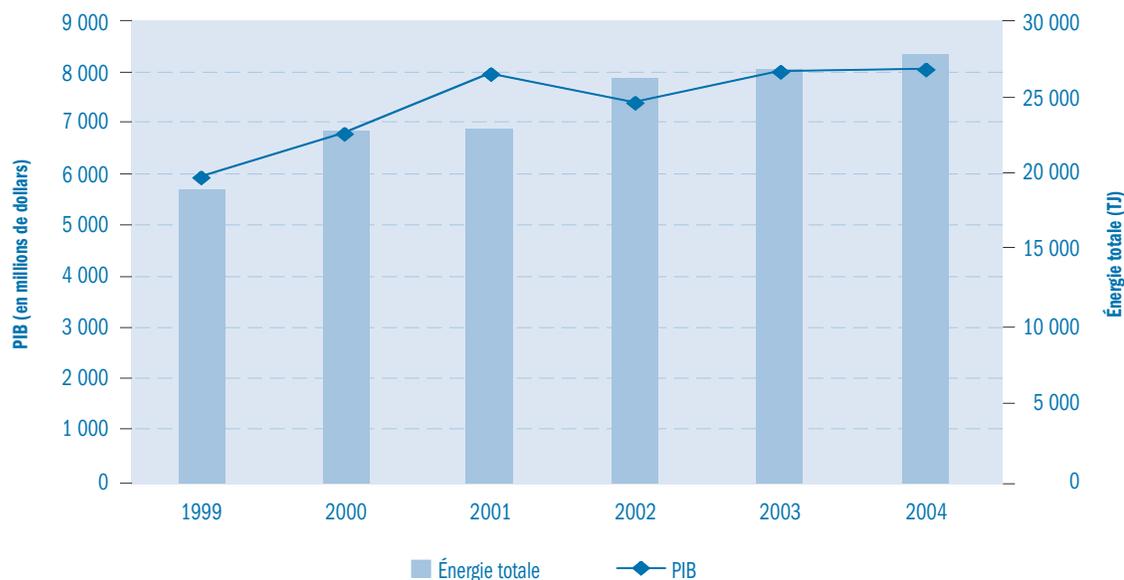
3.1.2 ÉNERGIE ET ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Comme il a été mentionné précédemment, dans l'industrie de transformation des matières plastiques, les émissions de gaz à effet de serre sont surtout attribuables à la consommation d'énergie. La forte croissance du secteur de la plasturgie au cours de la dernière décennie s'est accompagnée d'un accroissement de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre qui y sont liées. L'ACIP, en collaboration avec le PEEIC, a commandé un rapport intitulé *Review of Energy Consumption and Related Data* (CIEEDAC, 2005), qui met en lumière certains des problèmes liés à l'obtention d'une représentation juste de l'efficacité énergétique et du volume des émissions de l'industrie canadienne des plastiques. Les différences dans la définition de la population du secteur et le fait que les données de production du secteur ne sont pas facilement accessibles pour évaluer les tendances en matière de rendement énergétique représentent les principaux obstacles à la collecte de données sur l'industrie des plastiques. En dépit de ces obstacles, la section suivante offre un bref résumé des tendances liées à la consommation d'énergie pour le secteur et une estimation du rendement du secteur en matière d'efficacité énergétique pour la période allant de 1999 à 2004.

L'industrie de transformation des matières plastiques utilise surtout deux formes d'énergie, soit l'électricité et le gaz naturel. Tel qu'il est indiqué au chapitre 2, l'électricité est la principale source d'énergie utilisée, et les coûts qui y sont liés représentent 3 ou 4 p. 100 des coûts de production. L'électricité est utilisée pour fournir de la chaleur aux fourreaux des extrudeuses et pour mettre les commandes des extrudeuses sous tension. L'électricité fournit également une source d'énergie pour les systèmes hydrauliques, de refroidissement, de chauffage et d'air comprimé, et permet de ventiler, de climatiser et d'éclairer le bâtiment. Les coûts liés au gaz naturel peuvent représenter 1 ou 2 p. 100 des coûts de production. Le gaz naturel sert surtout au chauffage de l'eau et des installations mais peut également servir à de nombreuses autres fins dans le procédé de fabrication des plastiques.

La figure 3-1 illustre la consommation totale d'énergie du secteur canadien de la plasturgie (tel qu'il a été établi par le SCIAN 3261) pour la période allant de 1999 à 2004. La figure 3-1 présente également des données sur le produit intérieur brut (PIB) du secteur qui témoignent de la croissance du secteur pour cette même période.

Figure 3-1 Consommation d'énergie et PIB du secteur canadien de la plasturgie



Pour la période de six ans allant de 1999 à 2004 y compris, la consommation totale d'énergie dans l'industrie des produits en plastique a connu une hausse de 36 p. 100, passant de 19 950 térajoules à 27 050 térajoules. Pour la même période, le PIB est passé de 5,7 à 8,4 milliards de dollars, ce qui représente une hausse de 46 p. 100.

3.1.2.1 Rendement en matière d'émissions de gaz à effet de serre

On qualifie les émissions de gaz à effet de serre soit d'émissions directes, lorsqu'elles proviennent de la combustion de carburant dans les installations de transformation des matières plastiques, ou d'émissions indirectes, lorsqu'elles résultent de la combustion des combustibles fossiles nécessaires à la production de l'électricité utilisée dans l'installation de transformation des matières plastiques. Le tableau 3-2 présente les facteurs utilisés pour estimer les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant de la combustion du gaz naturel (qui représente environ 85 p. 100 des émissions directes du secteur des produits en plastique).

Tableau 3-2 Facteurs d'émissions provenant de la combustion du gaz naturel

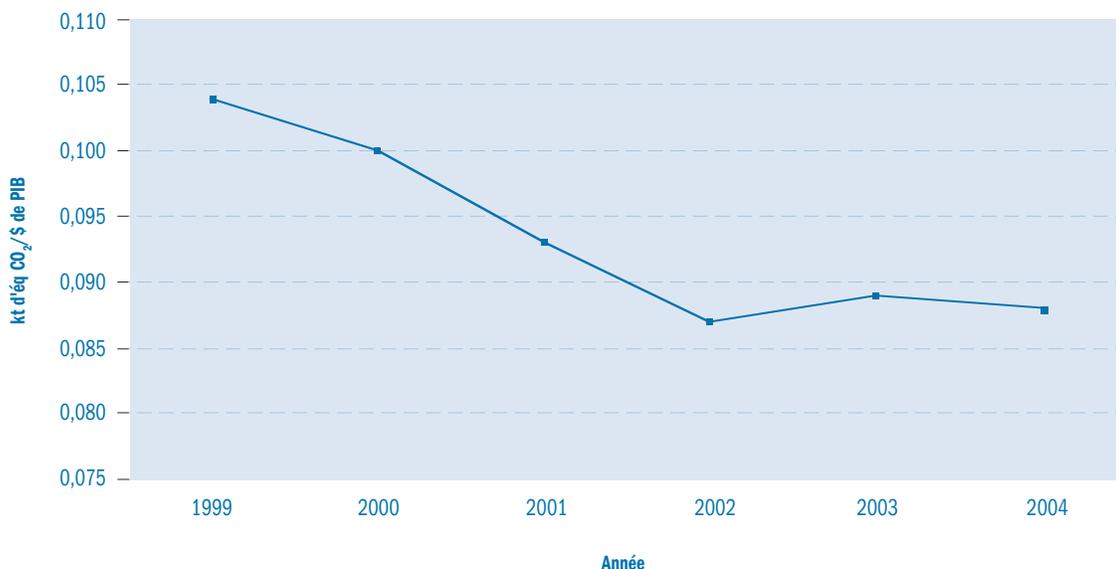
| Gaz | Facteur d'émissions (g/m ³ de combustible) |
|------------------|---|
| CO ₂ | 1 880 |
| CH ₄ | 0,0048 |
| N ₂ O | 0,02 |

Les émissions de CH₄ et de N₂O sont minimales comparativement aux émissions de CO₂. La convention selon laquelle les émissions de gaz à effet de serre sont déclarées en éq CO₂ sera respectée tout au long du présent rapport.

Les entreprises canadiennes de transformation des matières plastiques doivent se préoccuper du rendement de leurs activités en tenant compte des émissions de gaz à effet de serre, soit de leurs émissions par unité de production. Il n'existe aucune donnée pour l'ensemble du Canada permettant de mesurer les niveaux de production annuels, mais, comme le montre la figure 3-1, il est possible d'utiliser le PIB à titre d'approximation. Il est ainsi possible d'avoir une idée de la tendance en matière de rendement, mais celle-ci peut être faussée par des hausses disproportionnées du prix des produits et par d'autres facteurs pécuniaires.

En améliorant leur efficacité énergétique, les entreprises de transformation des matières plastiques peuvent réduire à la fois leurs émissions directes (produites par la consommation de combustibles fossiles sur place) et leurs émissions indirectes (liées à la production d'électricité hors site). L'intensité des émissions indirectes dépend du type de production d'électricité (p. ex. production thermique ou production hydraulique), qui varie considérablement pour chaque province ou territoire. En outre, les entreprises de transformation des matières plastiques n'ont aucun contrôle sur ce volume d'émissions. Dans les installations de transformation des matières plastiques, il est plus à-propos de parler d'émissions directes, qui peuvent être contrôlées. La figure 3-2 illustre la tendance en matière de rendement quant aux émissions directes, mesurée en fonction du PIB. Le graphique utilise des données provenant du Centre canadien de données et d'analyse sur la consommation d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC) pour la période allant de 1999 à 2004.

Figure 3-2 Émissions de gaz à effet de serre de l'industrie canadienne des produits en plastique en pourcentage du PIB – Fabrication de produits en plastique et de produits en caoutchouc



À la lumière du graphique 3-2, on observe une stabilité des émissions directes de gaz à effet de serre mesurées selon un pourcentage du PIB au cours des trois dernières années. Cependant, dans l'ensemble, ces émissions ont diminué de 15 p. 100 depuis 1999.

3.1.3 ÉMISSIONS D'HYDROCARBURE FLUORÉ PROVENANT DE LA PLASTURGIE

Les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) (hydrocarbures partiellement halogénés) et les hydrofluorocarbures (HFC) servent de gonflants dans la production de mousse de polystyrène extrudé et de mousse de polyuréthane. À l'échelle mondiale, l'utilisation de HFC dans la transformation des matières plastiques est présentement à la hausse puisque le HFC, un gaz à effet de serre, est utilisé pour remplacer le HCFC, qui appauvrit la couche d'ozone. En Ontario, le secteur de la plasturgie utilise peu le HCFC ou le HFC; en fait, seulement trois entreprises ont déclaré des émissions de HCFC dans la base de données de l'Inventaire national des rejets polluants (INRP) (les entreprises ne sont pas tenues de déclarer les émissions de HFC à l'INRP).

On ne dispose d'aucune donnée précise sur les émissions de HFC, et une grande partie des travaux d'évaluation des solutions de rechange à l'utilisation de ces composés sont de propriété exclusive. Selon l'Inventaire canadien des gaz à effet de serre, le gonflement de mousse a généré environ 10 000 kilotonnes d'éq CO₂ de HFC au Canada en 1997. On ne dispose d'aucune donnée pour estimer les émissions de HFC provenant du secteur canadien de la plasturgie; il est donc impossible de déterminer si les émissions de HFC sont en hausse ou en baisse au Canada. Au cours d'échanges avec le représentant d'une entreprise canadienne de transformation des matières plastiques, ce dernier a déclaré qu'on avait réussi, pour le secteur, à cesser d'utiliser les HCFC et les HFC dans la production. D'autres sources de référence et d'information sur l'utilisation des HFC en plasturgie figurent au chapitre 9.

3.2 OCCASIONS DE RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Au Canada, les émissions directes provenant de la plasturgie sont minimes (moins de 1 p. 100) par rapport aux rejets d'autres activités de production. Depuis 1999, les émissions directes ont augmenté de 8 p. 100, mais le volume des émissions a connu une réduction de 15 p. 100, comme le montre la figure 3-2.

Il est possible de réduire tant les émissions directes qu'indirectes de gaz à effet de serre par une amélioration constante de l'efficacité énergétique dans toute installation de transformation des matières plastiques. Les fonds investis dans les techniques éconergétiques et la modernisation des installations doivent présenter un intérêt financier si on veut que les entreprises de transformation des matières plastiques fassent ce type d'investissement.

Le taux d'investissement dans l'efficacité énergétique dépend en grande partie de deux facteurs, soit :

1. **L'âge, la capacité et la valeur comptable nette du capital-actions en place** – la durée de vie utile moyenne de la machinerie et du matériel dans l'industrie des produits en plastique est de 13 ans. Il n'est toutefois pas rare que le matériel qu'utilisent de petites entreprises date de 20 à 30 ans.
2. **Le taux de rentabilité attendu sur les investissements dans la nouvelle technologie et le nouveau matériel** – à l'heure actuelle, les investissements liés aux économies d'énergie ne réussissent pas à couvrir les coûts en capital occasionnés par le remplacement du matériel existant par du matériel hautement éconergétique.

Le chapitre 9 présente de l'information sur les programmes d'efficacité énergétique ainsi que de la documentation sur le sujet.

Le plastique aide à réduire les émissions de gaz à effet de serre attribuables aux automobiles

Les constructeurs d'automobiles cherchent sans cesse des façons de réduire le poids des véhicules, de limiter leurs coûts et d'accroître l'économie de carburant, ce qui a également l'avantage de réduire les émissions de gaz à effet de serre par kilomètre parcouru. En voici quelques exemples :

- *La Chevrolet Silverado 2001 utilise des ailes de plastique moulé par injection et réaction avec renforts (RRIM) et une carrosserie cargo structurelle de composites moulés par réaction structurelle (SRIM), ce qui allège de 25 kilogrammes le poids total de la camionnette par rapport aux modèles faits de pièces classiques en acier.*
- *Les camionnettes de grande taille ainsi que les camionnettes lourdes 2001 de Chevrolet sont munies d'ailes arrière moulées selon le procédé RIMM, ce qui réduit leur poids de 30 kilogrammes.*
- *DaimlerChrysler et Ford installent désormais des pare-chocs arrière en plastique sur certains modèles. Le poids de ce pare-chocs arrière non métallique, premier du genre dans sa catégorie, est 41 p. 100 plus léger que les pare-chocs d'acier.*

Les émissions de gaz à effet de serre provenant des voitures de tourisme et des véhicules utilitaires légers continuent de croître, puisque de plus en plus de véhicules circulent sur nos routes, parcourant davantage de kilomètres. Plus de 31 000 kilotonnes d'émissions de CO₂ sont attribuables à ce secteur, ce qui représente environ 16 p. 100 des émissions totales de gaz à effet de serre de l'Ontario. Ainsi, toute réduction graduelle aura une incidence.

Source :

www.findarticles.com/m3012/10_180/0/p1/article.jhtml

3.2.1 PROGRAMME D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DANS L'INDUSTRIE CANADIENNE

Le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) est un programme national qui préconise l'application volontaire de mesures efficaces visant à réduire la consommation d'énergie par unité de production dans le secteur industriel, ce qui, par le fait même, améliore la performance économique et contribue à l'atteinte des objectifs du Canada au chapitre des changements climatiques. Le PEEIC se compose de groupes de travail sectoriels, chacun représentant des entreprises qui évoluent dans le même secteur d'activité.

Par l'entremise de son Conseil des groupes de travail, le PEEIC établit des objectifs sectoriels visant à améliorer l'intensité énergétique, et publie un rapport d'étape annuel à cet égard.

Économies d'énergie et réduction des gaz à effet de serre dans le secteur des matières plastiques au moyen de la membrane d'étanchéité

Une étude de cas préparée en 2000 pour l'American Plastics Council et l'Institut des plastiques et de l'environnement du Canada (IPEC) de l'ACIP, a fait valoir les avantages liés à la réduction des gaz à effet de serre de l'application d'une membrane plastique d'étanchéité à l'extérieur des maisons résidentielles individuelles aux États-Unis et au Canada. La méthode d'analyse du cycle de vie a démontré qu'il est possible de réaliser annuellement une réduction d'équivalent CO₂ de l'ordre de 360 à 1 800 kilogrammes, en réduisant la consommation d'énergie pour une maison canadienne typique. Cette étude soutenait également que, si toutes les maisons bâties au Canada de 1991 à 1995 avaient été construites avec une membrane d'étanchéité, on estime que les réductions d'émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie au Canada auraient représenté de 1,8 à 8,2 millions de tonnes métriques d'équivalent CO₂ pour cette même période (soit environ de 3 à 20 p. 100 de l'engagement du Canada en matière de réduction).

Source : www.plasticsresource.com

3.3 RÉSUMÉ

Dans l'industrie de transformation des matières plastiques au Canada, la consommation d'énergie a connu une hausse de 36 p. 100 au cours de la période allant de 1999 à 2004. Pendant cette même période, la production de plastiques s'est accrue de 46 p. 100. L'intensité énergétique découlant de cette production (énergie par unité de production) a connu une amélioration de 15 p. 100 au cours de cette période de six ans. Ces chiffres prouvent que le secteur de la plasturgie a amélioré son efficacité énergétique et que les émissions de gaz à effet de serre par unité de production ont diminué.

Des entretiens avec des représentants d'entreprises canadiennes de transformation des matières plastiques ont montré qu'il existe de nombreuses possibilités d'accroître l'efficacité énergétique et de réduire les émissions de gaz à effet de serre, qui seront explorées lorsque les facteurs économiques (période de récupération, taux de rendement) seront favorables. Le secteur saurait tirer profit de programmes ou d'outils spécifiques aidant les entreprises de transformation des matières plastiques à évaluer les possibilités d'accroître l'efficacité énergétique, sans compter que ce type de programmes ou d'outils contribueraient aux initiatives de réduction des gaz à effet de serre.

D'autres études doivent être effectuées afin de déterminer les outils les plus efficaces pour permettre d'accroître l'efficacité énergétique.

4

PROCÉDÉS
GÉNÉRIQUES,
PRODUITS ET
MARCHÉS DES
PRODUITS



4. PROCÉDÉS GÉNÉRIQUES, PRODUITS ET MARCHÉS DES PRODUITS

Le présent guide traite également des importants procédés de transformation à volumes élevés de matières thermoplastiques. Il y est aussi question de deux procédés majeurs de transformation des plastiques thermodurcissables. Les estimations pour l'industrie indiquent que les procédés énumérés ci-dessous représentent approximativement 90 p. 100 de l'activité de ce secteur. Le chapitre 5 offre des descriptions et des illustrations de ces procédés génériques.

L'examen du matériel offert dans le présent guide sera avantageux pour les activités de fabrication. En plus des possibilités d'économiser les ressources pour chaque procédé primaire présenté ci-après, toutes les usines du secteur utilisent l'énergie pour le chauffage et la climatisation des locaux, la manutention des matières, les opérations secondaires et les transports.

4.1 PROCÉDÉS GÉNÉRIQUES ET PRODUITS HABITUELS

Les procédés de production de plastiques sont polyvalents et peuvent produire une grande variété de produits finis, à partir d'une gamme de matières thermoplastiques et de matières plastiques thermodurcissables. Les procédés de production énumérés ci-dessous, et les exemples de produits pour chacun d'eux, ne sont qu'un aperçu des applications fréquemment utilisées.

Voici les six procédés génériques de transformation des matières thermoplastiques qui constituent la plus grande partie de la production :

- l'extrusion de profilés (p. ex. tuyaux, parements, garnitures pour automobiles);
- le moulage par injection (p. ex. conteneurs pour les produits laitiers vendus au détail, boîtiers de CD, tuyaux et raccords);
- l'extrusion de feuilles (p. ex. toiles de piscine);
- le moulage par injection-soufflage (p. ex. bouteilles à boissons gazeuses, bocal);
- l'extrusion-soufflage de gaine (p. ex. sacs à déchets, sacs à épicerie);
- le moulage par extrusion-soufflage (p. ex. bouteilles de détergent et de lubrifiant).

Deux procédés de transformation des matières plastiques thermodurcissables sont également abordés :

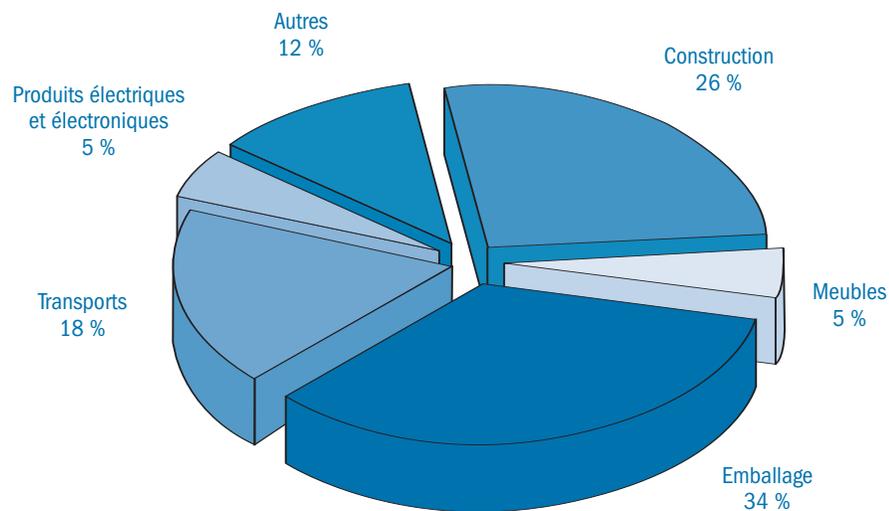
- le moulage par compression des plastiques thermodurcissables (p. ex. pièces du tableau de bord d'automobiles, déflecteurs d'air pour camions);
- le moulage de mousse d'uréthane (p. ex. coussins de sièges pour automobiles, composants amortissants du tableau de bord).

Il existe de nombreux autres procédés de fabrication de plastiques non présentés dans le présent guide, notamment le moulage par injection et réaction, le coulage par rotation, la coulée, le thermoformage, le formage sous vide, l'extrusion par étirage et le moulage à la main. De plus, les fabricants effectuent de nombreux types de finition et d'opérations secondaires qui dépassent le champ du présent guide. L'annexe III offre une liste plus complète des procédés génériques utilisés au Canada.

4.2 UTILISATION DES PRODUITS EN PLASTIQUE DANS DIVERS SEGMENTS DE MARCHÉ

La figure 4-1 présente la répartition de l'utilisation des plastiques au Canada selon les divers marchés finaux et types de produits. L'illustration met en lumière la grande variété d'applications de ces produits ainsi que l'importance de la transformation des matières plastiques dans l'économie canadienne.

Figure 4-1 Segments de marché des produits en plastique



Source : ACIP

5

DESCRIPTIONS DES PROCÉDÉS GÉNÉRIQUES ET DES SYSTÈMES AUXILIAIRES



5. DESCRIPTIONS DES PROCÉDÉS GÉNÉRIQUES ET DES SYSTÈMES AUXILIAIRES

Si on s'intéresse aux procédés génériques fréquemment utilisés, c'est pour mieux montrer les possibilités de réduire la consommation des ressources et de réduire les rejets. Le présent guide illustre et décrit ces procédés génériques. Les schémas de procédé indiquent les ressources entrant dans la production ainsi que les sources d'effluents. Les descriptions et les schémas sont grandement simplifiés et se veulent une introduction à la technologie pour le lecteur qui connaît peu l'industrie.

Il est également possible d'améliorer plusieurs des procédés décrits ci-dessous en introduisant plus d'un type de matière, plus d'une couleur ou plus d'un niveau de qualité dans le procédé pour fabriquer des produits présentant des couches de matières dissemblables. Ainsi, un seul procédé permet au fabricant d'améliorer l'aspect technique, esthétique ou financier de la production. De plus, la robotique joue un rôle de plus en plus déterminant dans l'industrie en maximisant la répétitivité des procédés, ainsi qu'en réduisant les coûts et le risque d'accidents. Pour simplifier les choses, ces types de perfectionnement ne seront pas pris en compte dans les descriptions de procédés présentées ici.

Le document comporte aussi des illustrations des systèmes auxiliaires. Le système de refroidissement libre par eau en circuit fermé, le système à air comprimé et le système pneumatique de manutention des matières premières sont quelques-uns des systèmes représentés. Les zones de consommation de ressources et les points d'émission sont établis avec exactitude dans chacun des systèmes auxiliaires génériques décrits.

Les lecteurs qui connaissent déjà bien les procédés génériques, la technologie de transformation et les systèmes auxiliaires peuvent passer directement au chapitre 6, « Possibilités d'amélioration générales ».

5.1 EXTRUSION DE PROFILÉS

L'extrusion à une vis est la technique la plus utilisée dans l'extrusion de profilés. Une trémie alimente en matières premières thermoplastiques, habituellement sous forme de pastilles, un fourreau à l'intérieur duquel se trouve une vis rotative. Le diamètre de la vis d'une petite extrudeuse de laboratoire peut mesurer 10 mm, tandis que dans le cas d'extrudeuses à volumes élevés, cette vis peut avoir un diamètre de plus de 300 mm. La vis est habituellement activée par un moteur électrique à vitesse variable, qui peut être relié à une boîte d'engrenage à une ou plusieurs vitesses.

Le système de vis remplit plusieurs fonctions :

- Le système transporte la matière de la trémie à une filière placée à l'extrémité opposée du fourreau.
- La vis plastifie et met sous pression la matière. De la chaleur est produite par le cisaillement et la présence de bandes chauffantes placées hors du fourreau. Le fourreau peut être muni d'évents pour permettre l'évacuation des gaz et de la vapeur d'eau. La ventilation nécessite une vis multifilet comprenant une zone de décompression entre chaque étage de compression.
- La vis peut être utilisée pour incorporer des colorants et d'autres additifs.
- Le contrôle de la température de fusion, de l'homogénéité et de la pression sont tous des facteurs cruciaux. Des thermocouples servent à mesurer la température le long du fourreau et à contrôler l'intensité du courant électrique envoyé aux bandes chauffantes. Pour éviter qu'une chaleur de cisaillement excessive détériore la matière, certaines zones du fourreau sont refroidies à l'eau ou à l'air.

La matière plastifiée est poussée dans une filière pour obtenir la forme voulue. Après son passage à travers la filière, l'extrudat partiellement solidifié peut être façonné davantage au moyen de compas ou de conformateurs sous vide, pour obtenir le profil désiré et maintenir les niveaux de tolérance requis. L'extrudat est ensuite refroidi à l'eau ou à l'air. Lorsque la matière est assez dure pour résister aux dommages causés par la manipulation, on utilise un dispositif de tirage pour maintenir une tension constante sur l'extrudat. Une scie suiveuse ou un mécanisme de cisaillement coupe ensuite le produit à la longueur voulue pour l'expédition ou une transformation ultérieure.

Des extrudeuses jumelées, munies de deux vis parallèles, peuvent assurer une grande production avec peu de cisaillement. Ces extrudeuses servent habituellement à la transformation de volumes élevés de matières thermosensibles. Le parement et les tuyaux produits à partir de matières non pastillées (en poudre) comptent parmi les applications typiques de ces extrudeuses. La coextrusion (l'utilisation de plus d'une extrudeuse pour alimenter une seule filière) est fréquente.

Dans la plupart des activités spéciales, on se sert de diverses tailles d'extrudeuses polyvalentes. Toutefois, l'utilisation d'une machine adaptée à un emploi particulier permet généralement d'atteindre des résultats remarquables en matière de productivité, de qualité et d'efficacité énergétique. Pour une matière et un flux de production déterminés, il importe de faire les bons choix quant au diamètre de la vis, au rapport entre la longueur et le diamètre de la vis et aux conditions de fonctionnement.

L'extrusion permet de transformer une vaste gamme de matières thermoplastiques. Le PVC (polychlorure de vinyle) est la matière la plus utilisée. Cette matière entre dans la composition de parements de vinyle pour la construction, de conduites d'égout et de garnitures de fenêtres. L'ABS (polystyrène-butadiène-acrylonitrile) sert à fabriquer des garnitures de réfrigérateurs, des conduits d'évacuation et des composants de meubles.

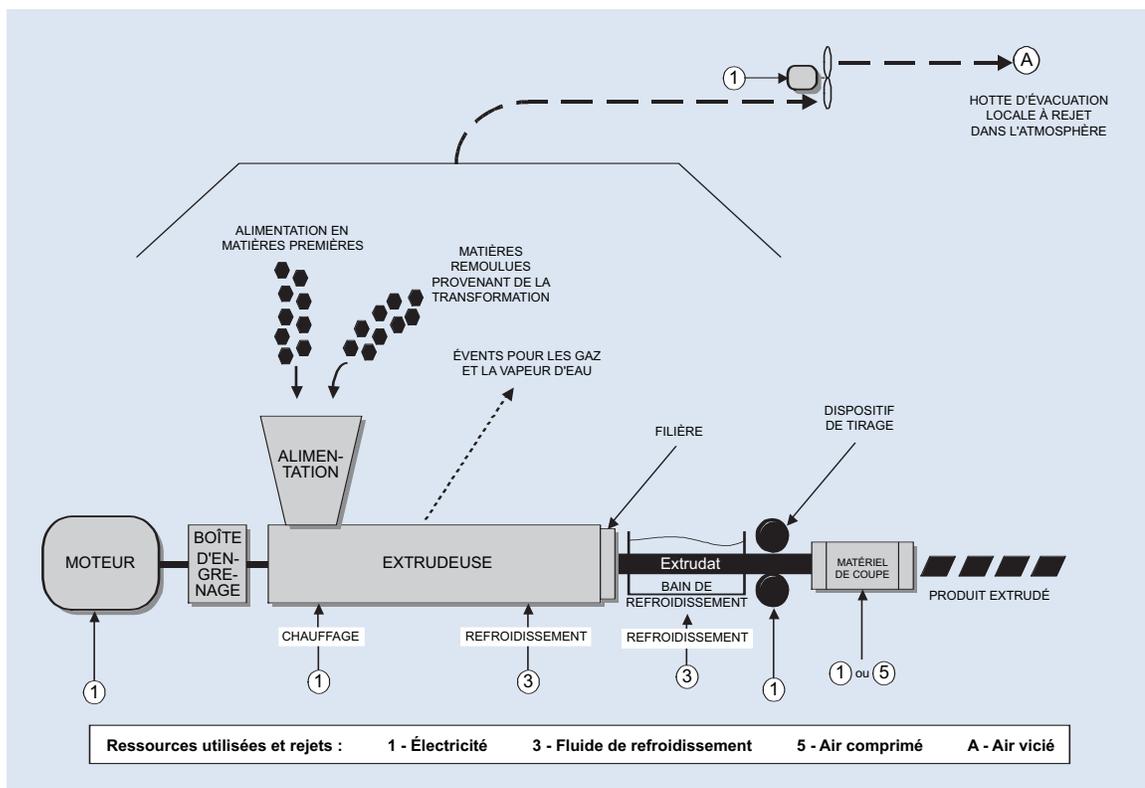
Consommation des ressources et émissions dans le procédé d'extrusion de profilés

Dans ce procédé, l'électricité nécessaire au fonctionnement du moteur de la vis de l'extrudeuse constitue la plus grande demande en énergie. Les moteurs des dispositifs de tirage et des ébouteuses consomment également de l'énergie électrique. Dans d'autres cas, le matériel de coupe peut fonctionner à l'air comprimé.

De grandes quantités d'eau peuvent être nécessaires au refroidissement des garnitures de fenêtres. Cette eau est souvent recyclée.

Les événements des fourreaux ainsi que la goulotte d'alimentation et la buse émettent de la vapeur d'eau et d'autres émissions gazeuses dans l'atmosphère.

Figure 5-1 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé d'extrusion de profilés



5.2 MOULAGE PAR INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

Le moulage par injection des thermoplastiques est un procédé polyvalent utilisé pour produire une vaste gamme de produits finis. Si on utilise la bonne conception d'outillage et la bonne matière, les pièces moulées par injection peuvent offrir de nombreuses propriétés physiques et de bons éléments de décor, en plus de résister aux attaques chimiques et au vieillissement. Il est également possible d'insérer, au besoin, des pièces métalliques dans les pièces moulées par injection pour en augmenter la résistance.

On classe habituellement les machines de moulage par injection selon la force de l'unité de fermeture, soit la force requise pour résister à la pression exercée par la matière injectée dans le moule durant le procédé d'injection. À noter que la pression requise est souvent élevée, soit de 20 000 à 30 000 lb/po². Ainsi, la force de l'unité de fermeture varie normalement entre 20 tonnes pour une petite machine et 6 000 tonnes et plus pour une grosse presse.

Le procédé de plastification de la matière est semblable à celui expliqué dans la description du procédé de l'extrusion de profilés. La principale différence réside dans le fait que, pour le procédé de moulage par injection, la vis se retire pendant qu'elle tourne et une quantité préétablie de matière plastifiée s'accumule devant elle. À ce moment, la vis cesse de tourner et s'avance pour pousser la matière à travers une buse, puis dans un moule sous haute pression.

La durée du cycle varie selon la matière utilisée, l'épaisseur des parois des pièces et l'outillage. Les récipients à parois minces nécessitent habituellement un cycle de quelques secondes. Les grandes pièces à sections épaisses prennent plusieurs minutes à durcir avant d'être retirées des moules.

Un opérateur retire manuellement du moule les pièces qui nécessitent un ébarbage, une inspection intégrale ou des opérations secondaires. Il est également possible de laisser tomber les pièces dans un conteneur ou d'utiliser des robots (extracteurs de carottes) pour extraire les carottes ou les pièces des moules. Dans les applications de haute technicité, on utilise des robots pour emballer les pièces ou pour les transférer à un poste secondaire de traitement.

L'introduction de la matière dans les empreintes de moules peut s'effectuer de diverses façons. Selon la méthode classique, la matière est versée par un canal primaire d'alimentation et un canal secondaire d'injection, puis s'écoule dans une ou plusieurs empreintes de moules. Après le durcissement de la pièce, le moule s'ouvre et les pièces peuvent être ébarbées du canal secondaire d'injection. Dans la plupart des applications, les carottes et les barbes sont de nouveau broyées pour être soumises une autre fois au procédé de transformation.

L'application de divers niveaux de sophistication dans l'outillage permet de réduire la main-d'œuvre et l'énergie nécessaires à l'ébarbage des pièces après le moulage. Ainsi, des entrées en tunnel ou sous-marines sont utilisées pour séparer les pièces du canal secondaire d'injection au moment de l'ouverture des moules.

L'utilisation d'un canal secondaire d'injection chauffant pourrait éliminer totalement les activités de séparation et de rebroyage des barbes. Des dispositifs de chaleur intégrés aux moules maintiennent la matière en fusion dans les canaux secondaires d'injection jusqu'à la charge d'injection suivante. L'outillage des canaux chauffants est plus coûteux, mais la technique est couramment utilisée dans la production de grands volumes de petites pièces, surtout lorsque des matières thermosensibles sont utilisées. Lorsque l'outillage classique est utilisé, le rapport de poids entre le canal et la pièce est généralement assez élevé, et la matière peut se détériorer à force de passer plusieurs fois dans le cycle de chauffage.

On utilise le moulage par injection dans la transformation d'une grande variété de matières. On retrouve les résines industrielles, tel le polyéthylène, dans les récipients à crème glacée. Le polystyrène, quant à lui, entre dans la fabrication des boîtiers de CD.

Lorsque le produit final exige des propriétés physiques ou chimiques que n'offrent pas les matières plastiques industrielles, on fait appel à des plastiques techniques. Ainsi, le nylon est souvent utilisé dans des applications nécessitant de la résistance et de la lubrifiante. Certaines pièces décoratives et fonctionnelles composées d'ABS, telles que les poignées de robinet et les moulures pour voitures, sont protégées par électrodeposition.

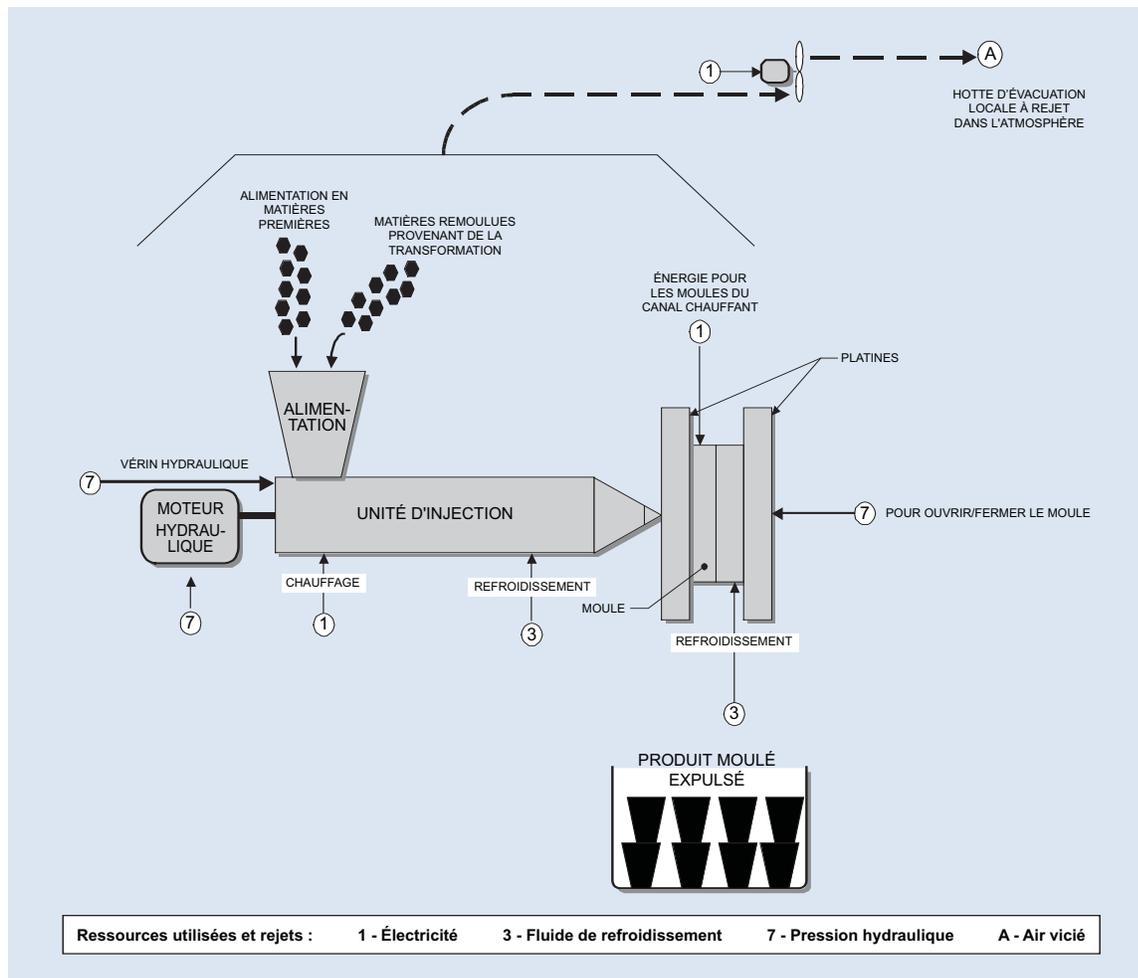
Consommation des ressources et émissions dans le procédé de moulage par injection

Dans ce procédé, l'électricité nécessaire au fonctionnement des systèmes hydrauliques constitue la plus grande demande en énergie. La majeure partie de l'énergie sert à la plastification de la matière; des quantités plus faibles sont nécessaires à l'injection et au transfert des moules.

Habituellement, les moules sont refroidis à l'eau, et cette eau est recyclée.

Les événements des fourreaux ainsi que la goulotte d'alimentation et la buse émettent de la vapeur d'eau et d'autres émissions gazeuses dans l'atmosphère. Les agents démoulants, s'ils sont utilisés, contribuent également aux émissions atmosphériques. L'eau utilisée dans le refroidissement des moules est habituellement recyclée. Des fuites dans les systèmes hydrauliques peuvent contaminer les eaux usées de l'usine.

Figure 5-2 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé de moulage par injection



5.3 EXTRUSION PAR FILIÈRE PLATE OU DE FEUILLES

Dans ce procédé, une filière plate, souvent d'une largeur de trois ou quatre mètres, est fixée à une extrudeuse afin de produire une feuille mince. En règle générale, cette feuille mince est placée à la verticale dans un bain de refroidissement, puis passée sur des cylindres froids. Ces cylindres bien polis produisent une feuille mince à surface lisse d'une excellente transparence. L'épaisseur d'une feuille mince s'explique en partie par la vitesse de refroidissement. Il importe d'exercer un contrôle précis de la température des cylindres et des bains de refroidissement.

Le mécanisme des cylindres fonctionne à une vitesse précise qui permet d'étirer la feuille tout en l'amincissant. Ce procédé produit une feuille mince présentant des propriétés physiques supérieures dans le sens de l'extensibilité, et des propriétés inférieures en son travers. Le fait d'étirer la feuille extrudée sur le long et de façon transversale permet d'obtenir une feuille mince à double orientation, extensible en tous sens.

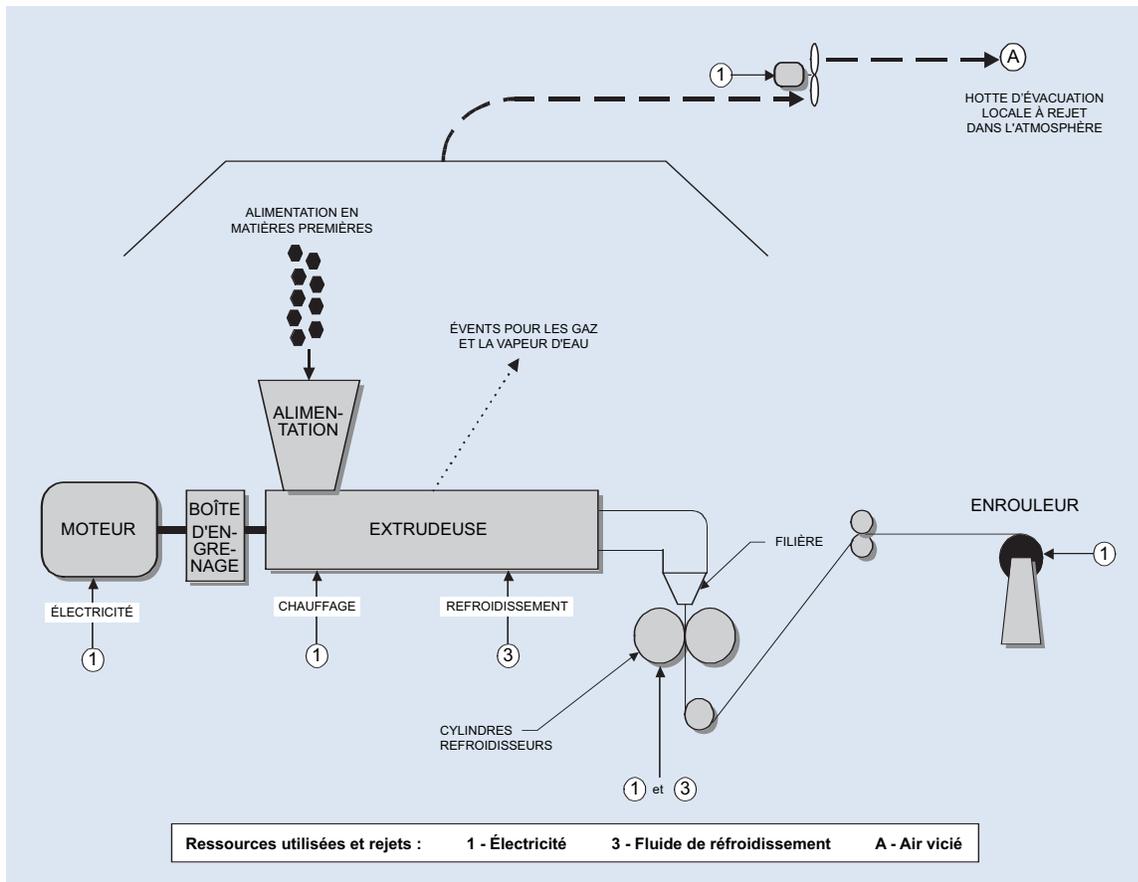
L'épaisseur d'une feuille peut varier grandement, allant de la pellicule utilisée pour l'emballage à la feuille plus épaisse utilisée par les fabricants de baignoires de massage. Il est possible de coextruder une feuille à partir de plus d'un type de matière et de produire des feuilles gaufrées.

Une large gamme de polymères peut être transformée par l'extrusion de feuilles; le polyéthylène, le polypropylène et le polystyrène sont fréquemment utilisés pour ce procédé.

Consommation des ressources et émissions dans le procédé d'extrusion par filière plate ou de feuilles

Dans ce procédé, l'électricité nécessaire au fonctionnement du moteur de la vis de l'extrudeuse constitue la plus grande demande en énergie. Les cylindres et les moteurs d'enrouleurs consomment une certaine quantité d'énergie électrique. Les cylindres refroidisseurs et les bains de refroidissement peuvent nécessiter de grandes quantités d'eau. Celle-ci est souvent recyclée. Les événements des fourreaux ainsi que la goulotte d'alimentation et la zone réservée à la filière émettent de la vapeur d'eau et d'autres émissions gazeuses dans l'atmosphère.

Figure 5-3 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé d'extrusion par filière plate ou de feuilles



5.4 EXTRUSION PAR SOUFLAGE DE GAINÉ

Dans ce procédé, la matière plastifiée est chassée à travers une filière en forme d'anneau. Le diamètre de cette filière peut mesurer de quelques centimètres à plus de deux mètres. La technique utilisée pour distribuer uniformément la matière fondue dans la filière pour tenter d'obtenir une feuille mince d'épaisseur égale est complexe.

Le tube ainsi formé par la filière est soufflé pour obtenir un diamètre de plusieurs fois supérieur au diamètre original au moyen d'une pression d'air introduite dans la filière. De l'air soufflé à partir d'un anneau situé à l'extérieur de la bulle, qui peut atteindre une hauteur équivalente à plusieurs étages, est utilisé pour refroidir la matière de l'extérieur. Le courant d'air externe tout comme le courant d'air interne peuvent être refroidis. Il est possible d'employer des anneaux de soufflage à air automatiques pour diriger des courants d'air contrôlés individuellement sur des zones précises de la bulle. En outre, des mesures automatiques de l'épaisseur de la feuille mince fournissent des renseignements permettant de contrôler la vitesse et la température des courants d'air individuels.

Lorsque la matière est durcie, la bulle passe à travers un cadre d'affaissement, puis dans des rouleaux pinceurs. Ces rouleaux assurent une pression constante à l'intérieur de la bulle en empêchant que l'air introduit par la filière ne fuie. La pression d'air permet de contrôler la taille de la bulle et, donc, l'épaisseur de la gaine soufflée.

Des produits tels que des sacs à déchets sont fabriqués à partir d'un seul polymère. Jusqu'à sept matières différentes coextrudées dans le cadre d'un seul procédé permettent d'obtenir les propriétés barrières particulières exigées pour des produits plus complexes, tels que les produits d'application médicale ou les produits d'emballage alimentaire.

La gaine peut être fendue et enroulée sur des rouleaux, et ainsi servir de feuille. La gaine peut également subir plusieurs autres transformations en ligne. On peut la traiter pour en améliorer l'adhérence aux colles et aux encres; on peut y ajouter une impression, des soufflets et la couper en produits précis, comme des sacs à déchets.

On a déjà enregistré un flux de production dépassant les 1 500 kilogrammes à l'heure.

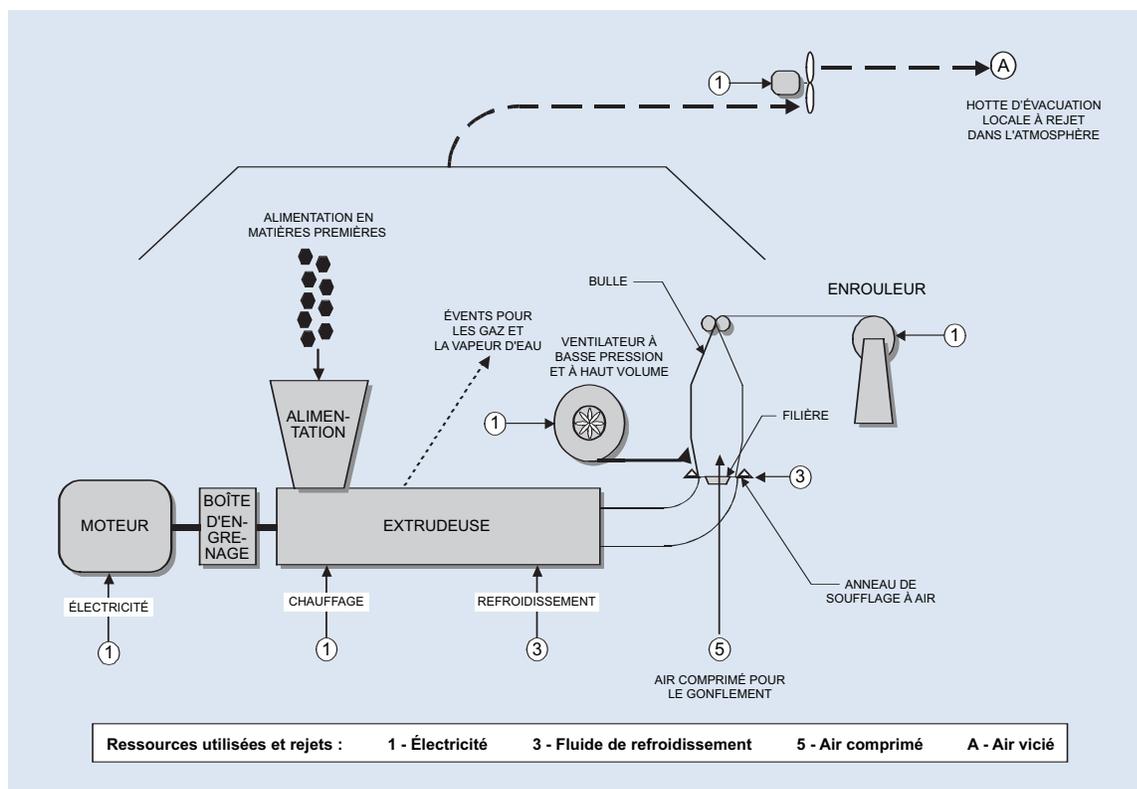
Le polyéthylène est le polymère le plus couramment utilisé dans le procédé d'extrusion de gaine à volumes élevés.

Consommation des ressources et émissions dans le procédé d'extrusion de gaine

Dans ce procédé, l'électricité nécessaire au fonctionnement du moteur de la vis de l'extrudeuse constitue la plus grande demande en énergie. Une grande quantité d'énergie sert au fonctionnement des moteurs des ventilateurs de refroidissement; les enrouleurs, quant à eux, consomment moins d'énergie.

Les événements des fourreaux ainsi que la goulotte d'alimentation et la zone réservée à la filière émettent de la vapeur d'eau et d'autres corps gazeux dans l'atmosphère.

Figure 5-4 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé d'extrusion par soufflage de gaine



5.5 MOULAGE PAR SOUFFLAGE

5.5.1 MOULAGE PAR EXTRUSION-SOUFFLAGE

Dans ce procédé, on effectue la plastification de la matière au moyen d'une vis. La matière est ensuite chassée à travers une filière en forme d'anneau, ce qui produit un tube appelé paraison. Dans le cas de petites pièces, l'extrusion de la paraison peut être continue; la taille maximale de la pièce est alors restreinte par la tendance de la paraison à s'étirer sous son propre poids. Dans le cas de pièces plus grosses ou de matières industrielles plus difficiles à transformer, la matière fondue est collectée dans un accumulateur, puis injectée de façon intermittente par un piston. La paraison peut également être formée au moyen de vis-pistons, qui fonctionnent de la même façon que dans le cas du moulage par injection. Afin de se conformer à certaines exigences relatives au produit et au procédé selon lesquelles une quantité supérieure ou inférieure de matière doit se retrouver à des endroits précis de la pièce, il est possible d'utiliser des composants de moule mobiles pour obtenir une variation dans l'épaisseur de la paraison au moment où celle-ci se forme.

La paraison composée de matière fondue est saisie entre deux moitiés de moule. De l'air est ensuite injecté dans la paraison pour gonfler la matière afin que celle-ci adhère aux parois du moule. Lorsqu'elle est refroidie, la pièce est expulsée et ébarbée. D'habitude, un grand nombre de moules sont utilisés en succession répétée ou en rotation pour permettre le refroidissement des pièces pendant que la matière nécessaire à la prochaine paraison est captée dans un moule. Puisque la pression exercée par l'air utilisé pour gonfler la paraison est relativement faible, les moules peuvent être faits d'aluminium. Cependant, on emploie généralement des moules en acier poli pour les pièces qui requièrent une surface bien finie. Les moules peuvent être refroidis ou chauffés, selon les matières utilisées et l'apparence recherchée du produit fini.

5.5.2 MOULAGE PAR INJECTION-SOUFFLAGE

Le moulage par injection-soufflage permet de produire de grandes quantités de récipients, tels que des bouteilles ou des bocaux présentant une surface bien finie et des tolérances serrées. Ce procédé fait habituellement appel à une tourelle à trois postes. Une préforme est d'abord moulée par injection au premier poste. Au deuxième poste, la préforme est insérée dans un autre moule et est ensuite soufflée pour former le produit fini. Les pièces sont enfin retirées des moules au troisième poste.

À noter qu'une machine à injecter distincte peut également produire la préforme. Pour la production de volumes élevés, notamment de contenants de boissons, le moule à préforme peut compter plus de cent empreintes. Plus tard dans le procédé, la préforme est réchauffée et insérée dans une machine à moulage de soufflage. Ce procédé permet de produire des formes plus complexes et d'utiliser les matières premières de façon plus économe.

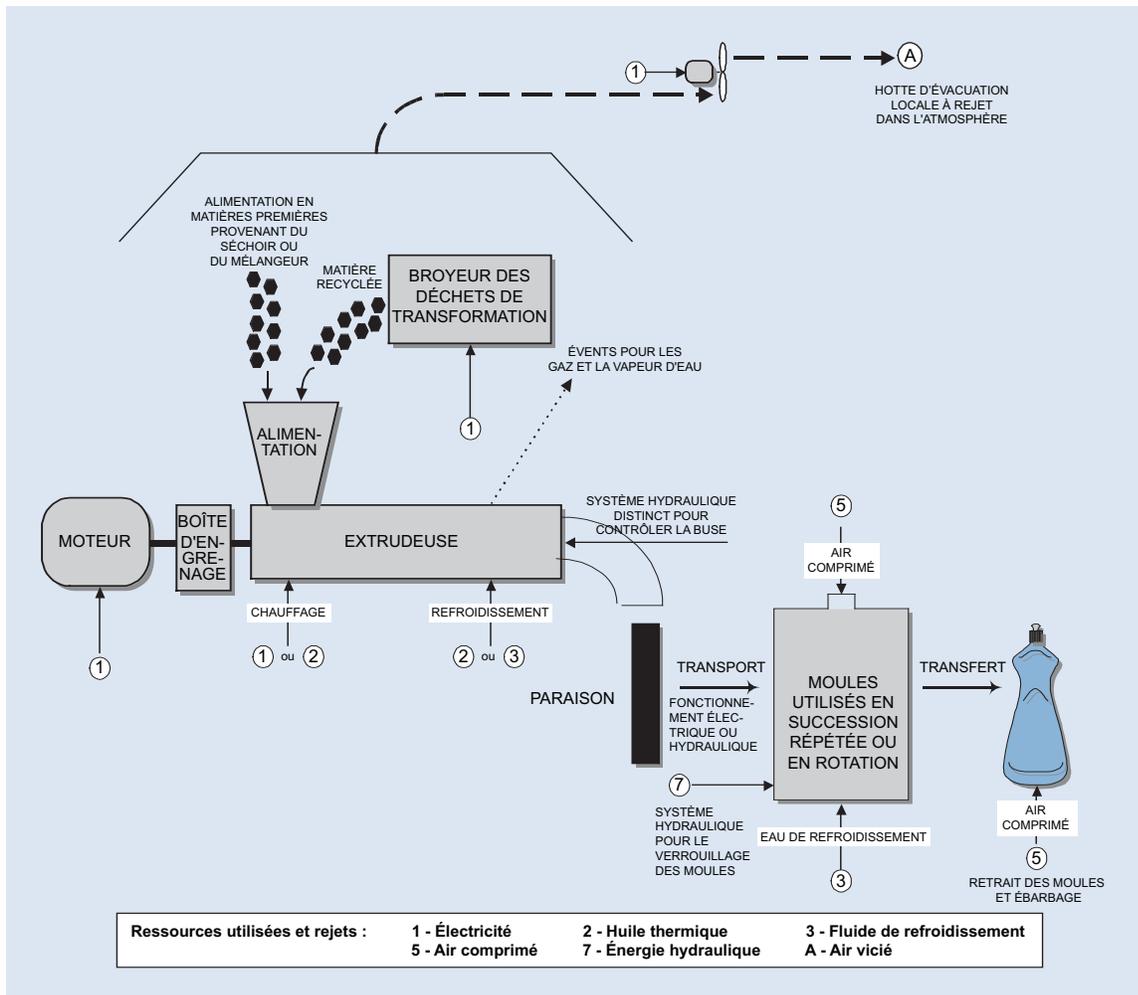
Les résines de polyéthylène, de polystyrène et de polyéthylène téréphtalate entrent souvent dans la fabrication d'emballages et de contenants de boissons.

Consommation des ressources et émissions dans le procédé de moulage par soufflage

Dans ce procédé, l'électricité nécessaire au fonctionnement du moteur de la vis de l'extrudeuse constitue la plus grande demande en énergie. Une petite quantité d'énergie électrique est nécessaire au fonctionnement des mécanismes de transfert des moules, qu'ils soient électriques ou hydrauliques, et à l'alimentation d'air comprimé pour le soufflage. Dans le procédé de moulage par injection-soufflage, il est possible de réchauffer les préformes au moyen de gaz. Il se peut également qu'une eau de refroidissement, souvent recyclée, soit utilisée pour les moules.

Les événements des fourreaux ainsi que la goulotte d'alimentation et la buse émettent de la vapeur d'eau et d'autres émissions gazeuses dans l'atmosphère. Lorsque le réchauffage des préformes se fait au moyen de gaz, sa combustion contribue aux émissions atmosphériques.

Figure 5-5 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé de moulage par injection-soufflage



5.6 MOULAGE PAR COMPRESSION DES PLASTIQUES THERMODURCISSABLES

Les plastiques thermodurcissables réagissent différemment lorsqu'ils sont exposés à la chaleur. Ces matières subissent une transformation chimique irréversible lorsqu'elles sont chauffées et ne peuvent donc être plastifiées de nouveau. En règle générale, les cinq procédés décrits précédemment (sections 5.1 à 5.5) utilisent des matières thermoplastiques. La chaleur amollit ces matières, qui redurcissent lorsqu'elles sont refroidies. La plupart des matières thermoplastiques peuvent subir ce procédé de fusion et de durcissement de nombreuses fois sans grande détérioration de leurs propriétés physiques.

Les matières premières thermodurcissables sont offertes soit en pastilles, soit en mélanges à mouler en feuilles, présentés en rouleaux de feuilles semblables à du mastic. Il est fréquent de trouver une certaine quantité de fibres de verre dans les mélanges à mouler en feuilles, ce qui améliore les propriétés physiques du produit fini.

Dans le procédé de moulage par compression, on dépose une quantité prépesée de plastique thermodurcissable dans l’empreinte d’un moule. Certaines matières thermodurcissables supportent le moulage à la température ambiante. Cependant, l’utilisation de moules chauffés réduit la durée des cycles de production. Une pression hydraulique (atteignant souvent les 5 000 lb/po²) ferme le moule chauffé, et la matière coule pour remplir le moule.

La force de fermeture d’une grosse machine de moulage par compression peut dépasser 10 000 tonnes.

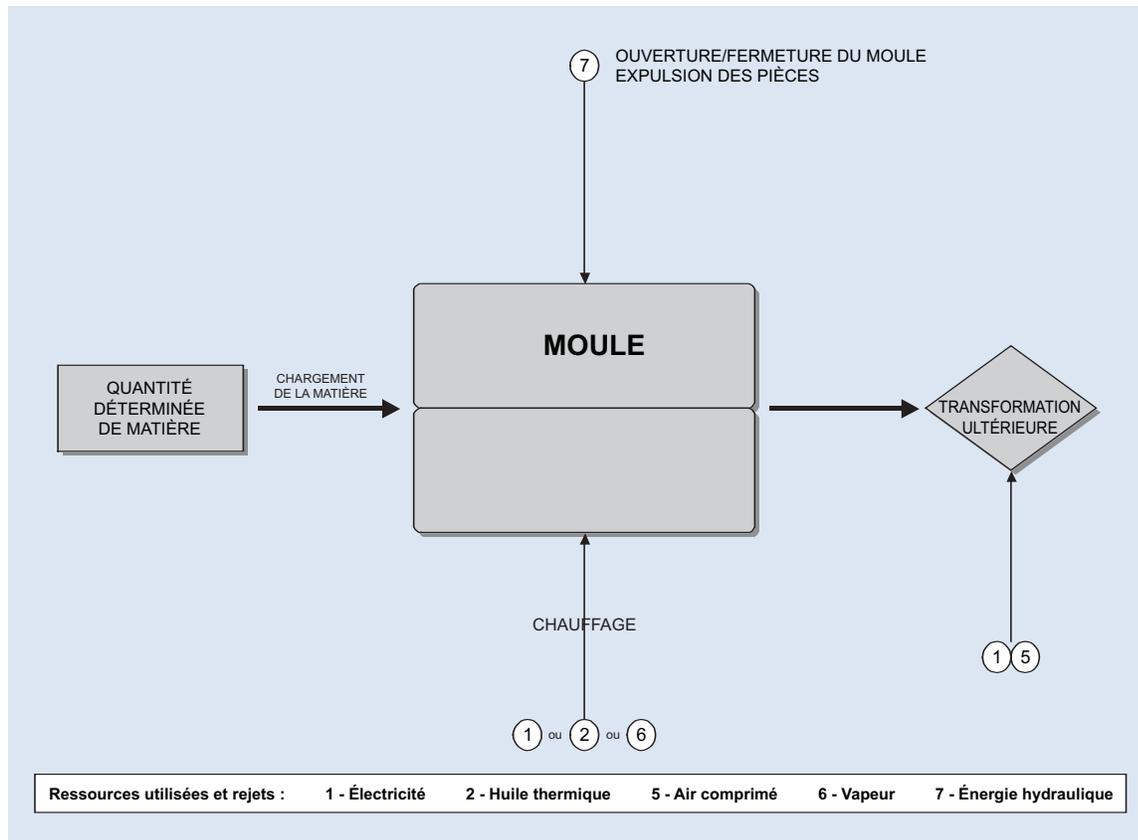
Grâce au bas prix, au faible poids et à la haute résistance des produits moulés par compression renforcés à la fibre de verre, cette technique est de plus en plus utilisée pour les secteurs des transports en commun et de l’automobile.

Le polyester thermodurcissable, d’habitude avec fibres de verre ajoutées, est souvent utilisé dans les applications relevant du moulage par compression.

Consommation de ressources et émissions dans le procédé de moulage par compression

Dans ce procédé, l’électricité nécessaire au fonctionnement des systèmes hydrauliques des presses constitue la plus grande demande en énergie. Le chauffage des moules consomme également de l’énergie, que ce soit directement par un chauffage par résistance, par l’utilisation d’huile thermique, ou encore par la production de vapeur. Durant l’opération, le mélange à mouler rejette des émissions atmosphériques. En outre, des fuites d’huile dans les systèmes hydrauliques peuvent contaminer les eaux de ruissellement.

Figure 5-6 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé de moulage par compression



5.7 MOULAGE DE MOUSSES

Dans le procédé de moulage de mousses, un mélange de matières premières liquides est introduit dans un moule. Ce mélange est ensuite soumis à une réaction chimique, ce qui lui permet de prendre de l'expansion et de remplir le moule. Dans le cas de mousses à réaction rapide, on utilise des moules fermés dans un procédé appelé moulage par injection et réaction. Pour les mousses à réaction plus lente, il est possible d'utiliser des moules ouverts, qui sont ensuite fermés pendant que la mousse prend de l'expansion.

Pour assurer l'uniformité des produits finis, il importe d'effectuer un contrôle précis du mélange des matières premières. Dans les techniques de mélange à basse pression, utilisées dans le remplissage de moules ouverts, on se sert d'unités de dosage capables de mesurer avec précision et de mélanger 10 ingrédients pour des charges d'injection allant de quelques grammes à des centaines de kilogrammes.

Les productions à volumes élevés utilisent une seule tête de mélange qui remplit une série de moules passant sur un convoyeur, pendant que la mousse durcit. Les moules sont ensuite ouverts à un poste de démoulage et les pièces finies sont retirées. Pour certaines applications, il est possible d'insérer des prisonniers dans les moules.

Il est souvent nécessaire d'effectuer un ébarbage afin de retirer les bavures indésirables des pièces.

Un contrôle des gonflants et d'autres composés chimiques peut permettre de produire des mousses de densité variable. Les mousses rigides sont fréquemment utilisées comme isolant, tandis que les mousses souples entrent souvent dans la fabrication de meubles, de sièges d'auto et de rembourrages amortissants.

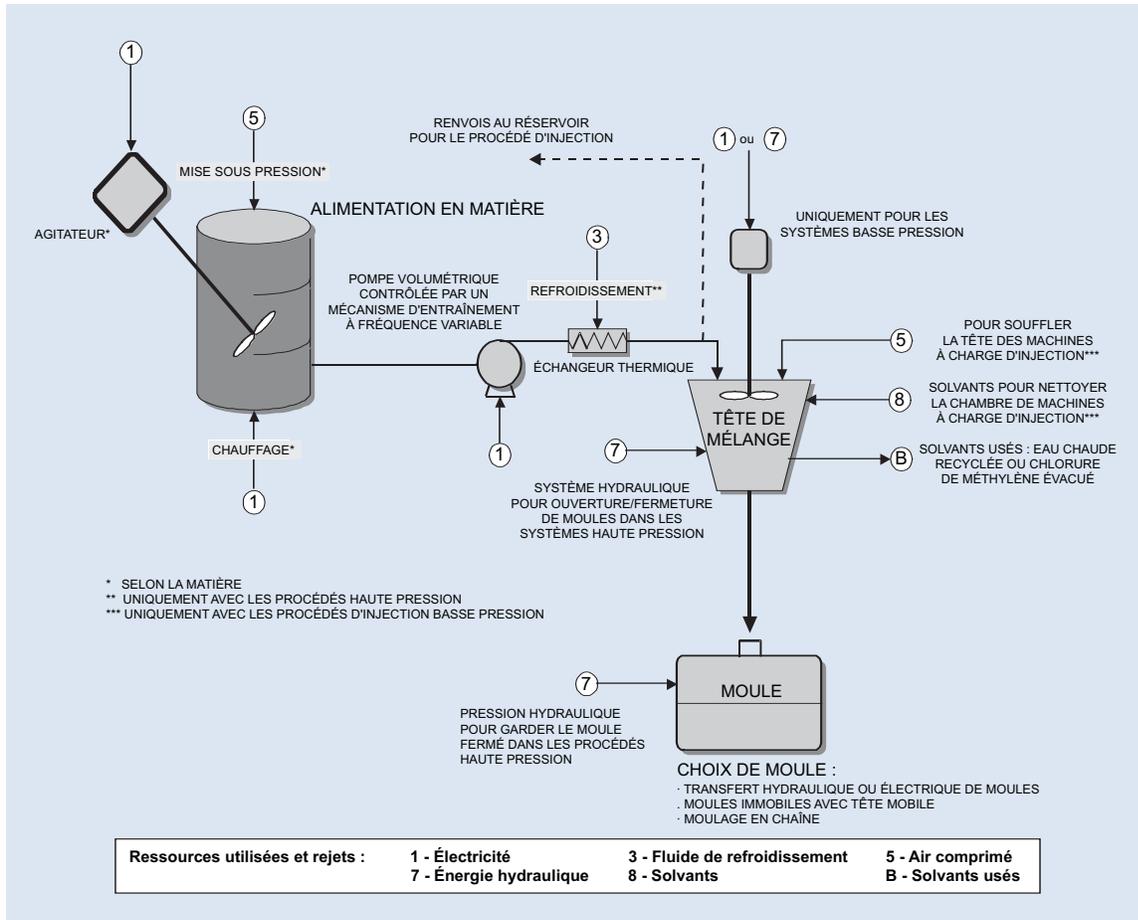
Les polyuréthanes sont les plus utilisés pour ce procédé.

Consommation des ressources et émissions dans le procédé de moulage de mousses

Dans ce procédé, l'électricité nécessaire au fonctionnement des distributeurs de matière constitue la plus grande demande en énergie. Le système de transfert des moules et les systèmes de moules à fonctionnement hydraulique, lorsqu'ils sont utilisés, consomment de plus petites quantités d'énergie.

La plupart des procédés de moulage de mousses n'utilisent aucune eau de refroidissement. Cependant, l'utilisation de solvants pour nettoyer les distributeurs peut générer des déchets liquides qui nécessitent un traitement spécial. Dans ce procédé, les émissions atmosphériques proviennent, entre autres, du processus de durcissement, des solvants et des agents démoulants. Les déchets solides produits par l'ébarbage et les autres déchets sont souvent recyclés et utilisés dans la fabrication de thibaudes.

Figure 5-7 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé de moulage de mousses



5.8 SYSTÈMES AUXILIAIRES

En plus des procédés principaux décrits dans les pages précédentes, la plupart des usines disposent de plusieurs systèmes auxiliaires comme ceux énumérés ci-dessous.

Systèmes de refroidissement – à passage unique et en circuit fermé

Le système de refroidissement à passage unique refroidit le matériel ou le produit au moyen d'une eau circulant dans des conduits d'alimentation, ensuite déversée dans les égouts. Le système de refroidissement en circuit fermé recycle l'eau; celle-ci passe dans un refroidisseur ou une tour de refroidissement après avoir absorbé la chaleur du produit en transformation.

Système de refroidissement « libre » en circuit fermé

Par temps frais, le système de refroidissement libre utilise l'air provenant de l'extérieur pour limiter les besoins en énergie des systèmes de refroidissement.

Unité de puissance hydraulique

Une unité de puissance hydraulique comprend une pompe hydraulique qui fonctionne habituellement au moyen d'un moteur électrique. Cette pompe met sous pression le fluide hydraulique, qui fait ensuite fonctionner divers composants, tels les vérins et les moteurs hydrauliques.

Réchauffeurs/Refroidisseurs à huile thermique

Le réchauffeur et le refroidisseur à huile thermique se composent d'un réservoir rempli d'huile thermique, d'une pompe et d'un élément chauffant ou réfrigérant. L'huile thermique sert à contrôler la température du matériel ou du produit en transformation.

Système à air comprimé

L'air comprimé a diverses utilités dans une usine, y compris le fonctionnement des vérins, des moteurs et des actionneurs. Le système à air comprimé se compose d'un moteur faisant fonctionner un compresseur qui comprime l'air et l'envoie dans un réservoir. À partir de ce réservoir, l'air passe généralement dans un dessiccateur avant d'être distribué dans l'usine pour diverses fonctions.

Système pneumatique de manutention des matières premières

On utilise un système pneumatique de manutention des matières premières pour le transfert dans l'usine de grandes quantités de matières telles que des pastilles. En plus du convoyeur pneumatique, le système peut également comprendre un système de mélange et un dessiccateur, selon le type de matière utilisée.

Les figures 5-8, 5-9, 5-10 et 5-11 illustrent ces systèmes auxiliaires. Les points de consommation de ressources et d'émissions sont clairement montrés sur chacune des illustrations de système auxiliaire.

Figure 5-8 Systèmes auxiliaires – Systèmes de refroidissement par eau à passage unique et en circuit fermé

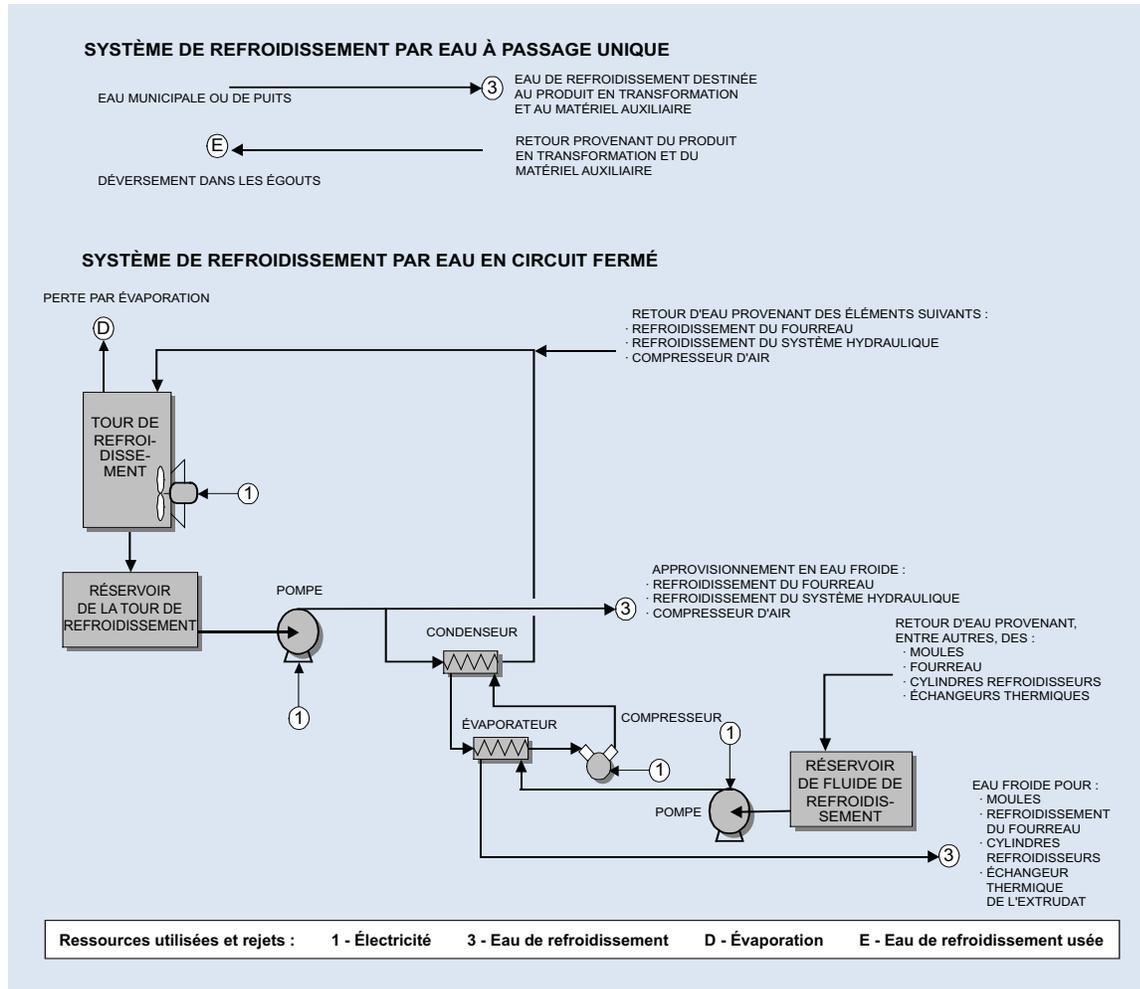


Figure 5-9 Systèmes auxiliaires – Système de refroidissement « libre » par eau en circuit fermé

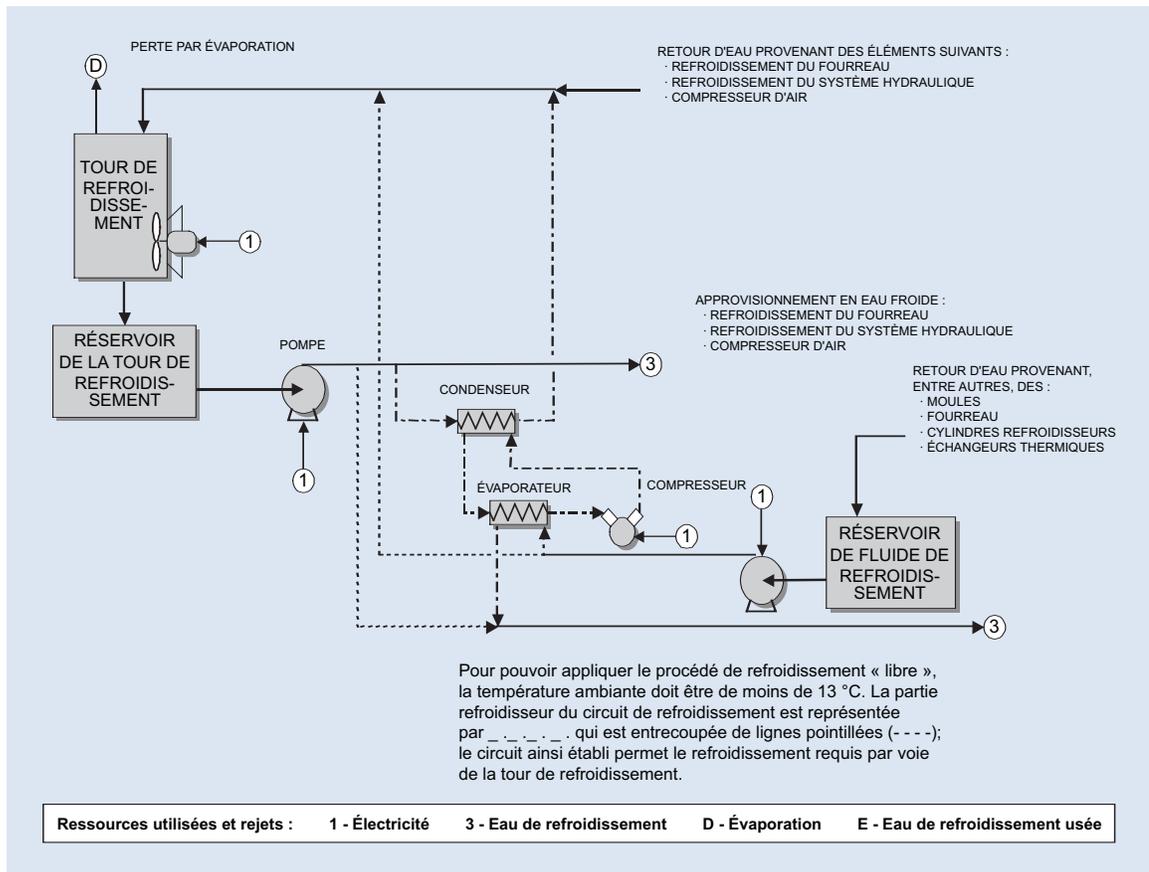


Figure 5-10 Systèmes auxiliaires – Unité de puissance hydraulique et système à l'huile thermique

57

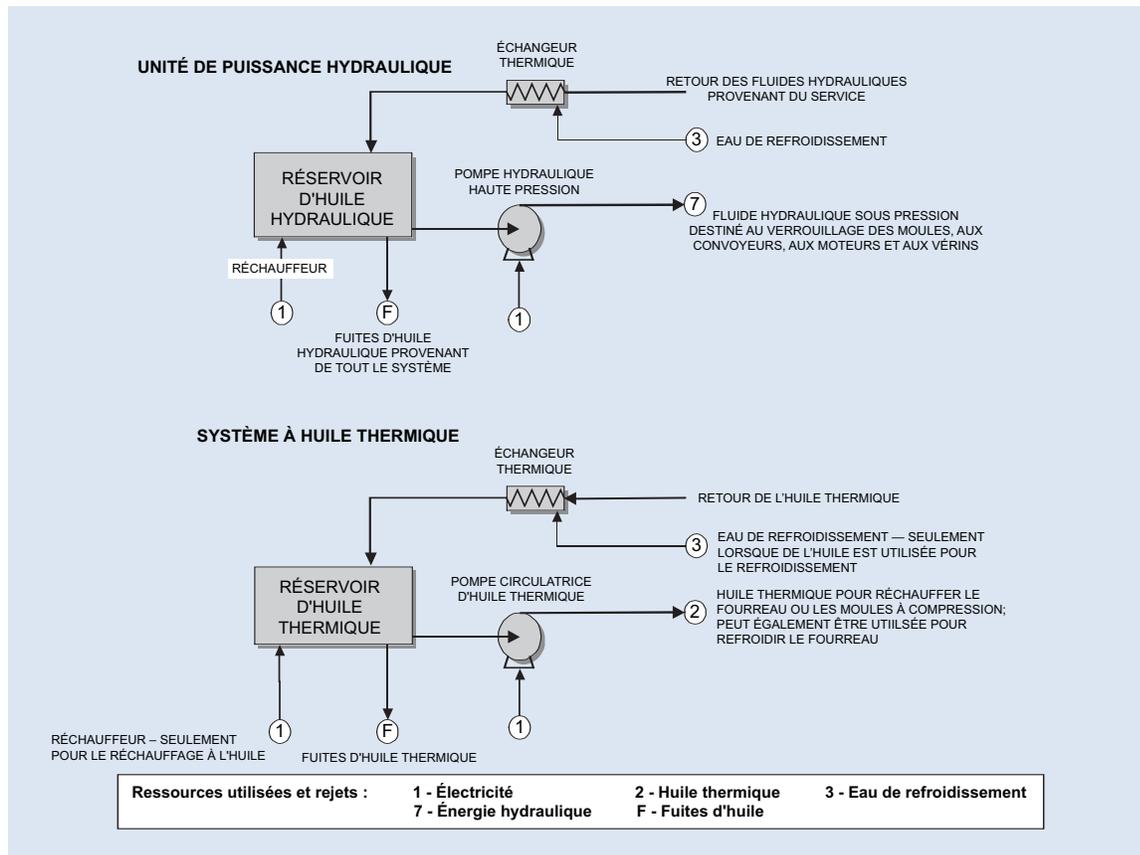
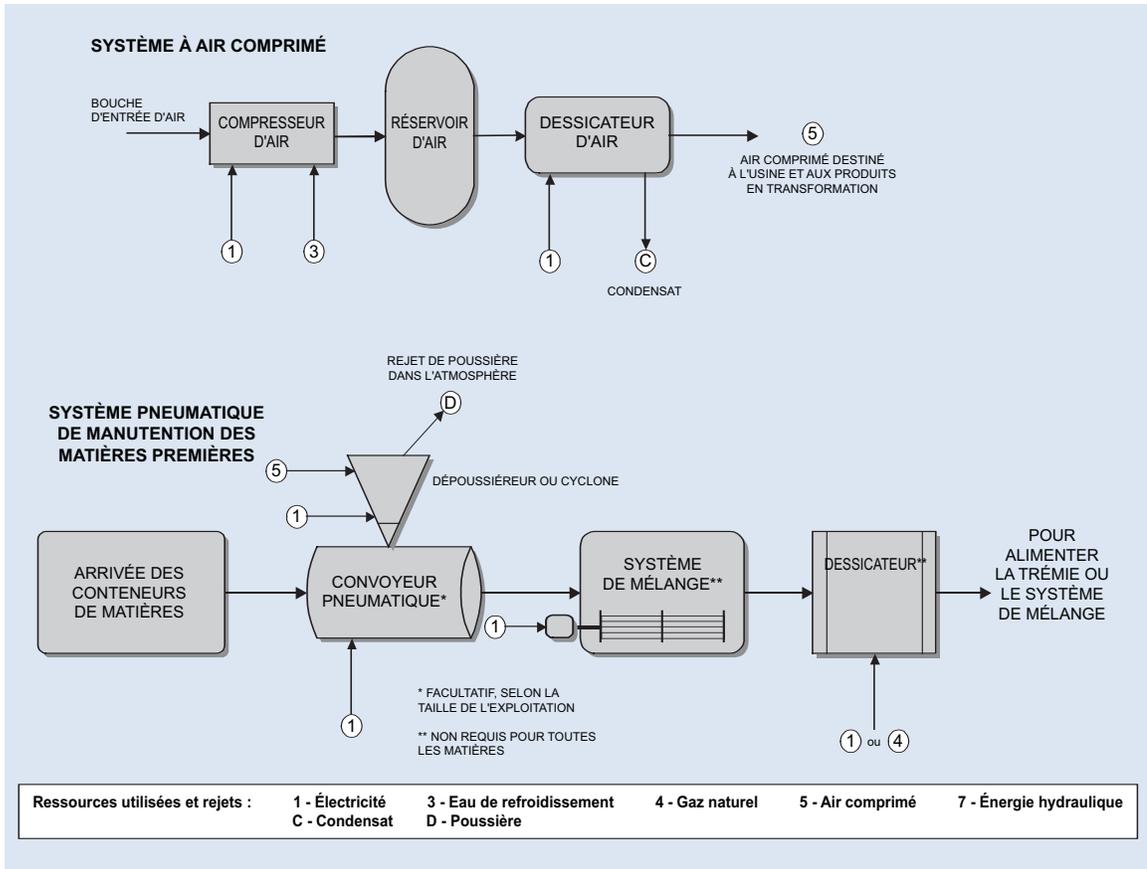


Figure 5-11 Systèmes auxiliaires – Systèmes à air comprimé et pneumatique de manutention des matières premières



6

POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION GÉNÉRALE



6. POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION GÉNÉRALE

Chaque installation de transformation des matières plastiques dispose d'une conception unique et peut utiliser de nombreuses techniques afin de répondre aux besoins d'un marché particulier. Il existe donc des différences notables entre les conditions de transformation, la consommation d'eau et d'énergie et les niveaux d'émissions produites. Les possibilités d'amélioration présentées dans ce chapitre devront être évaluées indépendamment en prenant en compte les opérations réelles de chaque usine.

La répartition habituelle des coûts de production des entreprises de moulage par injection et d'extrusion de feuilles minces est indiquée respectivement aux figures 6-1 et 6-2. La plupart des autres procédés dont il est question dans le présent guide ont une répartition semblable des coûts. Le présent chapitre traite des possibilités importantes de réduction des coûts et de conservation des ressources selon l'ordre de leur incidence probable sur les coûts. Comme l'indiquent les figures 6-1 et 6-2, les coûts directs des matières représentent généralement entre 50 et 70 p. 100 des coûts totaux de fabrication. Les possibilités d'économie concernant les matières sont examinées en premier, suivies de celles qui touchent les économies d'énergie, d'eau et des autres ressources.

Les études de cas se rapportant spécifiquement aux procédés et traitant des possibilités d'économie d'énergie pour les usines de moulage par injection et les usines d'extrusion et de moulage par soufflage sont présentées à l'annexe IV. Ces études mettent également en évidence les possibilités d'économie d'énergie des usines en ce qui concerne les procédés de fabrication et les systèmes auxiliaires pour les activités qui exigent différents degrés d'alimentation électrique.

6.1 CONSERVATION DES MATÉRIAUX

Les possibilités de réduction de la consommation de résines provenant de l'amélioration de la manutention et de la transformation des matières sont examinées dans la présente section, en plus des améliorations apportées aux méthodes d'exploitation et des pratiques commerciales novatrices. Les possibilités en matière d'entretien des usines, de fournitures renouvelables et d'emballage sont également abordées. Voici les sujets qui portent sur la conservation des résines :

- une meilleure manutention et un meilleur stockage des matières;
- des conditions de transformation et de manutention améliorées des matières rebroyées;
- des méthodes améliorées pour la vente, l'achat et l'ordonnancement.

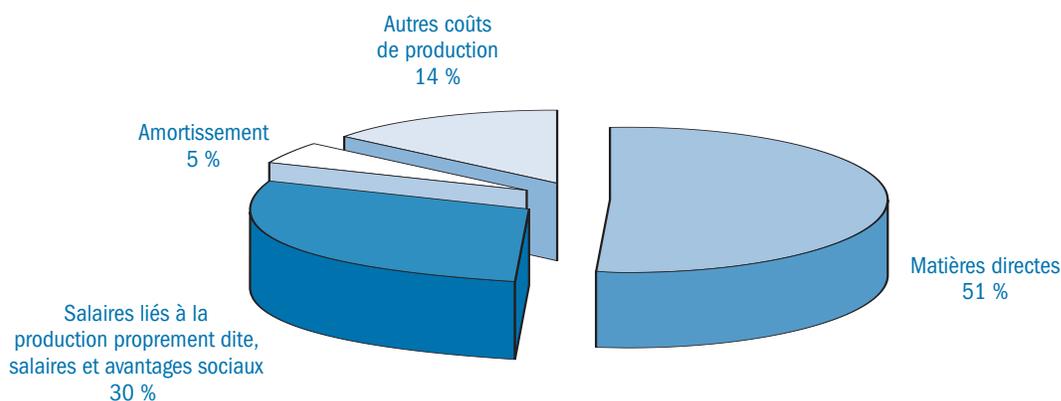
6.1.1 FOURNITURES D'USINE GÉNÉRALES

Les entreprises de transformation des matières plastiques utilisent diverses fournitures pour le nettoyage et l'entretien des bâtiments, communes à tous les fabricants. Il est possible de réduire de façon importante la consommation de ces fournitures en améliorant les méthodes concernant la manutention des matériaux, le nettoyage et l'entretien.

6.1.2 FOURNITURES RENOUVELABLES ET PRODUITS D'ENTRETIEN

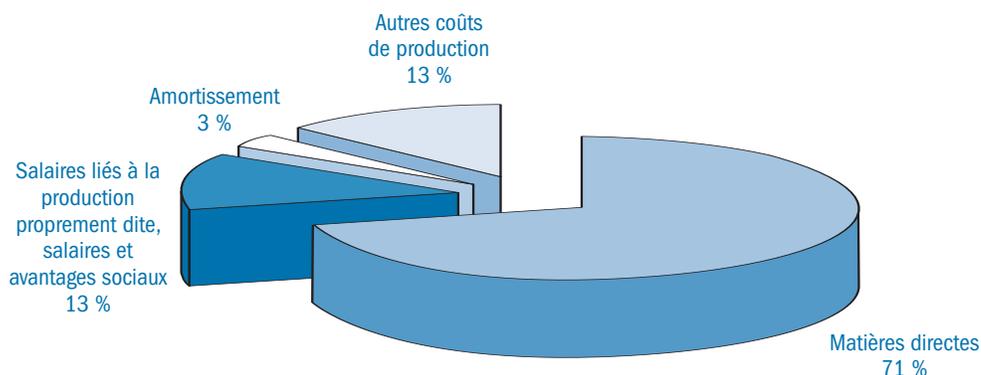
Les fournitures renouvelables communes de l'industrie comprennent les huiles hydrauliques, les agents démoulants et les solvants. L'idée d'une utilisation réduite ou d'un remplacement éventuel de ces fournitures est abordée à la section 6.5 « Réduction des émissions ».

Figure 6-1 Répartition des coûts totaux de production – usine de moulage par injection représentative



Nota : les autres coûts de fabrication comprennent les taxes relatives à l'énergie, à la fabrication et à la maintenance (sauf l'impôt sur le revenu), le fret, etc. (Source : ACIP)

Figure 6-2 Répartition des coûts totaux de production – usine d'extrusion de feuilles minces représentative



Nota : les autres coûts de fabrication comprennent les taxes relatives à l'énergie, à la fabrication et à la maintenance (sauf l'impôt sur le revenu), le fret, etc. (Source : ACIP)

6.1.3 CONSERVATION DES RÉSINES

Pour la majorité des opérations de transformation des matières plastiques, les coûts des matières représentent de loin la plus grande partie des coûts de production. Une réduction de la consommation des résines aurait, évidemment, une incidence directe sur les coûts et permettrait d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de l'entreprise.

Les usines qui consomment beaucoup de résines, comme les grands fabricants de parements et de tuyauterie, transforment habituellement les résines à l'interne en y ajoutant des lubrifiants, des stabilisants et d'autres additifs. Cette technique de transformation ne fait pas partie des principaux procédés examinés dans le présent guide. Le guide part du principe que les entreprises de transformation des matières thermoplastiques reçoivent des résines prémélangées sous forme de pastilles.

La conservation des résines est présentée en trois points :

1) Programme de contrôle des pastilles, 2) Réduction des matières utilisées dans la transformation et 3) Matières rebroyées.

6.1.3.1 Programme de contrôle des pastilles

Une manutention inadéquate des matières premières peut entraîner des coûts importants. Il est souvent possible de réaliser des économies avec peu ou point d'investissements. Une politique d'entreprise qui prône le nettoyage immédiat des déversements de matières, de préférence par la personne responsable du déversement, encourage l'amélioration des pratiques et permet de réduire la fréquence des déversements causés par une manutention négligente des matières. À l'appui de cette politique, un programme visant à tenir les employés au courant du prix des pastilles permet de les sensibiliser davantage à ce problème important. La réduction du nombre de déversements de pastilles permettra en outre d'améliorer la sécurité, car les déversements de pastilles présentent des risques considérables pour la sécurité.

Voici quelques suggestions offertes dans le but d'aider à éviter le gaspillage des pastilles et à réduire les coûts :

a) Déchargement de camions-citernes ou de wagons (le gaspillage se produit à la réception des matières, à la purge des lignes et au transfert des pastilles d'un camion-citerne ou d'un wagon à un silo d'usine) :

- mettre en place des bâches ou des contenants afin de récupérer les pastilles, et revêtir la zone de déchargement de façon à faciliter son nettoyage;
- inspecter les camions et les wagons afin de s'assurer qu'ils sont bien vides au terme des opérations de déchargement.

b) Stockage et manutention des sacs et des boîtes de matières :

- inspecter les contenants au cours des opérations de déchargement afin de les remplacer ou de les réparer si des dommages sont détectés;
- suivre des procédures de manutention adéquates destinées particulièrement aux conducteurs de chariots élévateurs à fourche afin de réduire les dommages au cours des opérations de manutention;
- identifier clairement les contenants partiellement remplis afin de réduire les risques liés aux mélanges accidentels de matières;
- recouvrir les contenants afin d'empêcher toute contamination;
- vider intégralement les contenants avant de les éliminer ou de les recycler.

c) Déversement de matières et contamination au cours des opérations de mélange, de séchage et de manipulation dans l'usine :

- décourager le remplissage excessif des seaux et autres contenants;
- vider et nettoyer les séchoirs et les trémies avant tout changement de matière ou de couleur.

Des lignes directrices concernant un programme détaillé de manutention des pastilles peuvent être obtenues auprès de la Society of the Plastics Industry, Inc., en téléphonant au 202-974-5200 ou en consultant le site Web www.socplas.org.

6.1.3.2 Réduction de la consommation des matières à l'occasion de la transformation

La consommation globale des matières premières dépend de nombreux facteurs survenant au cours de la production. Il est possible de réaliser des économies en modifiant les politiques de gestion et en apportant des améliorations techniques.

Politiques d'achat

De nombreuses petites entreprises de transformation sur demande répondent à des demandes variées en terme de spécifications de matières et d'options de couleur. Il est ainsi très difficile de faire correspondre précisément les achats de matières avec les quantités à produire. Au terme d'un contrat, l'entreprise de transformation peut se retrouver avec de petites quantités de matières restantes inutilisées. La plupart du temps, ces diverses matières s'accumulent au fil des ans et finissent par être vendues à perte ou envoyées à un site d'enfouissement. Si possible, il faut négocier la livraison de quantités flexibles de produits avec les fournisseurs afin d'éviter l'accumulation d'un stock de matières inutilisées.

Ordonnancement

Dans la plupart des cas, le début d'un cycle de production et les changements apportés aux matières et aux couleurs utilisées génèrent des déchets à cause des pertes liées à la purge, du mélange de différents types de résines et de couleurs en cours de la conversion, et de la quantité de produits ne répondant pas aux critères requis qui sont fabriqués avant que la production ne devienne stable. Les pratiques d'ordonnancement suivantes permettraient de réduire ces pertes au minimum :

- des périodes de fabrication plus longues;
- une production en continu;
- des pratiques de changement rapide de filière;
- le regroupement de la production par matière et par couleur.

Conditions de transformation

Les matières peuvent se dégrader par un échauffement durant le procédé. Toutes les matières doivent être transformées conformément aux recommandations des fabricants. De mauvais instruments de mesure, des matières premières contaminées ou des vis et des fourreaux usés ou abîmés peuvent également contribuer à la dégradation des matières.

6.1.3.3 Matières rebroyées

Si possible, les matières qui peuvent être rebroyées doivent être identifiées au cours du cycle de production et réorientées directement vers le début de la chaîne. Cela évite de nombreuses manipulations, des risques de contamination ainsi que la possibilité que les matières hygroscopiques absorbent de l'humidité.

6.2 ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

Pour la plupart des procédés dont il est question dans le présent guide, un pourcentage important de la demande d'énergie provient du système d'entraînement de l'extrudeuse. Les entraînements à vitesse variable dont on parle dans le présent chapitre ont permis de réaliser des économies d'énergie, soit jusqu'à 20 p. 100 dans certaines applications d'extrusion. Il est possible de réaliser des économies d'énergie allant jusqu'à 45 p. 100 en ce qui concerne les dispositifs de fermeture des moules, en utilisant une combinaison de techniques.

Le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) a publié des études détaillées sur les *Possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie de la plasturgie* pour les trois principaux procédés suivants : 1) l'extrusion; 2) le moulage par injection; 3) le moulage par soufflage. Ces études traitent également des systèmes auxiliaires et des systèmes de l'usine. Une partie importante de ces économies peuvent être réalisées sans grandes dépenses en capital.

Certains extraits de ces études du PEEIC sont présentés au tableau 6-1.

Tableau 6-1 Possibilités de grandes économies d'énergie – Matériel de transformation

| Système | Technique d'économie d'énergie | Économies réalisables en % |
|---|---|----------------------------|
| Système d'entraînement de l'extrudeuse | Adaptez la taille et la vitesse du moteur à l'application. Pensez aux moteurs à haut rendement. | 20 |
| Réchauffage du fourreau | Isolez le fourreau | 15 |
| Systèmes de fermeture du moule, de transfert et de verrouillage | Utilisez une puissance hydraulique variable correspondant aux exigences de la charge. Solutions possibles : entraînements à vitesse variable, pompes volumétriques variables, accumulateurs et système de contrôle. | 45 |
| Système hydraulique centralisé | Installez un système hydraulique central desservant un ensemble de machines. | 50 |
| Système à air comprimé | Assurez-vous que la taille du système est appropriée, que celui-ci est bien entretenu et que les compresseurs sont « étagés ». | 20 |

6.2.1 SÉLECTION DE MATÉRIEL ÉCONERGÉTIQUE

Auparavant, les achats de nouveau matériel étaient évalués sur la base des coûts en capital, des coûts d'installation, des coûts de production et des coûts de maintenance prévus. Les coûts énergétiques et les questions d'utilisation des ressources n'étaient pas autant pris en considération.

Aujourd'hui, la plupart des vendeurs de machinerie et de matériel sont bien capables de discuter des coûts énergétiques prévus. Les données présentées par les vendeurs sont généralement mesurées dans des conditions idéales de fonctionnement, mais il est souvent possible de bien évaluer l'efficacité énergétique, facteur qui doit être pris en compte au moment de la décision d'achat.

D'autres critères importants qui sont souvent négligés sont, entre autres :

- les niveaux de bruit;
- l'accès pour la maintenance et le nettoyage des déversements;
- la facilité de nettoyage;
- la sécurité.

6.2.2 REMPLACEMENT DU MATÉRIEL INEFFICACE PENDANT LA MAINTENANCE

De nombreuses possibilités d'amélioration sont négligées lorsque la maintenance des machines s'effectue dans des conditions d'urgence. La tendance est de remplacer le matériel existant par un modèle identique tenu en réserve. Il peut cependant être intéressant, au remplacement d'un moteur électrique irréparable, d'envisager les nombreux avantages que présente un modèle à haut rendement. Économiquement parlant, il n'est pas conseillé de remplacer un moteur en état de marche par un modèle à haut rendement, mais l'opération peut être rentable si le moteur d'origine ne fonctionne plus et doit être remplacé.

D'importantes économies peuvent être également réalisées à peu de coût ou sans frais en appliquant un programme de maintenance détaillé et périodique. Les fabricants de matériel proposent généralement un programme et des procédures de maintenance adéquats. Un programme bien détaillé doit permettre de planifier et de coordonner les procédures d'inspection et de maintenance préventive du matériel ainsi que les procédures de nettoyage, plutôt que d'attendre que le matériel tombe en panne.

6.2.3 MOTEURS

À l'achat de nouveau matériel ou du remplacement de moteurs usés, envisagez l'achat de moteurs à haut rendement, en particulier dans le cas d'applications exigeant des charges importantes ou de longues périodes de fonctionnement.

Les moteurs doivent être prévus pour fonctionner à une charge comprise entre 75 et 100 p. 100. Pour les applications non essentielles qui exigent une charge constante comme les ventilateurs, choisissez des moteurs pouvant fonctionner à une charge le plus près possible de 100 p. 100. Ne choisissez pas une taille surdimensionnée en pensant à l'avenir, à moins d'avoir des raisons précises de le faire. Des moteurs surdimensionnés, munis de câbles et de démarreurs appropriés entraînent des coûts en capital plus importants et des coûts de fonctionnement plus élevés en raison de la pénalité liée au facteur de puissance.

Voici les principaux avantages d'un moteur à haut rendement :

- des économies sur les coûts de fonctionnement;
- une plus longue durée de vie des bobinages et des roulements;
- un facteur de puissance amélioré;
- la réduction ou l'élimination des pénalités liées au facteur de puissance;

- la réduction ou l'élimination de l'utilisation de condensateurs pour corriger le facteur de puissance;
- un meilleur comportement pendant les surcharges de courte durée;
- la réduction de la production de chaleur, ce qui entraîne une durée de vie prolongée et des exigences plus faibles quant au refroidissement du moteur.

Calcul de la période de récupération

$$\text{kW économisés} = \text{HP} \times 0,746 \times (1/\text{efficacité normale} - 1/\text{haut rendement})$$

$$\text{HP} = \text{exigence en puissance mécanique}$$

$$\text{\$ économisés} = \text{kW économisés} \times \text{heures annuelles de fonctionnement} \\ \times \text{coût énergétique moyen}$$

$$\text{Période de récupération} = \frac{\text{Prime pour les moteurs à haut rendement}}{\text{\$ économisés}}$$

Les moteurs à haut rendement utilisent généralement de 1 à 4 p. 100 moins d'électricité que les moteurs classiques; par ailleurs, pour certaines applications, ils ont une durée de vie plus longue et sont plus fiables que les autres.

Le *Guide d'évaluation du rendement des systèmes moteurs éconergétiques* (2004) du PEEIC offre d'excellents renseignements permettant de choisir des systèmes moteurs. Il propose des règles simples permettant d'envisager l'achat de moteurs à haut rendement :

- 1) Demandez un moteur à haut rendement pour les nouvelles installations fonctionnant plus de 3 500 heures par année.
- 2) Choisissez un moteur à haut rendement si le moteur doit fonctionner à plus de 75 p. 100 de sa capacité.
- 3) Achetez un moteur à haut rendement au lieu de faire rebobiner un vieux moteur standard.
- 4) Demandez un moteur à haut rendement quand vous achetez un équipement complet.
- 5) Utilisez un moteur à haut rendement dans le cadre de votre programme d'entretien préventif.

6.2.4 ENTRAÎNEMENTS À VITESSE VARIABLE

Pour les applications qui demandent des charges variables comme les ventilateurs, les séchoirs et les pompes, il faut envisager l'installation d'entraînements à vitesse variable.

En voici certains avantages :

- des économies d'énergie de 10 à 40 p. 100 par rapport aux moteurs à vitesse constante, selon l'application;
- l'usure réduite du moteur s'il tourne à une vitesse plus lente et un couple réduit lorsque la capacité de production est moins importante;
- le démarrage en douceur, ce qui limite les changements de puissance et l'usure des composants mécaniques.

Par ailleurs, les entraînements à vitesse variable permettent d'améliorer les procédés pour les applications qui nécessitent le contrôle de la vitesse de rotation des éléments. Les entraînements à vis en sont un bon exemple puisqu'ils peuvent conserver leurs vitesses d'alimentation adaptées.

Les entraînements à vitesse variable peuvent également remplacer les commandes de réglage classiques pour surveiller le débit des gaz, ce qui permet aux ventilateurs centrifuges et aux séchoirs de fonctionner à des débits variés sans risque de pompage. Les pompes peuvent également fonctionner à des débits variés si l'on contrôle la vitesse de la pompe au lieu de régler le débit avec des vannes de réglage. Les entraînements à vitesse variable présentent d'autres avantages : la réduction des coûts de refroidissement, du bruit dans l'usine et de l'usure des moteurs et du matériel qu'ils commandent.

Il existe divers types d'entraînements à vitesse variable : des thyristors (redresseurs commandés au silicone) avec des moteurs à courant continu, des entraînements à vitesse variable de moteurs à courant continu et des entraînements sans balais à courant continu. Les thyristors ne sont pas aussi efficaces que les deux autres types; de plus, ils nécessitent beaucoup de maintenance. Les entraînements sans balais de moteurs à courant continu sont les plus efficaces mais leur coût est supérieur à celui des entraînements de moteurs à courant continu.

Voici certains avantages de ces entraînements sans balais de moteurs à courant continu : une plus grande plage de vitesse, un réglage bien plus précis de la vitesse, une pleine capacité de couple, un rendement plus efficace, une plus petite taille pour la même puissance et une maintenance allégée. Le facteur de puissance est également plus élevé que dans les autres dispositifs d'admission à courant continu.

Le principal inconvénient des moteurs à entraînement à vitesse variable est leur coût élevé, qui doit être évalué en comparaison avec les économies d'énergie réalisables tout au long du cycle de vie, et avec la valeur des autres avantages. Un logiciel, que l'on peut obtenir gratuitement auprès des fournisseurs ou en le téléchargeant à partir de leur site Web, permet de calculer les économies d'énergie. Les applications liées aux entraînements doivent être évaluées afin d'estimer les économies réalisables, car ce ne sont pas toutes les applications qui présentent des possibilités d'économies d'énergie intéressantes.

- *Charges à couple variable – la plage de vitesse est de 50 à 100 p. 100 de la vitesse maximale, ce qui peut engendrer des économies d'énergie importantes.*
- *Charges à puissance constante – généralement, ces applications ne permettent pas de réaliser des économies d'énergie en réduisant la vitesse.*
- *Charges à couple constant – généralement, ces applications permettent de réaliser des économies d'énergie modérées à des vitesses moindres.*

Source : Guide d'évaluation du rendement des systèmes moteurs éconergétiques (2004) du PEEIC

Une analyse plus détaillée des systèmes réglables ou à entraînement à vitesse variable figure dans le document précité.

6.2.5 POMPES HYDRAULIQUES

La liste suivante présente les éléments à prendre en compte en ce qui concerne les pompes hydrauliques :

- Il faut les faire fonctionner à plus de 75 p. 100 de leur capacité, sinon elles sont à l'origine d'une pénalité énergétique importante.
- Il ne faut pas utiliser de pompes de régulation de pression, car ces pompes gaspillent l'énergie.
- Il faut utiliser des pompes à débit variable (volumétriques) ou plusieurs pompes volumétriques fixes à entraînement indépendant. Cette option nécessite un équipement de contrôle composé d'un automate programmable, ainsi qu'une maintenance méticuleuse pour bien fonctionner.

6.2.6 SYSTÈMES HYDRAULIQUES

Si vous utilisiez un système hydraulique, vous devriez suivre les recommandations suivantes :

- Utilisez des accumulateurs, surtout pour le moulage par injection.
- Si possible, alimentez plusieurs moteurs et cylindres hydrauliques à partir d'un seul système hydraulique central, en particulier pour un ensemble de machines servant au moulage par injection. Ainsi, la puissance nécessaire pour l'ensemble des machines tend à être mieux répartie; les coûts de maintenance sont également réduits.
- En faisant fonctionner un ensemble de machines à partir d'un seul système hydraulique, il n'est pas nécessaire de disposer d'un système de contrôle perfectionné. Cela permet également de réaliser d'importantes économies d'énergie avec des machines plus anciennes, sans avoir à remplacer leurs composants.
- En installant un seul système hydraulique, regroupez les machines ou les fonctions nécessitant une pression semblable; vous devrez éventuellement ajouter des détecteurs de charge si la pression requise n'est pas uniforme.
- Les presses à mouler par injection doivent comprendre deux cylindres : un cylindre de faible diamètre à course allongée pour le transfert des moules et un cylindre de large diamètre à course réduite pour le verrouillage des moules.

Il est souvent difficile de justifier la mise à niveau des systèmes et des composants hydrauliques en se fondant uniquement sur la réalisation d'économies d'énergie. Les améliorations de productivité et de qualité ainsi que la réduction des coûts de maintenance doivent également être prises en compte.

De manière générale, la mise à niveau du matériel ancien existant peut ne pas être rentable si les machines sont petites ou si les modifications sont difficiles à réaliser. L'achat de nouveau matériel éconergétique avec de nouveaux contrôles et de nouveaux modes de fonctionnement peut être plus économique. Il importe de s'assurer que la pénalité énergétique des technologies plus anciennes est prise en compte et que tous les effets sont considérés au moment de décider d'acheter du nouveau matériel. Si plusieurs machines sont disponibles pour la production, il serait intéressant d'envisager l'utilisation du matériel le plus éconergétique si le calendrier de production le permet.

6.2.7 COMPOSANTS DES MACHINES

Il importe de remplacer les composants usés, telles les valves, par des produits plus efficaces.

L'efficacité des machines de moulage par injection munies de moteurs hydrauliques à palettes diminue si le moteur tourne à moins de 80 p. 100 de la vitesse nominale. Pour augmenter la plage de vitesse, installez une boîte d'engrenage à deux ou trois vitesses. Sinon, remplacez le moteur hydraulique à palettes par un moteur à couplage conducteur à piston, qui est efficace à toutes les vitesses. Une option plus coûteuse consiste à installer un entraînement à vitesse variable électrique. Le coût de l'électronique de puissance a diminué, et dans certains cas cette option peut être rentable.

6.2.8 VIS ET FOURREAUX

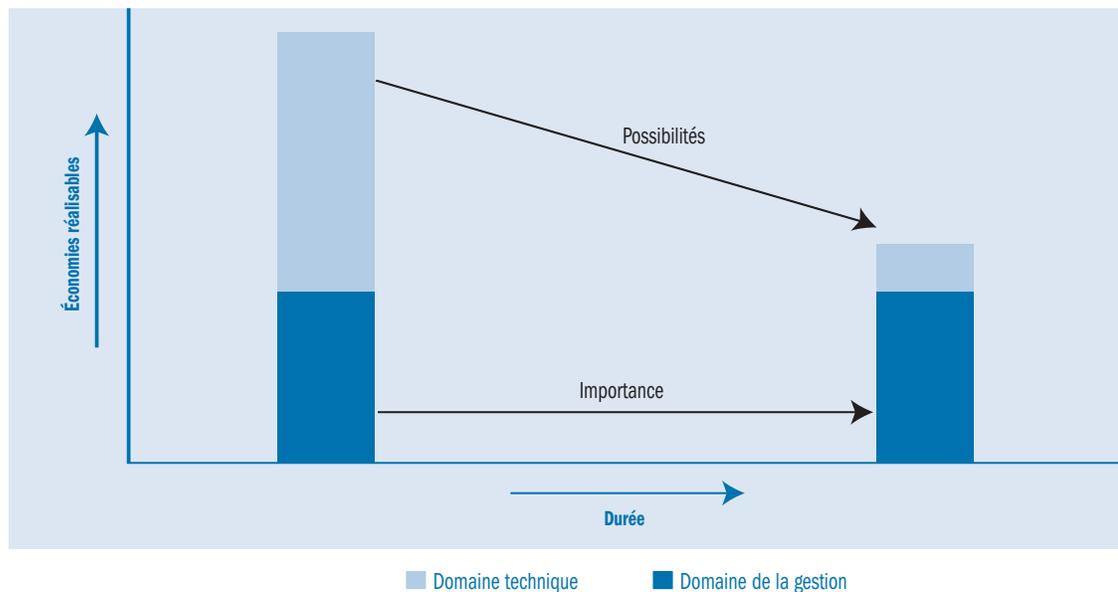
Un pourcentage élevé des besoins énergétiques totaux (jusqu'à 30 p. 100) du matériel de moulage et d'extrusion sert à la plastification des matières. La conception des vis est la caractéristique la plus importante des extrudeuses et des machines à moulage par injection. La technologie de conception des vis est en constante évolution et de nombreux fournisseurs peuvent fournir des renseignements sur le diamètre de vis approprié, la géométrie et le rapport longueur/diamètre adéquat pour une matière particulière et un taux de plastification particulier. Il est possible de réaliser près de 20 p. 100 d'économies d'énergie dans certains cas. Si le taux de consommation d'énergie de la machine est élevé et que les demandes de production sont prévisibles, le remplacement de la vis peut être justifié. Les vis et les fourreaux doivent être vérifiés tous les cinq à six mois. Remplacez ou réparez les vis usées car la période de récupération est courte (quelques semaines).

Les bandes chauffantes comptent pour environ 14 p. 100 des dépenses énergétiques. Il est recommandé de bien isoler le fourreau afin de réaliser des économies d'énergie et de mieux contrôler la température de fusion. Les bandes chauffantes en mica ne doivent pas être isolées; cela pourrait réduire leur durée de vie.

6.2.9 PROCÉDURES DE GESTION DE L'ÉNERGIE

Afin de réaliser et de maintenir des économies d'énergie, les entreprises de transformation des matières plastiques doivent envisager une approche d'amélioration systématique ou continue pour la gestion de l'énergie. Les possibilités d'économiser l'énergie (qui sont en grande partie de nature technique) décrites tout au long du présent guide sont à prendre sérieusement en considération s'il s'agit de réduire la consommation des ressources; cependant, ce sont aux pratiques de gestion de l'énergie qui encouragent ces améliorations qu'il faudra prêter attention, car elles gagneront en importance au fil du temps (voir la figure 6-3).

Figure 6-3 Économies d'énergie réalisables au fil du temps



Les 10 domaines clés d'un programme de gestion énergétique sont indiqués ci-dessous :

- **Leadership** – Des programmes de gestion qui portent fruit se caractérisent par l'engagement et le leadership des dirigeants. Cela signifie que les cadres supérieurs, y compris le PDG et le conseil d'administration, définissent l'orientation à donner à la gestion de l'énergie, démontrent et communiquent de façon efficace que la gestion énergétique est un élément important au sein de l'entreprise, et s'engagent à obtenir des résultats.
- **Compréhension** – Une approche officielle permettant de déterminer les principaux secteurs consommateurs d'énergie ainsi que les possibilités d'économies. La réalisation d'une étude de base portant sur l'ensemble des activités et la consommation énergétique globale pourrait donner à l'organisation des idées quant aux possibilités de maîtrise des coûts, au-delà des solutions simples déjà adoptées.
- **Planification** – La planification est un élément essentiel de tout processus de changement efficace. Le processus de planification doit inclure des mesures précises à court terme (90 jours) et à plus long terme (2 ou 3 ans) accompagnées d'objectifs clairs. Un plan de gestion énergétique bien défini permettra de maintenir le cap et de tirer parti de bénéfices rapides (et visibles) provenant de la gestion énergétique.
- **Ressources humaines** – Il est indispensable pour la réussite d'un programme de gestion de l'énergie de compter sur des employés bien formés, sensibilisés aux problèmes de la gestion énergétique et prêts à réaliser les objectifs en matière d'économies d'énergie.

- **Gestion financière** – Le budget des immobilisations et le budget d'exploitation doivent être réexaminés à la lumière de la gestion de l'énergie. Le rendement du capital investi en matière d'efficacité énergétique doit prendre en compte les coûts de production tout au long du cycle de vie des bâtiments et du matériel. Des procédures et des mesures incitatives doivent être mises en place afin de s'assurer que les investissements en efficacité énergétique sont évalués de manière précise et cohérente.
- **Gestion des approvisionnements** – Les entreprises de transformation des matières plastiques doivent périodiquement évaluer leur approvisionnement en énergie sur un marché concurrentiel et passer en revue les mécanismes employés afin d'assurer un haut niveau de qualité et de fiabilité.
- **Opérations et maintenance** – Les employés chargés des opérations doivent être sensibilisés aux paramètres d'efficacité énergétique requis en intégrant ces paramètres aux procédures opérationnelles et aux directives de travail, ainsi qu'en incluant des mesures convaincantes d'efficacité énergétique dans le cadre du programme standard de maintenance : ce sont là des éléments clés permettant de réaliser des économies de coûts liés à l'énergie.
- **Usine et matériel** – Un processus de gestion énergétique judicieusement élaboré comprend des lignes directrices établies en fonction des nouvelles conceptions et innovations, cela afin d'optimiser l'efficacité énergétique partout dans une usine de transformation des matières plastiques.
- **Contrôle et établissement de rapports** – Les entreprises de transformation des matières plastiques doivent s'assurer que les flux énergétiques appropriés sont mesurés et que des rapports utiles sont produits afin de suivre la consommation de l'énergie et de la gérer de façon proactive.
- **Atteinte des objectifs** – Il importe de passer en revue les projets déjà mis en œuvre afin de s'assurer que les objectifs initiaux sont atteints, de donner en retour les résultats et d'apporter les changements qui s'imposent aux divers procédés et activités. Non seulement de tels examens vont permettre de réaliser encore plus d'économies, mais les résultats pourront servir à élaborer et à mettre en place les futurs projets ou processus d'amélioration.

Plusieurs sources ont été recensées pour aider les entreprises de transformation des matières plastiques à élaborer des pratiques de gestion de l'énergie et ainsi établir un programme d'amélioration continue. Les liens correspondants sont indiqués ci-dessous.

6.2.9.1 Sources utiles pour l'élaboration d'un programme de gestion de l'énergie

Il est possible d'obtenir une copie du *Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique* du PEEIC à l'adresse suivante : oee.rncan.gc.ca/peeic.

Pour obtenir des renseignements à propos du programme ENERGY STAR® de la U.S. Environmental Protection Agency, consultez le site Web à l'adresse suivante : www.energystar.gov/index.cfm?c=guidelines.download_guidelines (normalisation).

6.3 CONSERVATION DE L'EAU

Pour les entreprises de transformation des matières plastiques qui utilisent des quantités importantes d'eau pour le refroidissement lié au procédé, les considérations de conception du système ainsi que les formules de calcul suivantes peuvent être utilisées afin d'évaluer les économies réalisables en installant des systèmes de recyclage plutôt que d'utiliser de l'eau à passage unique dans les conduits d'alimentation.

6.3.1 CONSIDÉRATIONS SUR LA CONCEPTION DES SYSTÈMES

Selon des statistiques gouvernementales, l'industrie de transformation des matières plastiques recycle environ 87 p. 100 de l'eau qu'elle utilise. Le présent chapitre vise à aider les entreprises de cette industrie qui utilisent de l'eau de refroidissement à passage unique à évaluer les possibilités d'économies à cet égard. Les possibilités d'économies de coûts dépendent de plusieurs facteurs dont :

- la quantité d'eau utilisée pour refroidir en passage unique et sans contact (m^3/h ou gallons par minute);
- le coût associé à l'eau de refroidissement : coûts d'approvisionnement en eau et coûts du rejet de cette eau dans les égouts (le prix de l'eau au Canada varie entre $0,38 \text{ \$/m}^3$ et $1,01 \text{ \$/m}^3$);
- la charge calorifique produite par le matériel, exprimée en heures par an;
- la température requise pour l'eau de refroidissement;
- le coût en capital du système de recyclage de l'eau de refroidissement;
- le coût de fonctionnement du système d'eau de refroidissement;
- le coût de l'eau d'appoint.

L'eau ne doit pas entrer en contact avec quoi que ce soit afin de pouvoir être recyclée. Très souvent, on doit purger le système et utiliser des additifs chimiques pour contrôler le pH de l'eau, sa dureté, le développement de bactéries ainsi que les matières en suspension. L'eau de purge serait alors acheminée vers les égouts, donc une faible quantité d'eau d'appoint serait nécessaire. La quantité d'eau (de purge et d'appoint) ainsi utilisée dans ce genre de système devrait être minime, mais variera selon chaque système.

Voici les trois systèmes de refroidissement fondamentaux pouvant être mis en place :

| | |
|---|--|
| 1. Refroidisseur portable destiné aux faibles charges calorifiques | (charge calorifique comprise entre 0 et 9 tonnes) |
| 2. Refroidisseur permanent ou tour de refroidissement pour les charges calorifiques moyennes | (charge calorifique comprise entre 9 et 36 tonnes) |
| 3. Refroidisseur permanent et tour de refroidissement pour les charges calorifiques importantes | (charge calorifique supérieure à 36 tonnes) |

Les applications produisant une charge calorifique moyenne peuvent utiliser un refroidisseur ou une tour de refroidissement en fonction du procédé utilisé, du volume d'eau ainsi que de la température exigée pour l'eau de refroidissement. Dans le cas où la température de l'eau de refroidissement est élevée mais où le volume de cette eau est faible, une tour de refroidissement pourrait être appropriée. En effet, les coûts de fonctionnement d'un refroidisseur étant élevés, les économies réalisées en consommation d'eau sont moindres.

6.3.2 CALCULS

Utilisation d'eau de refroidissement et charge de refroidissement

La section suivante permet de calculer la charge calorifique de l'eau de refroidissement.

Type de refroidissement : _____

Débit de l'eau de refroidissement : _____ m³/h

Température requise de l'eau de refroidissement : _____ °C

Température de l'eau de refroidissement au terme du procédé
de refroidissement : _____ °C

Différence de température (ΔT) = Température requise de
l'eau de refroidissement de refroidissement
au terme du procédé
de refroidissement

= _____ °C - _____ °C

= _____ °C

Charge calorifique (tonnes) = [débit (m³/h) x ΔT (°C)] / 3

= [_____ (m³/h) x _____ (°C)] / 3

= _____ tonnes

Coûts de l'eau

Cette section permet de calculer les coûts annuels liés au refroidissement de l'eau.

Coûts de l'eau fournie par la municipalité = _____ \$/m³
(y compris la surtaxe pour le service d'égout)

Quantité d'eau utilisée par an = _____ m³/h x _____ heures/jour
x _____ jours/semaine x _____ semaines/an

= _____ m³/an

Coût annuel de l'eau = _____ \$/m³ x _____ m³/an

Coûts du refroidisseur et période de récupération

Reprenez la charge calorifique (en tonnes) calculée précédemment afin de déterminer le type de refroidisseur le mieux adapté à vos besoins comme l'indique le tableau 6-2.

Tableau 6-2 Systèmes de refroidissement appropriés selon la fourchette de la charge calorifique

| Charge calorifique (en tonnes) | Type de refroidisseur |
|--------------------------------|--|
| 1-9 | Refroidisseur portable |
| 9-36 | Refroidisseur permanent ou tour de refroidissement |
| 36+ | Refroidisseur et tour de refroidissement |

Le tableau 6-3 présente des exemples de besoins en énergie selon les charges calorifiques et le type de refroidisseur.

Tableau 6-3 Exemples de besoins énergétiques selon la charge calorifique et le type de refroidisseur

| Charge calorifique (en tonnes) | Type de refroidisseur | Besoin énergétique |
|--------------------------------|--|--------------------|
| 6,75 | Refroidisseur portable | 14,0 kW |
| 27 | Refroidisseur permanent | 45,9 kW |
| 27 | Tour de refroidissement | 6,5 kW |
| 90 | Refroidisseur et tour de refroidissement | 62,5 kW |

Économies nettes

Cette section permet de calculer les économies nettes réalisables en installant un système de refroidissement. Comme il est indiqué plus haut, il faut tenir compte également du coût de l'eau d'appoint.

Utilisez la formule suivante pour calculer les coûts énergétiques approximatifs par an.

Coût énergétique de base = _____ \$/kWh (environ 0,08 \$/kWh)

Besoin en électricité = _____ kW (d'après le tableau précédent)

Coût énergétique = Coût énergétique de base x Besoin en électricité x Nombre d'heures de fonctionnement par an

$$= \text{_____ } \$/\text{kWh} \times \text{_____ } \text{kW} \times \text{_____ } \text{heures/jour} \times \text{_____ } \text{jours/semaine} \\ \times \text{_____ } \text{semaines/an}$$

$$= \text{_____ } \$/\text{an}$$

Économies nettes = Coût annuel en eau – [(Coût de fonctionnement du refroidisseur) + (Coût de l'eau d'appoint)]

Période de récupération

Cette section permet de calculer la période de récupération simple liée à l'installation d'un système de refroidissement.

Période de récupération = Coût approximatif du système de refroidissement /
Économies nettes

$$= \text{_____ } \$ / (\text{_____ } \$/\text{an})$$

$$= \text{_____ } \text{an(s)}$$

6.4 SYSTÈMES AUXILIAIRES ET MATÉRIEL DE L'USINE

La présente section propose des possibilités très intéressantes par rapport à l'efficacité des systèmes auxiliaires.

Le tableau 6-4 contient des extraits d'études du PEEIC. Ces chiffres indiquent les possibilités d'économies pour divers systèmes auxiliaires.

Tableau 6-4 Économies d'énergie réalisables selon les systèmes auxiliaires

| Système auxiliaire | Technique d'économie d'énergie | Économies réalisables en % |
|---------------------------------------|---|----------------------------|
| Séchoirs de matières (électriques) | Utilisez des séchoirs électriques à haut rendement. | 30 |
| Séchoirs de matières (au gaz naturel) | Utilisez des séchoirs au gaz naturel pour les applications à haut volume (par exemple pour le polyéthylène téréphtalate). | 70 |
| Contrôle du point de condensation | Installez des moniteurs du point de condensation sur les séchoirs. | 20 |
| Système à air comprimé | Assurez-vous de la capacité et du fonctionnement du système. Si la capacité le permet, utilisez des compresseurs étagés. | 20 |

6.4.1 SÉCHOIRS

Afin d'obtenir de bonnes conditions de séchage, un séchoir doit offrir les caractéristiques suivantes : une température de séchage et un point de condensation appropriés pour la quantité d'air utilisée; un temps de rétention adéquat pour toute la résine passant dans la trémie; une bonne distribution du débit d'air passant dans la trémie.

Séchoirs à gaz

Plusieurs fabricants proposent des séchoirs à gaz naturel modulaires qui permettent de réaliser des économies d'énergie allant de 60 à 80 p. 100 par rapport aux systèmes électriques. Des brûleurs au gaz naturel peuvent également être installés sur des séchoirs électriques existants pour environ 50 p. 100 du prix initial. Ces unités sont pratiquement identiques, du point de vue mécanique, aux séchoirs électriques. Cependant, des échangeurs de chaleur peuvent être utilisés pour maintenir les niveaux d'humidité indiqués afin de compenser pour l'eau générée par la combustion du gaz. Alors que les coûts en capital peuvent être plus élevés que pour les séchoirs électriques, les fabricants annoncent des périodes de récupération d'une moyenne de 12 mois pour les applications à volumes élevés.

Séchoirs à deux phases

Les systèmes à deux phases, qui comprennent une étuve de séchage et un déshumidificateur, peuvent servir à assécher les résines hygroscopiques, tout en augmentant leur température pour le procédé de fusion ultérieur. Les fabricants prétendent que ces systèmes sont très éconergétiques, particulièrement si la chaleur perdue provenant d'un premier séchoir est récupérée par un échangeur de chaleur et réutilisée dans le second séchoir. Les systèmes à deux phases permettent d'augmenter la durée de vie des composants du séchoir (tel le déshydrateur du séchoir utilisé au cours de la seconde phase).

Éléments chauffants

Au lieu des systèmes de chauffage central, il est possible d'installer dans chaque bac de séchage des éléments chauffants plus petits et que l'on règle de manière indépendante, ce qui permet d'éviter les pertes d'énergie dans les tuyaux ou les conduits. D'autres systèmes combinent les étapes du séchage et du transfert en une seule unité.

Commandes à microprocesseur

Le séchage constitue un autre domaine où l'utilisation de commandes à microprocesseur peut permettre d'améliorer les procédés de façon substantielle. Les séchoirs fonctionnent souvent à un niveau inférieur à leur capacité maximale, utilisant ainsi plus d'énergie que nécessaire pour retirer l'humidité. Au moyen des commandes à microprocesseur développées récemment, les capteurs de température et du point de condensation installés à des endroits stratégiques dans chaque séchoir fournissent des données qui alimentent un profil de séchage programmé pour chaque type de résine en transformation. Le profil résultant contrôle automatiquement le débit d'air chaud, engage le remplacement des cartouches de déshydratant, et maintient le point de condensation ainsi que les températures de séchage, ce qui permet de maximaliser le rendement quant à la production réelle et aux conditions de séchage dans l'unité. Cependant, compte tenu du niveau de fiabilité actuel du système à commandes à microprocesseur, il est conseillé de procéder à des vérifications manuelles périodiques afin de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble.

Isolation

La trémie ou le bac de séchage, ainsi que tout autre conduit d'air chaud y étant associé, peuvent être revêtus d'une gaine calorifuge pour empêcher la déperdition de chaleur.

Récupération d'énergie

La décharge de la chaleur s'échappant des bacs de séchage peut être récupérée au moyen d'un échangeur de chaleur et utilisée pour chauffer l'usine, préchauffer l'air entrant, préchauffer les matières destinées à l'extrudeuse, ou chauffer les matières dans les autres bacs de séchage ou de déshumidification.

6.4.2 SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

Les économies d'énergie réalisables en fonction des moteurs adaptés selon certaines recommandations ont déjà été présentées. D'autres économies peuvent être réalisées après examen de la demande générale en électricité de l'usine. Les coûts en électricité d'une usine reposent généralement sur les éléments suivants :

- la demande de pointe en électricité (kW);
- la consommation d'énergie (kWh);
- la pénalité liée au facteur de puissance.

La demande de pointe se produit souvent à des moments précis de la journée; elle peut être réduite en coupant l'alimentation en énergie des machines non essentielles au cours de cette période, en reprogrammant à un moment ultérieur certaines opérations ou en améliorant l'efficacité énergétique des opérations. La réduction de la consommation est abordée ailleurs dans le guide.

Un faible facteur de puissance est généralement causé par des moteurs à courant alternatif à induction, des transformateurs et des ballasts en charge réduite. Les services publics facturent généralement une pénalité de facteur de puissance aux clients dont le facteur est inférieur à 90 p. 100. La solution standard la plus économique pour corriger le facteur de puissance consiste à ajouter des condensateurs au système.

6.4.3 SYSTÈMES À AIR COMPRIMÉ

Les conseils suivants permettent d'augmenter l'efficacité des systèmes à air comprimé et de réduire le coût et la consommation d'air comprimé :

- **Évitez les fuites d'air** – même une petite fuite peut faire grimper les coûts de manière importante; les coûts d'une vérification annuelle et de l'obturation des fuites sont généralement remboursés en quelques mois.
- **Utilisez la plus basse pression possible** – recherchez des moyens de diminuer la pression du système : si l'une de vos machines nécessite une pression plus élevée, envisagez d'utiliser un amplificateur d'air au point d'utilisation, plutôt que d'augmenter la pression du système entier afin de répondre à la pression plus importante requise par une seule machine.
- **Maximalisez la taille du système** – n'utilisez pas de compresseurs trop gros : utilisez une tuyauterie de taille adéquate afin de réduire les chutes de pression et fournir un espace de stockage approprié (en règle générale : 3 gallons par pied cube par minute de livraison).
- **Évitez l'accumulation d'eau dans le système** – l'eau cause de la corrosion à l'intérieur des tuyaux d'air comprimé, ce qui réduit l'efficacité de tout le système.

- **Utilisez de l'air frais provenant de l'extérieur de l'usine** – plus l'air est frais, moins il contient d'humidité et plus sa densité est importante, ce qui le rend plus facile à comprimer.
- **Utilisez des buses de conception spéciale** – pour les opérations de purge, l'utilisation de buses de conception spéciale peut permettre d'utiliser jusqu'à 85 p. 100 moins d'air qu'avec un tube en cuivre ou une ligne ouverte. Les buses de conception spéciale sont rentables en très peu de temps.
- **Choisissez une stratégie de contrôle pour des unités de compression multiples** – envisagez l'installation d'un système de commande qui utiliserait les différentes unités en fonction des besoins en pression et des priorités. Dans certains cas, un entraînement à vitesse variable pour l'un des compresseurs peut s'avérer rentable rapidement.

Il est possible d'obtenir un complément d'information sur la maximisation de l'efficacité des systèmes à air comprimé auprès de l'organisme **Compressed Air Challenge®** (www.compressedairchallenge.org), composé d'utilisateurs, de fabricants, de distributeurs américains de l'industrie et de leurs associations, ainsi que des organismes chargés de l'efficacité énergétique et des services publics.

6.4.4 ÉCLAIRAGE

Les lignes directrices suivantes permettent de réduire la demande d'électricité requise par les systèmes d'éclairage :

Réduisez le nombre d'appareils d'éclairage au niveau adéquat pour la réalisation des opérations

De manière générale, les systèmes d'éclairage dépassent les besoins pour lesquels ils ont été conçus. La réduction du nombre d'appareils, d'ampoules ou de tubes permet souvent de réduire les coûts d'énergie tout en maintenant des niveaux d'éclairage adéquats. Les ballasts excédentaires doivent être enlevés si un nombre inférieur d'appareils d'éclairage fluorescents est suffisant. En effet, les ballasts consomment de l'énergie même si les tubes fluorescents sont enlevés.

Utilisez une technologie plus efficace

Remplacez les lampes à incandescence existantes par des lampes fluorescentes à faible consommation d'énergie, des lampes aux halogénures ou des lampes à décharge à haute intensité. Les lampes fluorescentes sont généralement entre 1,5 et 2 fois plus efficaces que les lampes à incandescence; les lampes à sodium à haute pression sont, à leur tour, entre 1,5 et 2 fois plus efficaces que les lampes fluorescentes. Le tableau 6-5 donne un aperçu des coûts de fonctionnement (basés sur un tarif de 0,08 \$/kWh), de la consommation d'électricité et des données sur la puissance lumineuse de sortie de divers systèmes d'éclairage. Le tableau comprend les données relatives aux ballasts.

Tableau 6-5 Efficacité des systèmes d'éclairage

83

| Type d'éclairage | Coût annuel (\$/ampoule/quart/an) | Puissance des ampoules (watts) | Puissance lumineuse de sortie (lumens/watt) |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| Lampes fluorescentes standard de 4 pi (T12) avec ballast magnétique standard | 7,4 | 46 | 58 |
| Lampes fluorescentes éconergétiques de 4 pi (T8) avec ballast électronique | 5,0 | 31 | 83 |
| Lampes fluorescentes standard de 8 pi (T12) avec ballast magnétique standard | 14,1 | 88 | 70 |
| Lampes fluorescentes éconergétiques de 8 pi (T8) avec ballast électronique | 8,5 | 53 | 102 |
| Lampes fluorescentes à rendement élevé de 8 pi (T12) avec ballast magnétique standard | 20,6 | 129 | 65 |
| Lampes fluorescentes (T8) éconergétiques et à rendement élevé de 8 pi avec ballast électronique | 12,8 | 80 | 100 |
| Lampe à vapeur de sodium à haute pression de 400 W | 74,4 | 465 | 97 |
| Lampes aux halogénures de 400 W | 72,8 | 455 | 63 |
| Lampes à vapeur de mercure de 400 W | 72,0 | 450 | 40 |

Il faut fermer les lumières lorsqu'elles ne sont pas utilisées

L'utilisation de minuteries, de détecteurs de présence ou de cellules photoélectriques peut aider à réduire les coûts énergétiques en fermant les lumières ou en diminuant leur intensité selon les besoins. En règle générale, les lampes à incandescence doivent toujours être fermées lorsqu'elles ne sont pas utilisées; les lampes fluorescentes doivent l'être également si elles ne sont pas utilisées pendant plus de 15 minutes; les lampes aux halogénures et les lampes à décharge à haute intensité doivent être fermées si elles ne sont pas utilisées pendant plus d'une heure.

Il faut également tenir compte des éléments suivants :

- L'énergie liée à l'éclairage est gaspillée quand il n'y a pas d'interrupteurs locaux.
- Les activités qui nécessitent un éclairage puissant ou qui impliquent la distinction précise des couleurs requièrent des lampes articulées.
- Des niveaux excessifs d'éclairage ne rapportent rien, gaspillent l'énergie et peuvent endommager la vue.
- La lumière du jour est préférable à l'éclairage artificiel, car elle est moins coûteuse et émet moins de chaleur.
- Des couleurs claires et réfléchissantes sur les plafonds, les planchers et les murs permettent de moins éclairer les pièces.
- Des niveaux différents d'éclairage (éclairage général et éclairage de tâche) permettent d'économiser l'énergie.
- Voici des exemples de niveaux d'éclairage général :
 - Bureau – de 30 à 50 pieds-bougies (de 300 à 500 lux)
 - Laboratoire – de 30 à 50 pieds-bougies (de 300 à 500 lux)
 - Zone de production – de 50 à 75 pieds-bougies (de 500 à 750 lux)

Il est possible d'obtenir d'autres renseignements sur la maximisation des systèmes d'éclairage dans les usines en consultant le site Web www.iesna.org (en anglais seulement).

6.4.5 ISOLATION THERMIQUE DES PROCÉDÉS

L'isolation thermique du matériel et de la tuyauterie offre les avantages suivants :

- la prévention des pertes de chaleur;
- le maintien de températures de procédés régulières;
- la prévention de la condensation;
- le maintien de conditions de travail confortables et sécuritaires.

6.4.6 SYSTÈMES DE CHAUFFAGE, DE CLIMATISATION ET DE VENTILATION DES BÂTIMENTS

De nombreux procédés de plasturgie et systèmes auxiliaires émettent de la chaleur. Il est parfois plus économique de récupérer la chaleur ainsi produite avec des échangeurs de chaleur ou d'utiliser l'air ainsi chauffé dans des zones comme les pièces contenant les compresseurs afin de suppléer aux besoins de l'usine en matière de chauffage.

Des thermostats peuvent être programmés pour réduire la charge de chauffage en dehors des heures de travail. Voici d'autres méthodes de réduction des coûts :

Réduction des infiltrations d'air excessives

- Amélioration du calfeutrage et des coupe-froid autour des portes et fenêtres.
- Installation de sas d'air et de rideaux d'air.
- Installation de registres à faible débit de fuite.

Pour installer une ventilation adéquate, suivez les lignes directrices publiées par l'American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

Déstratification

Il est possible de réaliser des économies d'énergie durant la période de chauffage hivernale en empêchant la stratification de l'air (air chaud qui monte et s'accumule près du plafond) de la manière suivante :

- l'installation de ventilateurs de plafond;
- l'introduction d'air d'appoint près du plafond;
- l'utilisation du chauffage par rayonnement.

Il est possible d'obtenir d'autres renseignements relativement à la maximisation des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) et à l'efficacité énergétique en consultant le site Web suivant : www.aceee.org/ogeece/ch3_index.htm (en anglais seulement).

6.5 RÉDUCTION DES ÉMISSIONS

La réduction des émissions dans les entreprises de transformation des matières plastiques est mieux atteinte au moyen de programmes minutieusement conçus qui ont comme objectif de maximaliser l'ensemble des aspects des procédés de fabrication, en particulier ce qui touche l'utilisation des matières premières, ainsi que de l'eau et de l'énergie. Des améliorations continues se produisent par la mise en œuvre d'un système de gestion de l'environnement efficace. Par ailleurs, en plus de traiter de l'intérêt d'un tel système, le présent document énonce des possibilités supplémentaires d'améliorations énergétiques qui se concentrent précisément sur la conservation des matières, de l'énergie et de l'eau ainsi que sur les économies liées aux systèmes auxiliaires et au matériel des installations. Enfin, il présente une série d'études de cas effectuées dans le secteur de la plasturgie.

6.5.1 RÉSIDUS ATMOSPHÉRIQUES – GAZ ET POUSSIÈRE

Les émissions de gaz à effet de serre, surtout de CO₂, peuvent être réduites en améliorant de manière continue l'efficacité énergétique. La section 6.2 « Économie d'énergie » présente des possibilités d'amélioration. Ces possibilités possèdent la double caractéristique d'accroître l'efficacité énergétique et de réduire les émissions de CO₂ par unité de produit traitée.

6.5.1.1 Réduction des émissions de composés organiques volatils

La stratégie suivante a été approuvée par trois des quatre groupes précités à la section 2.5.1.1; il reste au groupe de travail sur le PVC à élaborer une stratégie propre à ce secteur. Pour les nouvelles installations et les installations modifiées, le groupe de travail a proposé l'adoption des *Directives environnementales visant à réduire les émissions de composés organiques volatils provenant de l'industrie de la plasturgie* du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), publiées en juillet 1997. Ces directives contiennent des normes et des conseils pour réduire les émissions de COV dans les nouvelles installations et les installations modifiées.

Pour les installations existantes, le groupe de travail sur la transformation des matières plastiques recommande l'application de la MTEAR (Meilleure technique existante d'application rentable), comme le recommande le Plan de gestion pour les NOx et les COV de 1990 du CCME. Le groupe de travail propose de travailler à l'adoption et à la mise en œuvre des directives du CCME visant à réduire les émissions de COV dans les installations de transformation des matières plastiques existantes, lorsque cela est possible, et selon les modalités de la MTEAR. Cela encouragerait l'adoption des dispositions des directives du CCME relatives, par exemple, aux normes liées au fonctionnement et au matériel ainsi que celles liées à la formation et à la tenue de registres.

Les éléments suivants constituent des renseignements supplémentaires au sujet des initiatives de réduction des émissions de COV proposées pour chacun des sous-secteurs relativement aux installations existantes :

Matériaux composites : L'industrie s'engage à mettre en œuvre les principes indiqués dans le document du CCME. L'ACIP prévoit préparer des trousse de documentation éducative pour renseigner les centaines de fabricants établis au Canada sur les moyens permettant de réduire les émissions de COV. Les lignes directrices ont pour objet de fournir une base permettant la mise en œuvre de mesures de contrôle cohérentes et de normes industrielles de fonctionnement. Les lignes directrices sont centrées sur la réduction des émissions de COV dans des opérations de transformation et de nettoyage, la manutention et le stockage des matières contenant des COV, et la manutention et l'élimination des déchets.

Les fournisseurs de résines ont déjà réussi dans l'ensemble à ramener la teneur en monomère de styrène des résines d'usage général de 48 à 45 p. 100. Par ailleurs, au Canada l'industrie a été marquée par les changements qu'ont subis les activités de moulage, passant du procédé à moule ouvert au procédé à moule fermé. Cette tendance va se répandre partout en Amérique du Nord au cours de la prochaine décennie. On s'attend à une autre réduction de 10 p. 100 par le procédé à moule ouvert, ce qui va amener une réduction supplémentaire de 10 p. 100 des émissions de COV avant même toute autre réduction dans la teneur en monomère de styrène.

Mousse PSE : L'industrie continuera de transformer des résines à faible teneur en pentane à mesure qu'elles seront disponibles sur le marché. Le but est ainsi d'atteindre l'objectif du CCME, soit 5 p. 100 de COV par unité de poids des résines utilisées de manière collective, lorsque cela est économiquement faisable. Le secteur utilisera, si possible, des matières recyclées afin d'éviter les matières premières qui ont une plus forte teneur en pentane. Parallèlement, les installations existantes vont fixer les objectifs à long terme de leur plan d'investissement sur le remplacement du matériel de transformation existant par du matériel capable de transformer des résines à faible teneur en pentane.

Mousse PE : L'industrie avancera sur deux fronts parallèles. Tout d'abord, elle va obtenir le soutien et le financement nécessaires pour approfondir la recherche d'un gonflant de remplacement. Ensuite, elle va se pencher davantage sur des méthodes permettant de réduire le pourcentage de butane utilisé au cours de la production.

Vinyle : Le groupe n'a pas encore commencé à élaborer une stratégie de réduction. Il a cependant indiqué que l'application d'encres d'impression entraînait plus d'émissions de COV que la transformation par calandrage. Une importante entreprise de transformation de vinyle calandré est membre d'un groupe de travail distinct créé pour traiter des émissions de COV engendrées par les opérations d'impression.

Recommandations générales

Il faut veiller à s'assurer que les températures de transformation recommandées par les fabricants de résine ne soient pas dépassées. Il faut consulter les fiches signalétiques de sécurité de produits des fournisseurs pour connaître les procédures de transformation appropriées et les précautions à prendre ainsi que les mesures d'ingénierie. Pour de nombreuses matières, on recommande l'utilisation de hottes d'évacuation locale à proximité des zones où les matériaux sont chauffés.

Une pratique saine de gestion consiste à prélever périodiquement des échantillons d'air dans l'usine. L'analyse d'échantillons d'air permet de détecter tout problème concernant les émissions atmosphériques ainsi que tout problème lié à la qualité de l'air à l'intérieur de l'usine qui doivent être réglés aux termes du *Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail*.

6.5.1.2 Réduction des émissions de poussières

Les niveaux de poussières diffuses peuvent également être réduits en utilisant des systèmes de collecte situés à proximité des emplacements clés des installations, par exemple la zone de manutention des matières ou les zones où se déroulent les opérations de mélange et de broyage.

6.5.2 EAUX USÉES ET DÉCHETS LIQUIDES

Le sujet du recyclage de l'eau de refroidissement a été abordé dans une des sections précédentes.

Le déversement des eaux usées dans un réseau d'égouts pour eaux usées est régi par des règlements municipaux. Afin de réduire au minimum les risques de contamination liés aux effluents d'eaux usées, des mesures d'ingénierie et un plan de prévention des déversements doivent être mis en place. Les éléments suivants constituent des mesures de prévention standard :

- des intercepteurs d'huile pour les effluents de l'usine;
- le blocage des collecteurs principaux placés dans des zones probables de déversement;
- une enceinte de confinement secondaire pour les réservoirs de stockage.

De bonnes procédures de nettoyage permettent de limiter l'introduction de particules dans le réseau d'égouts pour eaux usées. Des intercepteurs d'huile correctement conçus doivent être installés si des déversements d'huile sont probables. Lorsque cela est possible, les siphons de sol à l'intérieur de l'usine doivent être obturés ou scellés afin de contenir les déversements mineurs.

Les réservoirs de stockage où sont entreposés des produits pétroliers ou des produits chimiques dangereux doivent être équipés d'une enceinte de confinement secondaire.

Les déchets liquides nécessitant une manutention spéciale, produits par les entreprises de transformation des matières plastiques, comprennent les huiles hydrauliques usées, les solvants usés et d'autres produits chimiques devant être entreposés et éliminés conformément à la réglementation provinciale.

Les municipalités prélèvent des échantillons des effluents des usines à intervalles réguliers. Cependant, elles n'informent pas toujours les fabricants des niveaux excédentaires; il est donc inexact de présumer que les opérations sont conformes parce que aucune plainte n'a été déposée.

6.5.3 DÉCHETS SOLIDES

Des programmes de tri à la source doivent être mis en place afin de récupérer le carton, l'acier, le papier fin, le verre et le carton ondulé. De nombreuses entreprises recyclent déjà les matériaux d'emballage. Les grandes boîtes usagées sont très en demande comme contenants pour le stockage.

Plusieurs entreprises canadiennes se spécialisent dans les matières plastiques recyclées. Des pastilles propres ou rebroyées peuvent être vendues à ces entreprises afin d'être repastillées ou revendues.

6.5.4 BRUIT

Une étude sur le bruit doit être menée afin de déterminer les zones où les limites du *Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail* sont dépassées. Des mesures d'ingénierie doivent être adoptées pour réduire si possible les niveaux de bruit. On doit fournir aux employés un équipement de protection individuel dans le cas où il est impossible de mettre en place des mesures de sécurité et où l'équipement permet d'améliorer le confort des employés.

6.5.5 EAUX DE RUISSELLEMENT

Les eaux de ruissellement, si elles sont déversées dans un fossé ou un autre cours d'eau de surface, peuvent relever de la réglementation fédérale ou de la réglementation provinciale ou territoriale. Les limites concernant les contaminants sont généralement plus strictes que celles imposées aux égouts pour eaux usées. Un plan de gestion des eaux de ruissellement doit être mis en place afin de limiter les risques de contamination.

6.6 SYSTÈMES DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Des systèmes de gestion de l'environnement (SGE) bien conçus, comme la norme ISO 14001 et les programmes de conservation des ressources, aideront les entreprises de transformation à atteindre leurs objectifs en matière de réduction des répercussions sur l'environnement des activités des usines et de réduction des coûts.

Un SGE constitue la partie de la gestion globale d'une entreprise qui se concentre sur les répercussions à court et à long termes sur l'environnement de ses produits, services et procédés.

Un SGE est indispensable pour permettre à une entreprise de prévoir les attentes croissantes en matière de rendement environnemental et d'y répondre, et d'assurer la conformité aux exigences municipales, provinciales ou territoriales, nationales et internationales. On demande souvent aux entreprises de démontrer qu'elles se sont dotées d'un SGE efficace afin d'obtenir du financement et de conserver la valeur de leurs biens immobiliers.

La norme ISO 14001 est un standard reconnu internationalement permettant d'élaborer et de maintenir des systèmes environnementaux. Elle complète de nombreuses manières la série reconnue de normes de qualité ISO 9000.

Les normes de la série ISO 14000 comprend les éléments indiqués ci-dessous (nombre de ces normes sont encore au stade de l'élaboration) :

- Systèmes de gestion de l'environnement
- Évaluation de la performance environnementale
- Audit environnemental
- Analyse du cycle de vie
- Écoétiquetage
- Aspects environnementaux dans les normes des produits

L'annexe II présente la liste détaillée des normes de la série ISO 14000.

Mise en place et gestion d'un système de gestion de l'environnement

L'efficacité d'un SGE peut être améliorée quand on met en pratique les principes de gestion suivants, reconnus comme pouvant contribuer à la réussite de tout projet :

- l'engagement de la haute direction;
- la définition claire des responsabilités;
- des objectifs réalistes et bien définis;
- la planification et la mise en œuvre efficaces du programme.

La plupart des programmes couronnés de succès commencent généralement par une vérification. Celle-ci permet de déterminer dans quelle mesure l'environnement est touché par les activités de l'usine, la façon dont les ressources sont utilisées et les possibilités d'amélioration et d'économies. Certaines usines disposent des ressources adéquates à l'interne pour mener une vérification. Pour les autres, il est possible d'obtenir de l'aide et des publications en s'adressant aux services publics et aux administrations publiques. Si les répercussions sur l'environnement sont importantes, si la consommation de ressources est élevée ou si l'évaluation préliminaire indique un fort potentiel d'économies réalisables, il faut développer ces possibilités en s'appuyant sur les ressources internes ou en faisant appel à un conseiller spécialisé dans le domaine.

Une réduction de la consommation des ressources va dans le sens des objectifs du SGE. La réduction de la quantité de ressources utilisées a généralement une incidence positive sur la réduction des répercussions environnementales.

Programme de gestion environnementale du Conseil du vinyle du Canada

Les membres du Conseil du vinyle du Canada (CVC) ont reconnu la nécessité de démontrer leur engagement à non seulement se conformer à la réglementation sur la santé et la sécurité environnementales, mais également à se montrer plus responsables et à l'écoute des préoccupations évolutives de la société. Le CVC croit qu'il est important que ses actions soient documentées et mesurables. En 2000, le CVC a commencé la mise en œuvre de son plan de gestion environnementale qui avait été élaboré au cours des deux années précédentes. Ce plan se compose de six principes directeurs, de cinq domaines d'engagement et de 32 actions requises, tous indiqués dans le tableau suivant.

| Principes | Domaines d'engagement | Nombre d'actions |
|--|---|------------------|
| Développer une confiance mutuelle | Engagement de la direction, mise en place et évaluation | 11 |
| Mettre en place un système de gestion environnementale | Opérations | 7 |
| Intégration des priorités | Conservation des ressources et gestion des matières résiduelles | 4 |
| Conformité à des normes encore plus strictes | Responsabilité des produits | 5 |
| Expertise partagée | Communications | 5 |
| Améliorations continues | | |

En septembre 2000, plus de 80 p. 100 des membres du CVC avaient officiellement signé le plan de gestion environnementale; la plupart des membres avaient également publié des rapports d'étape.

6.7 ÉTUDES DE CAS EN CONSERVATION DES RESSOURCES

Il existe une grande diversité d'études de cas qui illustrent des efforts fructueux pour conserver les ressources. Les comptes rendus d'études de cas suivants présentent les succès d'entreprises de transformation des matières plastiques qui ont mis en place des mesures précises pour conserver les ressources.

Économie d'énergie

- Un fabricant de parement en vinyle de l'Ontario a récemment économisé près de 10 p. 100 sur ses coûts énergétiques en procédant à une série de modifications de ses procédés de fabrication ainsi qu'à d'autres initiatives. Nombre de ces changements proviennent directement de suggestions d'employés.
- Une entreprise moyenne de transformation de vinyle flexible a procédé à une vérification énergétique de 8 000 \$ (dont la moitié a été financée par l'État) et a ainsi pu repérer des économies annuelles potentielles de 80 000 \$.
- *Improving Energy Efficiency at U.S. Plastics Manufacturing Plants* – Ce document a été préparé par la Society of the Plastics Industry, Inc. et le département de l'Énergie des États-Unis. Cet excellent rapport sommaire contient 11 études de cas qui font ressortir les possibilités d'économies d'énergie détectées et mises en œuvre par certaines usines américaines de transformation des matières plastiques. Les évaluations des sites ont été menées en 2003; le rapport revient sur les économies réalisées jusqu'en mars 2005. Pour les 11 sites, les possibilités d'économies moyennes annuelles réalisables s'élèvent à 149 253 \$ par site. Les économies annuelles réalisées jusqu'en mars 2005 s'élèvent à 68 454 \$ par site. La somme des économies réalisées correspond environ à 10 p. 100 des coûts énergétiques annuels des 11 sites. Les secteurs clés reconnus comme offrant des possibilités d'améliorations par l'évaluation comprennent les systèmes de refroidissement par eau, la réduction du temps que nécessitent les changements au niveau des presses, les systèmes de CVC, les systèmes de gestion des moteurs et l'isolation. L'appendice IV comprend un échantillon d'études de cas du rapport précité.

Il est possible d'obtenir la version intégrale (en anglais seulement) du rapport sommaire et des études de cas individuelles (en anglais seulement) en les téléchargeant à partir de l'adresse suivante : www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/plastics_manufacturers_save.html.

- **Programme de gestion de l'énergie de l'entreprise C&A Floorcoverings** – L'entreprise Collins & Aikman (C&A) a mis en œuvre un programme de gestion qui associe initiatives d'efficacité énergétique et objectifs commerciaux. En deux ans, C&A a réalisé 10 p. 100 d'économies sur ses dépenses annuelles en gaz naturel, qui sont de 824 500 \$. L'étude de cas complète (en anglais seulement) est accessible à l'adresse suivante : www.ase.org/uploaded_files/industrial/CollinsAikman%20v04.pdf.

- **Résumé du programme des services d'énergie pour l'industrie** – L'annexe I renferme des renseignements sur les évaluations énergétiques de 67 entreprises de transformation des matières plastiques de l'Ontario, menées par le ministère de l'Environnement et de l'Énergie (aujourd'hui le ministère de l'Environnement) de 1985 à 1997. L'étude indique que les périodes de récupération relatives à l'amélioration de la technologie et à la récupération de la chaleur sont courtes.

Conservation de l'eau

- Un fabricant de gaines des provinces de l'Atlantique a économisé plus de 85 p. 100 de la quantité d'eau qu'il utilisait en mettant en place un système de refroidissement en circuit fermé. La même entreprise a réduit ses déchets de 20 p. 100 tout en augmentant son chiffre d'affaires de 15 à 20 p. 100.
- **New United Motor Manufacturing, Inc.** – Un programme de conservation des eaux a permis d'économiser plus de 270 000 gallons par jour. En installant des pompes de recirculation dans le système de climatisation par évaporation et en recyclant l'eau utilisée, l'entreprise économise assez d'eau pour alimenter quotidiennement 2 000 maisons. L'étude de cas (en anglais seulement) peut être consultée à l'adresse suivante : www.stopwaste.org/docs/nummi.pdf.

Systèmes de gestion de l'environnement

- **Van Dorn Plastics Machinery Company, Strongsville** – Cette entreprise de fabrication américaine a réduit de plus de 35 p. 100 sa production de déchets, en dépit de l'augmentation de son volume de production. Son programme intitulé *Pollution Prevention Pays*, qui a soulevé une forte participation, a été élaboré dans le cadre de l'initiative de gestion de la qualité totale. L'étude de cas (en anglais seulement) est affichée à l'adresse suivante : es.epa.gov/techinfo/case/comm/vandorn.html.

Systèmes de gestion des déchets

- Une entreprise de moulage par injection de Toronto a entrepris une vérification des déchets, ce qui lui a permis d'économiser 30 000 \$ en mettant en place un système de tri à la source. L'entreprise cède désormais des matériaux « propres » à des entreprises de recyclage, éliminant ainsi les frais de collecte des déchets.
- En Nouvelle-Zélande, une entreprise a pris des dispositions afin de prendre livraison des déchets de matières plastiques ainsi que des produits périmés de ses clients. Cette initiative, qui se voulait d'abord environnementale, a permis à l'entreprise de faire des économies annuelles de 250 000 \$ NZ et de solidifier ses relations avec sa clientèle. Cette entreprise conçoit désormais ses produits en pensant au facteur enlèvement des déchets.



NOUVELLES
TECHNOLOGIES ET
TECHNOLOGIES
ÉMERGENTES



7. NOUVELLES TECHNOLOGIES ET TECHNOLOGIES ÉMERGENTES

De nombreuses facettes de la transformation des matières plastiques et des techniques de fabrication connexes sont en constante évolution. En ce qui a trait aux matières et aux applications finales, le secteur présente constamment des nouveautés ou des modifications. On ne s'attend toutefois pas à ce qu'une nouvelle technologie de transformation pénètre rapidement l'industrie, à moins qu'elle n'offre une courte période de récupération de la dépense en capital. Même si de nombreux fabricants ont investi grandement dans du nouveau matériel au cours des dernières années, une part considérable de la machinerie utilisée dans le secteur de la plasturgie date de plusieurs décennies. Le présent chapitre traite des technologies mises au point mais pas encore entièrement intégrées dans l'industrie.

7.1 ÉVOLUTION DANS LES MATIÈRES PREMIÈRES

La gamme de matières plastiques brutes actuellement offerte aux entreprises de transformation, bien que considérable, croît constamment. Les matières destinées aux applications à volumes élevés sont soumises à un processus de développement continu qui vise à améliorer la performance et la facilité de transformation d'un produit, ainsi qu'à en réduire les coûts. Les fournisseurs tentent d'accroître leur part de marché en remplaçant les résines plastiques actuellement utilisées par d'autres matières.

Au cours des dernières années, une nouvelle famille de matières plastiques catalysées au métallocène a fait son apparition sur le marché. On s'attend à ce que les excellentes propriétés physiques de ces matières en augmentent l'utilisation, notamment dans les produits d'emballage pour usage alimentaire coextrudés, ou comme modificateur d'autres matières qui agira comme agent d'amélioration de la transparence.

7.2 ROBOTIQUE

On utilise la robotique pour accroître la rapidité des machines, réduire les coûts, accroître la sécurité et améliorer la qualité en maintenant l'uniformité des cycles des machines.

Le système robotique le plus fréquemment utilisé et le plus simple est le ramasseur de carottes, utilisé pour assurer le retrait effectif des carottes du moule d'injection. Dans les applications perfectionnées, on utilise la robotique pour retirer les pièces des moules à empreintes multiples et les emballer, surtout lorsque la manipulation pourrait endommager les pièces ou qu'il importe de maintenir la bonne orientation des pièces.

La robotique a une autre utilité majeure, celle d'insérer des prisonniers métalliques dans les moules. Le positionnement des prisonniers est crucial. En outre, dans certains cas, une insertion manuelle des prisonniers pourrait représenter un risque pour la sécurité de l'opérateur.

Pour certains produits moulés par soufflage (p. ex. contenants de pesticides), l'étiquette doit être moulée à même la pièce pour s'assurer qu'elle ne décolle pas. On fait alors appel à des robots pour apposer l'étiquette dans les moules pour soufflage durant le cycle de fonctionnement.

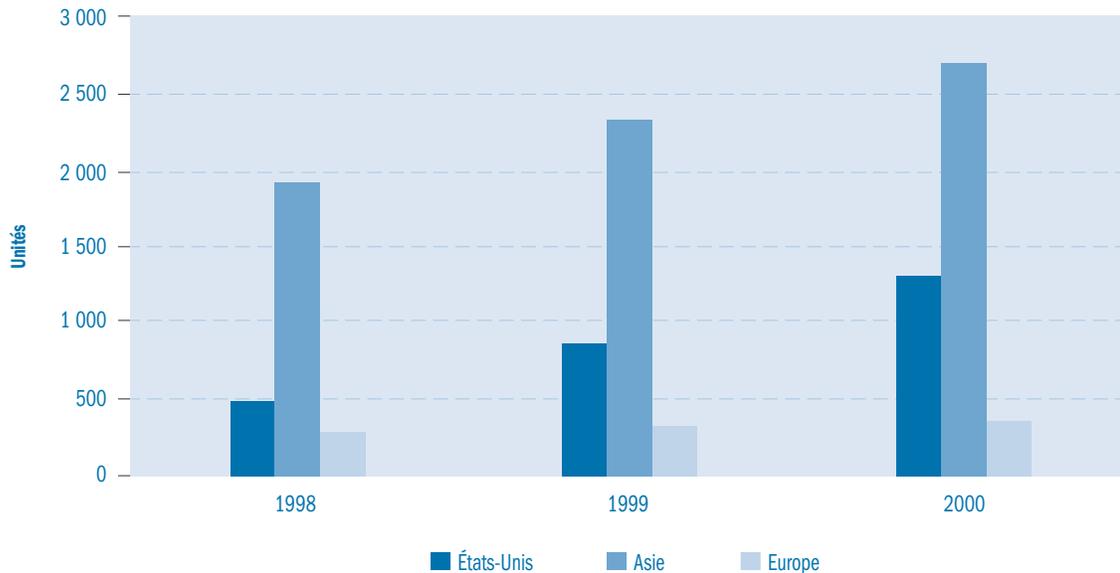
7.3 MACHINES DE MOULAGE PAR INJECTION ENTièrement ÉLECTRIQUES

La majorité des fabricants de machines de moulage par injection produisent actuellement une gamme de machines entièrement électriques, qui ne disposent d'aucun système hydraulique. Voici quelques-uns des principaux avantages annoncés par rapport aux machines classiques :

- **Consommation plus efficace de l'énergie** – On prétend que ces machines permettent de réaliser des économies d'énergie de plus de 50 p. 100 par rapport aux presses hydrauliques classiques. Les moteurs sont adaptés aux applications, leur vitesse est entièrement réglable et ils fonctionnent seulement quand il le faut.
- **Silencieuses, propres et compactes** – Les fabricants affirment que les niveaux de bruit de ces machines sont d'environ 73 décibels (dB), contre 78 dB pour les machines classiques. (Une réduction de 10 dB est généralement perçue comme une réduction de 50 p. 100 des niveaux de bruit.) Ainsi, ces machines sont assez silencieuses pour fonctionner dans un environnement de bureau. En outre, les machines électriques éliminent les problèmes de dispersion d'huile. De plus, l'encombrement de ces machines est moindre que celui des machines classiques de dimension équivalente.
- **Meilleur contrôle du procédé** – Un contrôle plus précis et reproductible se traduit par des mises au point plus rapides et un respect accru des tolérances. Les fabricants laissent entendre que la reproductibilité et la fiabilité des machines de moulage électriques permettront d'opérer sans surveillance.
- **Élimination des problèmes liés à l'huile hydraulique** – Il n'est plus nécessaire de procéder à une vidange de l'huile hydraulique. En outre, il n'est plus nécessaire de refroidir la machine.
- **Temps de réponse plus rapide (temps de cycle)** – Le temps de réaction des contrôles électriques est plus rapide que pour les machines électriques/hydrauliques.

Au début, le prix de vente des machines entièrement électriques était de 30 à 50 p. 100 supérieur à celui des machines hydrauliques classiques. On estime maintenant que le prix est d'environ de 20 à 30 p. 100 supérieur du fait que les coûts initiaux de développement ont été partiellement épongés. La figure 7-1 présente les données relatives au volume du marché des machines entièrement électriques aux États-Unis, en Asie et en Europe.

Figure 7-1 Volume du marché des machines entièrement électriques (en unités)



Source : Canadian Plastics, décembre 2000

Certes, le marché des machines entièrement électriques est en pleine expansion. Cependant, il représente toujours moins de 10 p. 100 du nouveau marché des machines de moulage par injection (46 000 machines en 2000). Même avec un coût d'investissement réduit, les économies d'énergie différentielles sont insuffisantes pour permettre une période de récupération suffisamment courte pour la plupart des entreprises canadiennes. Des échanges avec plusieurs dirigeants d'entreprises de transformation des matières plastiques au Canada indiquent qu'on envisage l'achat de machines entièrement électriques mais que très peu de ces machines ont été achetées.

On offre également sur le marché des machines hybrides munies d'un dispositif de verrouillage hydraulique et d'une commande de vis ainsi que d'un dispositif d'injection électriques.

7.4 SÉCHOIRS AUX MICRO-ONDES

Les séchoirs aux micro-ondes qui sèchent les matières au moyen de la technologie des micro-ondes classique ainsi que de nombreuses applications particulières en sont toujours au stade du développement. L'avantage principal du séchage par micro-ondes est qu'il réduit le temps de séchage, ce qui permet la rotation plus rapide des matières et la réduction des coûts énergétiques. Cependant, cette technologie nécessite de lourds investissements et les prototypes des appareils sont conçus dans une optique de traitement par lot, tandis que la majorité des procédés emploient des systèmes d'alimentation continue. D'autres travaux devront être effectués pour faire en sorte que la technologie des micro-ondes soit largement acceptée pour ce type d'application.

7.5 BROYEURS

Les fabricants développent actuellement des rotors ou découpeuses à deux étages spéciaux qui permettent de réduire la puissance requise et la consommation d'énergie pour un flux de production donné.

7.6 PROTOTYPAGE RAPIDE

Par le passé, le prototypage de composants exigeait souvent la fabrication de moules en acier, ce qui s'avérait long et coûteux. En outre, lorsque des changements étaient apportés à la conception, le moule de prototype initial devait être considérablement modifié ou simplement envoyé au rebut.

Au cours des dernières années, les technologies suivantes ont été développées pour permettre la production directe de prototypes par la conception assistée par ordinateur, sans qu'aucun moule ne doive être utilisé :

- **Stéréolithographie** – Procédé de prototypage qui utilise un laser pour déposer de fines couches consécutives d'un polymère en solution. Ces couches s'accumulent graduellement pour former un modèle, dont la configuration peut être assez complexe.
- **Frittage sélectif au laser** – Utilisé pour monter des couches de matière de façon semblable à la stéréolithographie, en utilisant des matières sèches pulvérisées plutôt que des polymères liquides.
- **Fabrication balistique de particules** – Méthode de prototypage récemment développée par l'adaptation d'une technologie semblable à celle de l'impression par jet d'encre. Dans ce procédé, des particules microscopiques de thermoplastique fondu sont « projetées » avec grande précision sur des points précis afin de créer un modèle tridimensionnel.

7.7 MOULAGE PAR INJECTION ASSISTÉ AU GAZ

Auparavant, les concepteurs de pièces destinées au moulage par injection étaient limités par la nécessité de maintenir des sections relativement uniformes et minces dans les produits finis. Cela s'explique par le fait que les sections à parois épaisses, en plus de prendre plus de temps à refroidir, avaient tendance à présenter des retassures, soit des dépressions en surface de la pièce attribuables à la contraction du plastique pendant le refroidissement. Le moulage assisté au gaz permet de régler ces problèmes et de développer une gamme plus vaste d'applications.

Dans ce procédé, de l'azote gazeux est injecté à l'intérieur de la matière fondue à l'emplacement des sections épaisses. La pression du gaz crée un creux dans le plastique et le pousse contre le moule pendant qu'il durcit. On élimine ainsi les retassures, tout en réduisant le coût des matières premières. Pour certaines pièces, des économies de matière de l'ordre de 50 p. 100 ont été signalées.

7.8 MOULAGE PAR COÏNJECTION

Le moulage par coïnjection est une autre méthode utilisée pour améliorer les propriétés physiques ou pour réduire les coûts des matières premières. Ce procédé permet l'injection simultanée de deux matières différentes par des buses concentriques. Le concepteur de pièces a ainsi la liberté de créer des pièces dont la paroi externe est faite d'une matière offrant les propriétés visuelles ou physiques voulues, et d'injecter une matière moins chère, plus robuste ou plus légère pour former la paroi interne.

7.9 TECHNOLOGIES DE FABRICATION D'OUTILS

Les technologies de conception assistée par ordinateur et de fabrication assistée par ordinateur prennent de plus en plus d'importance dans la réduction du délai de production et des coûts d'outillage. Des données numérisées sont couramment transmises de clients à fournisseurs d'outils, et sont utilisées directement pour guider les machines de fabrication d'outils, telles que les machines à fraiser à commande numérique.

Les machines d'usinage par étincelage ont grandement remplacé les pantographes dans la conception d'empreintes précises d'outils. Les filières d'extrusion sont fabriquées au moyen d'une machine d'usinage par étincelage par fil afin de produire, à moindres coûts, des configurations complexes.

Il est également possible d'utiliser davantage des moules en alliage de qualité supérieure afin de réduire ainsi les cycles de moulage. La plupart des aciers à outils actuellement utilisés ont été conçus avant la Seconde Guerre mondiale.

7.10 TECHNIQUES DE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

Diverses techniques ont été mises au point, et des fabricants au Canada en ont utilisé quelques-unes pour réduire les émissions de COV et les matières contenant des COV utilisées dans les activités de transformation des matières plastiques. À ce jour, les efforts ont surtout été orientés vers la mise en œuvre de procédés et de pratiques de travail visant à réduire les COV. Voici des exemples de techniques de contrôle actuellement offertes ou en cours de développement :

- **Polystyrène expansé** – Une entreprise a récemment mis sur le marché des billes à faible teneur en pentane, tandis que d'autres entreprises en sont encore à l'étape de recherche et développement. Actuellement, l'utilisation de billes à faible teneur en pentane convient probablement mieux aux produits de haute ou moyenne densité, plutôt qu'aux produits de faible densité tels que les panneaux isolants. Par ailleurs, des modifications doivent être apportées au matériel et aux procédés afin d'utiliser ce type de billes. Il est nécessaire de prendre en considération les répercussions sur la technologie et le coût en capital avant de faire un grand usage de cette technique de contrôle.

- **PVC** – Dans ce secteur, la tendance à développer des plastifiants à faible teneur en COV se maintient. Les stabilisants sans solvant et les nettoyeurs à faible teneur en COV comptent parmi les autres options pouvant être adoptées.
- **Matières plastiques/matériaux composites renforcés (résines de polyester)** – Les options visant la réduction des COV sont axées sur l'utilisation de matières à plus faible teneur en COV et sur l'accroissement de l'efficacité des procédés au moyen de modifications apportées au matériel et à l'adoption de bonnes pratiques d'exploitation. À ce jour, l'utilisation de filtres à charbon empilés pour réduire les odeurs, les niveaux d'émissions de COV et l'utilisation de solvants, et la mise en œuvre de programmes de recyclage des solvants conformes aux directives du CCME comptent parmi les initiatives adoptées dans le secteur des matières plastiques renforcées. En outre, des programmes internes de récupération de l'acétone ont été mis en place. Il est possible de réduire davantage les émissions de COV en s'engageant à utiliser des résines sans colle et à faible teneur en styrène ainsi que des nettoyeurs à faible teneur en COV, à utiliser des pulvérisateurs à haute efficacité et en ayant recours à la technologie des moules fermés.

7.11 MOTEURS COUPLES SYNCHRONES

Les fabricants d'équipement pour extrudeuses introduisent de plus en plus le moteur couple synchrone dans leur conception de machines. Ce type de moteur est compact, très silencieux, exige peu d'entretien et est très éconergétique. Ordinairement, un moteur couple synchrone consomme de 10 à 20 p. 100 moins d'énergie qu'un moteur à courant continu et de 5 à 10 p. 100 moins d'énergie qu'un moteur triphasé à courant alternatif. Ce moteur offre un couple constant sur une large plage de vitesses et présente un couple élevé sur de faibles vitesses. Ce moteur a été utilisé dans des applications commerciales d'extrusion, telles la fabrication de tuyaux, le soufflage de gaine, l'extrusion de feuilles et l'extrusion-soufflage en continu. Il a également été utilisé dans des composants en aval, comme des cylindres refroidisseurs et des enrouleurs.

Les moteurs couples synchrones sont offerts depuis plusieurs années déjà, et il est probable qu'ils seront de plus en plus utilisés dans l'industrie.

8

ANALYSE COMPARATIVE ET SURVEILLANCE DU RENDEMENT



8. ANALYSE COMPARATIVE ET SURVEILLANCE DU RENDEMENT

Les ratios de rendement s'avèrent utiles dans l'évaluation des efforts d'une installation pour réduire sa consommation d'énergie et d'eau et ses rejets d'effluents. Le fait d'établir une ligne de base pour évaluer la consommation des ressources et la production de déchets permet à une entreprise d'évaluer les améliorations apportées aux activités et au matériel au fil du temps. Le présent chapitre offre une série de formules génériques permettant de calculer ces ratios.

Dans le cas de pièces individuelles de matériel de transformation qui semblent pouvoir faire l'objet d'une amélioration considérable, il est possible d'évaluer ou de calculer la consommation d'énergie et d'établir des ratios semblables. Ces ratios peuvent être comparés aux données publiées sur du matériel plus efficace et être utilisés pour effectuer l'évaluation et établir la priorité de projets d'accroissement de l'efficacité énergétique.

Les ratios de rendement présentés ci-dessous calculent à la fois la consommation d'énergie et d'eau liée aux activités de transformation et autres que de transformation (y compris les services publics consacrés à l'éclairage, au chauffage, à la ventilation et à la climatisation). Toutes ces données de consommation peuvent être calculées directement à partir de la facture de services publics de l'entreprise. Toute amélioration apportée dans l'installation devrait se traduire par une diminution du ratio.

8.1 UTILISATION DES MATIÈRES PREMIÈRES

Un indicateur repère clé est l'utilisation des matières premières. La plupart des installations peuvent calculer leur utilisation attendue ou « normale » de matières premières au moyen du système de contrôle des coûts. Une utilisation réelle, obtenue au moyen des comptes des achats, qui diffère considérablement de l'utilisation attendue peut être un indice de pertes contrôlables et devrait donc être examinée. Il arrive souvent qu'on ne puisse obtenir des données justes qu'après avoir fait un inventaire. Les « écarts de matières premières » peuvent témoigner d'inefficacités majeures quant à la manutention des matières, au taux de production de déchets et aux mises au point. Ils peuvent aussi être utilisés pour repérer les produits déficitaires.

Puisque la résine transformée au cours d'une période précise représente le dénominateur dans les calculs suivants, il importe d'en définir l'utilisation de façon précise. Il est préférable de se reporter aux comptes des ventes pour obtenir les kilogrammes utilisés afin d'éviter de compter les chutes, les purges ou les autres déchets comme matières « transformées ».

8.2 CONSOMMATION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE PAR UNITÉ

On suggère l'utilisation de la formule suivante pour estimer la consommation d'énergie électrique par unité de matières plastiques transformée dans toute installation donnée, pour toute période établie.

$$\frac{\text{Nombre total de kilowattheures d'électricité consommée} \times 3,6}{\text{Nombre total de kilogrammes de résine transformée}} = \text{Consommation d'énergie électrique par unité en mégajoules par kilogramme}$$

8.3 CONSOMMATION DE GAZ NATUREL PAR UNITÉ

On suggère l'utilisation de la formule suivante pour estimer la consommation de gaz naturel par unité de matières plastiques transformée dans toute installation donnée, pour toute période établie.

$$\frac{\text{Nombre total de mètres cubes de gaz naturel consommé} \times 37,2}{\text{Nombre total de kilogrammes de résine transformée}} = \text{Consommation de gaz naturel par unité en mégajoules par kilogramme}$$

8.4 RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ PAR UNITÉ D'ÉNERGIE

La formule suivante permet d'estimer la réduction d'émissions de CO₂ directement liée à la réduction de la consommation de gaz naturel.

$$\frac{\text{Réduction de gaz naturel consommé en mégajoules} \times 49,68}{10^6} = \text{Réduction des émissions d'éq CO}_2 \text{ en tonnes}$$

Source : Environnement Canada (1999), Inventaire canadien des gaz à effet de serre : Émissions et absorptions de 1997 et tendances.

8.5 CONSOMMATION D'EAU PAR UNITÉ

On suggère l'utilisation de la formule suivante pour estimer la consommation d'eau par unité de matières plastiques transformée dans toute installation donnée, pour toute période établie.

$$\frac{\text{Nombre total de mètres cubes d'eau consommée}}{\text{Nombre total de kilogrammes de résine transformée}} = \text{Consommation d'eau par unité en mètres cubes par kilogramme}$$

L'analyse comparative est un outil très utile pour comparer le rendement des installations de fabrication entre elles. Il importe cependant de faire preuve d'une attention particulière pour s'assurer que les données utilisées sont valides et comparables. À titre d'exemple, dans le secteur de la plasturgie, de nombreuses exigences énergétiques doivent être respectées dans divers procédés. Il est souvent difficile de trouver précisément des conditions identiques dans d'autres installations, et bon nombre d'entreprises sont réticentes à partager des renseignements détaillés avec leurs concurrents.

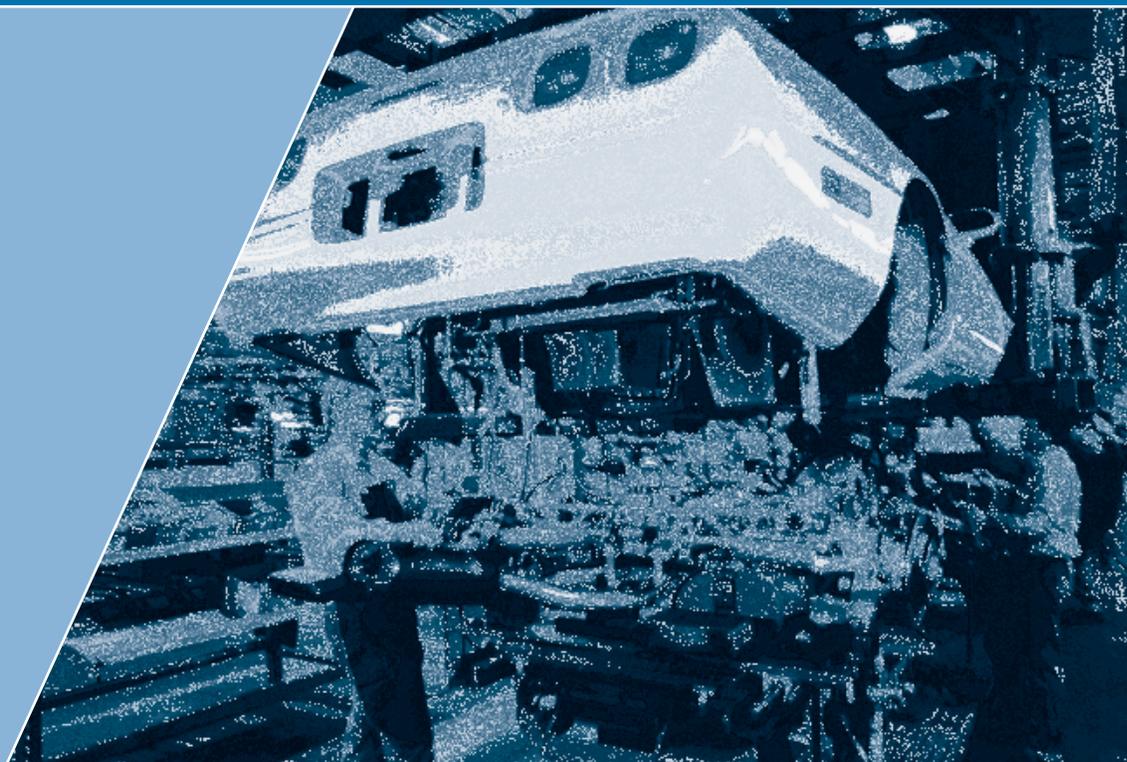
L'Association des fabricants de pellicules de plastique du Canada et l'Association canadienne de l'industrie des plastiques (ACIP) publient annuellement des ratios de rendements financiers et opérationnels. Les résultats de ces enquêtes statistiques sont en vente, et les membres de l'ACIP comme le grand public peuvent se les procurer. Le site Web de l'ACIP (www.cpia.ca) fournit les renseignements sur la façon de se les procurer.

Dans le cadre d'ententes réciproques, certaines entreprises réussissent à obtenir des renseignements utiles auprès d'autres entreprises qui fabriquent des produits semblables ou identiques destinés à des marchés géographiques différents. Les fournisseurs de matières premières et de matériel peuvent aider à faciliter ces contacts.

L'analyse comparative est un outil essentiel pour les entreprises de transformation intéressées à l'amélioration continue de leurs procédés et de leurs installations. La collecte de données initiales et l'établissement de ratios adaptés constituent la première étape du processus d'amélioration. On définit ainsi le degré d'importance des paramètres et la façon dont ils seront évalués, ce qui donne une position initiale à laquelle peuvent être comparés les améliorations. L'analyse comparative permet aux entreprises de transformation de se concentrer sur l'amélioration de leur rendement et d'établir les objectifs précis vers lesquels l'organisation devrait s'orienter.

9

AUTRES RENSEIGNEMENTS UTILES



9. AUTRES RENSEIGNEMENTS UTILES

Le présent chapitre offre une série d'autres documents de référence sur les améliorations énergétiques et environnementales en plasturgie. Dans la plupart des cas, les coordonnées pour obtenir un complément d'information sont affichées.

9.1 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE DIVERS

Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique (Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne [PEEIC]). Ce document décrit la méthode pour élaborer et mettre en œuvre un programme efficace de gestion de l'énergie, et comprend des formules de calcul permettant d'évaluer les possibilités d'économie énergétique découlant des améliorations apportées entre autres à l'éclairage, aux systèmes électriques, aux chaudières, aux systèmes à vapeur et de condensation, au chauffage et au refroidissement, aux systèmes de CVC et à la récupération de la chaleur résiduelle. Disponible en ligne à l'adresse suivante : www.oec.rncan.gc.ca/industriel. Pour plus de renseignements, communiquez avec le secrétariat du PEEIC par télécopieur au 613-992-3161 ou envoyez une demande de renseignement par courriel à l'adresse suivante : info.ind@rncan.gc.ca.

Operation Clean Sweep: A Manual on Preventing Pellet Loss (The Society of the Plastics Industry, Inc.). Ce manuel donne des directives détaillées en vue de limiter les pertes de matières premières dans l'industrie de transformation des matières plastiques. Il traite de programmes et de méthodes et propose un objectif visant à mettre fin aux pertes de pastilles. Pour plus de renseignements, composez le 202-974-5200, ou consultez le site Web suivant : www.opcleansweep.org (en anglais seulement).

Natural Gas Applications for Industry, Volume VII: The Plastics Industry (American Gas Association, 1992). Cette étude se penche sur les occasions d'économie de coûts que permet l'utilisation du gaz dans bon nombre de technologies de transformation et d'appareils auxiliaires. L'étude traite aussi des facteurs exploitation, technologie et coûts, et classe les occasions d'économie par ordre d'importance. En outre, elle présente des données et des méthodes utiles pour évaluer la rentabilité des intrants énergétiques de remplacement. Visitez le site Web suivant : www.aga.org/pubs (en anglais seulement)

Plastics Recycling: Products and Processes (Society of Plastics Engineers). Une enquête exhaustive des éléments techniques, commerciaux et environnementaux entrant dans le recyclage des matières plastiques (à savoir le polyéthylène téréphtalate, les polyoléfinés, le polystyrène, le polychlorure de vinyle, les thermoplastiques techniques, les acryliques, les plastiques mélangés et les thermodurcissables) Visitez le site Web suivant : www.4spe.org (en anglais seulement).

Directives environnementales visant à réduire les émissions de composés organiques volatils provenant de l'industrie de la plasturgie (Conseil canadien des ministres de l'environnement [CCME]). L'ozone troposphérique, un élément important du smog urbain, se forme lorsque des oxydes d'azote (NOx) et des composés organiques volatils (COV) réagissent dans l'atmosphère en présence de la lumière du soleil. Ce rapport fait suite à une initiative particulière lancée dans le cadre du Plan de gestion des NOx et des COV du CCME, dont l'objectif global est de combattre la formation d'ozone troposphérique en réduisant les émissions de NOx et de COV provenant de sources nouvelles et existantes.

Ce document vise à fournir des directives aux fabricants de matières plastiques et aux exploitants d'usines de transformation des matières plastiques sur les moyens capables de réduire les émissions de COV qui sont rejetées dans l'atmosphère au cours de la production ou qui proviennent des opérations de fabrication et de nettoyage, de la manutention et du stockage des matières contenant des COV ainsi que de la manutention et de l'élimination des déchets. Ces directives couvrent les activités de production associées à un certain nombre de matières plastiques, soit le polystyrène expansé, les mousses de polyéthylène expansé, le chlorure de polyvinyle et les résines polymères thermodurcies utilisées dans la fabrication des produits composites et des plastiques renforcés.

Ces directives fournissent aux entreprises de transformation des matières plastiques des normes concernant les matières premières, le matériel, la fabrication et l'exploitation. Elles contiennent aussi des normes touchant la tenue de dossiers, la formation du personnel, les pratiques d'exploitation recommandées et les protocoles d'essai. Il est possible de commander ce document auprès du CCME à partir de son site Web à l'adresse suivante : www.ccme.ca/publications/index.fr.html.

9.2 ASSOCIATIONS DE L'INDUSTRIE DE LA PLASTURGIE

Association canadienne de l'industrie des plastiques (ACIP)

L'ACIP est le porte-parole de l'industrie des plastiques au Canada. Cette association offre ses services dans des bureaux régionaux et peut s'avérer une source inestimable de renseignements dans les domaines de la technologie, du commerce, de la santé et sécurité et de l'environnement. Les bureaux de l'ACIP sont situés au 5915 Airport Road, bureau 712, Mississauga (Ontario) L4V 1T1. Téléphone : 905-678-7748, télécopieur : 905-678-0774. Visitez le site Web suivant : www.cpia.ca/?lang=FR.

Institut des plastiques et de l'environnement du Canada (IPEC)

L'Institut des plastiques et de l'environnement du Canada est un conseil de l'Association canadienne de l'industrie des plastiques offrant de nombreux renseignements généraux au sujet des enjeux liés à la gestion intégrée des ressources et les déchets solides de matières plastiques. Il offre également d'autres ressources tels des rapports techniques et des renseignements destinés aux gestionnaires de déchets solides sur la collecte de matières plastiques recyclables et les méthodes de tri. L'IPEC est situé au 5915 Airport Rd, pièce 712, Mississauga (Ontario) L4V 1T1. Téléphone : 905-678-7748, poste 231. Télécopieur : 905-678-0774. Site Web : www.cpia.ca/epic/?lang=FR.

Society of Plastics Engineers (SPE)

La SPE vise à promouvoir les connaissances scientifiques et en génie liées aux matières plastiques. Cette association tient un congrès technique annuel, auquel assiste un large auditoire intéressé à tous les aspects techniques de l'industrie des matières plastiques. Pour des renseignements au sujet de la SPE, composez le 203-775-0471 ou consultez le site Web suivant : www.4spe.org/. (en anglais seulement)

9.3 RÉPERTOIRES ET GUIDES DE L'INDUSTRIE

Répertoire du marché des plastiques recyclés et des produits recyclés (Institut des plastiques et de l'environnement du Canada). Le répertoire propose une liste et un index à renvoi des participants dans tous les aspects du recyclage des matières plastiques en Amérique du Nord. Le guide (en anglais seulement) est accessible sur le site de l'IPEC à l'adresse suivante : www.plastics.ca/epic.

Division des programmes des secteurs industriels (Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique [OEE]).

Il est possible de consulter ou de commander en ligne plusieurs publications de l'OEE à l'adresse suivante : oee.rncan.gc.ca/industriel.

Publications de Hydro One sur l'efficacité énergétique. Le site Web de Hydro One (en anglais seulement) présente une base de données interrogeable des publications sur l'efficacité énergétique (www.hydroone.com).

9.4 DOCUMENTS D'ORIENTATION SUR LA VÉRIFICATION ENVIRONNEMENTALE ET DES RESSOURCES

111

Guide pour le milieu de travail : vers la santé environnementale (La Fondation Harmonie du Canada, 1991). Ce guide a été élaboré afin de présenter des méthodes de mise en œuvre dans l'industrie, de pratiques durables sur le plan environnemental. On y décrit des outils que doivent utiliser les organisations pour évaluer leurs points forts et leurs lacunes sur le plan environnemental, élaborer un plan stratégique et mettre en application des pratiques environnementales améliorées dont la conservation des ressources. Ce guide présente une démarche progressive détaillée pour aider à repérer les avantages économiques et environnementaux par la pensée positive, l'engagement sérieux et l'action coopérative. La Fondation Harmonie du Canada fait également paraître des publications portant sur les changements climatiques. Il est possible de commander les publications de cette fondation à partir de son site Web à l'adresse suivante : www.harmonyfdn.ca/pubs.html.

La Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE) offre bon nombre de programmes qui pourraient intéresser les dirigeants d'entreprises de transformation des matières plastiques. Vous trouverez à l'adresse www.nrtee-trnee.ca des renseignements sur les programmes et publications de la TRNEE portant sur les sujets suivants :

- les indicateurs d'efficacité dans le milieu des affaires;
- les indicateurs d'environnement et de développement durable;
- les enjeux du développement durable pour la prochaine décennie.

9.5 DOCUMENTS D'ORIENTATION SUR LA PRÉVENTION DE LA POLLUTION

Planification de la prévention de la pollution : Manuel et document d'orientation

(ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1993, PIBS 2586F. ISBN 0-7778-1441-2). Ce manuel présente les fondements d'une stratégie de prévention de la pollution, un modèle pour la mise sur pied d'une équipe de planification ainsi que des plans de travail et des listes de vérification qui aideront à la mise en œuvre d'un programme efficace. Ce manuel est offert en ligne à l'adresse suivante : www.ene.gov.on.ca/envision/gp/2586f.pdf.

L'Association canadienne de normalisation dispose d'un large éventail de publications sur les normes et lignes directrices relatives à la prévention de la pollution et l'atténuation des changements climatiques. Il est possible de consulter ces publications à l'adresse suivante : www.csa.ca.

9.6 SYSTÈMES DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les Manufacturiers et Exportateurs du Canada (MEC), en collaboration avec BRI International Inc., ont élaboré des outils pour aider les entreprises à repérer leurs lacunes et à appliquer les normes ISO 9001, 14001 et 18001. Ces outils sont offerts sur le site Web des MCE à l'adresse suivante : www.cme-mec.ca/national/index-fr.asp.

9.7 SITES WEB

Nombreux sont les fabricants, les organismes gouvernementaux, les organismes de recherche, les services publics et les associations industrielles qui possèdent leur propre site Web. Voici quelques sites d'intérêt :

- Association canadienne de l'industrie des plastiques (www.cpia.ca/?lang=FR)
- Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique (oee.rncan.gc.ca)
- Environnement Canada (www.ec.gc.ca/climate/home-f.html)
- Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (www.caddet.org/index.php) (en anglais seulement)
- Le site Web de l'U.S. Environmental Protection Agency offre de l'information sur le remplacement de l'hydrocarbure fluoré par l'hydrocarbure partiellement halogéné dans le but de réduire les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone (www.epa.gov/docs/ozone/ressource/business.html). (en anglais seulement)
- U.S. Department of Energy (www.energy.gov) (en anglais seulement)

9.8 SIGLES

ABS polystyrène-butadiène-acrylonitrile
ACIP Association canadienne de l'industrie des plastiques
ARPC Association de recyclage du polystyrène du Canada
c.a. courant alternatif
c.c. courant continu
c.c. sans balais courant continu sans balais
CH cheval-vapeur
COV composé organique volatil
CVC chauffage, ventilation et climatisation
EPA *U.S. Environmental Protection Agency*
EVV entraînement à vitesse variable
HCFC hydrochlorofluorocarbure ou hydrocarbure partiellement halogéné
HFC fluorohydrocarbure ou hydrocarbure fluoré
HE haute efficacité
ICI industriel, commercial et institutionnel
IPEC Institut des plastiques et de l'environnement du Canada
JAT juste-à-temps
MEO ministère de l'Environnement de l'Ontario
PC polycarbonate
PE polyéthylène
PE bd polyéthylène basse densité
PE bdl polyéthylène basse densité linéaire
PE hd polyéthylène haute densité
PP polypropylène
PS polystyrène
PSE polystyrène expansé
PSP polystyrène polyvalent
PTE polyéthylène téréphtalate
PVC polychlorure de vinyle
3 R réduire, réutiliser, recycler
RCO Conseil du recyclage de l'Ontario
SPI Société des industries du plastique du Canada, aujourd'hui l'ACIP

9.9 GLOSSAIRE

À empreintes multiples

Se dit d'un moule comportant plus d'une empreinte. Il n'est pas rare d'utiliser des moules comportant plus d'une centaine d'empreintes dans la production à volumes élevés.

Bande chauffante

Résistance chauffante qui entoure le fourreau d'une vis pour offrir une chaleur supplémentaire et permettre le contrôle de la température.

Broyage

Procédé par lequel des matières plastiques sont réduites en particules de taille convenable pour alimenter un procédé de transformation.

Cartouche chauffante

Élément chauffant tubulaire, souvent inséré dans un moule, pour permettre de contrôler la chaleur.

Charge

Substance inerte ajoutée au plastique pour en réduire le coût ou en améliorer les propriétés physiques.

Charge d'injection

Quantité précise de matière plastique fondue déposée dans un moule durant le procédé de moulage par injection.

Coextrusion

Procédé par lequel au moins deux résines sont extrudées en même temps pour former un seul produit final.

Collier chauffant

Résistance chauffante plate.

Contaminant

Matières étrangères (telles que des impuretés, des métaux, des résines incompatibles, des déchets organiques, de l'huile ou des restes du contenu de contenants en plastique) qui compliquent la transformation des matières plastiques et posent des problèmes quant à la qualité des produits finis.

Entreprise de transformation captive

Entreprise qui fabrique des produits en matières plastiques à contrat/sur commande plutôt que destinés à la vente.

Extrudat

Matière qui est passée à travers une filière dans le cadre d'une extrusion.

Extrusion

Procédé dans lequel une matière plastique fondue est chassée à travers une filière pour produire des longueurs ininterrompues présentant un profilé donné.

Extrusion par soufflage de gaine

Procédé qui utilise l'air pour transformer une « bulle » de plastique en une feuille mince et la refroidir. Généralement utilisée pour fabriquer des sacs en plastique.

Filière

Plaque de métal à travers laquelle est chassée une matière fondue. Un profilé conçu et taillé avec précision dans la filière force le plastique fondu à prendre la forme voulue avant d'être refroidi.

Fourreau

Enceinte cylindrique dans laquelle est logée la vis dans un procédé d'extrusion ou de moulage.

Juste-à-temps (JAT)

Principe de fabrication visant à réduire les stocks et les délais d'exécution et à améliorer la qualité, grâce à la réduction des délais de mise au point et des travaux de production en cours.

Matière plastique

Matière synthétique constituée de macromolécules polymériques fabriquée à partir de produits pétrochimiques ou de sources renouvelables. Il est possible de façonner ou de mouler une matière plastique lorsque celle-ci est soumise à la chaleur, à la pression ou à des catalyseurs chimiques. Les résines de polymères sont souvent combinées à d'autres ingrédients, dont des matières colorantes, des charges, des agents renforçants et des plastifiants, pour former des produits en plastique.

Mélange à mouler en feuilles

Polyester armé de fibres de verre prêt à mouler utilisé dans le moulage par compression.

Mélangeur

Appareil servant à mélanger et à mesurer les résines ou les additifs selon les proportions voulues.

Monomère

Composante chimique de base utilisée dans la conception de polymères (molécules à chaîne longue) plastiques.

Moulage par injection

Procédé de fabrication de produits en plastique dans lequel une matière fondue est injectée sous haute pression dans un moule fermé.

Moulage par injection-soufflage

Procédé de fabrication de produits en plastique qui combine le moulage par injection et le moulage par soufflage. Une préforme moulée par injection est transférée à un poste de moulage par soufflage où on lui donne sa forme finale.

Moulage par soufflage

Procédé qui utilise l'air comprimé pour souffler un tube de plastique creux maintenu dans un moule.

Moule

Unité composée de deux cavités dans laquelle une matière est introduite et façonnée pour produire une forme voulue. Le moule est souvent refroidi pour accélérer le durcissement de la matière fondue. Lorsque le durcissement de la matière est terminé, on ouvre le moule pour en retirer la pièce finie.

Moussant

Produit chimique ajouté aux matières plastiques et aux caoutchoucs qui génère des gaz durant la transformation et produit une structure cellulaire.

Paraison

Tube rond et creux de plastique fondu extrudé à partir de la tête d'une machine à moulage par soufflage.

Pastille

Petite masse de résine plastique convenable pour alimenter un procédé de transformation.

Période de récupération

(Période de récupération simple) Rapport des économies annualisées réalisées en raison de l'amélioration d'un procédé ou d'une machine, divisées par les coûts en capital et d'installation découlant du projet d'amélioration.

Plastique dégradable

Plastique spécialement conçu ou composé pour se désagréger après une exposition à la lumière du soleil ou aux microbes.

Plastique renforcé

Matière plastique à laquelle on a ajouté des matériaux de renforcement, dont des fibres ou des mats de verre.

Plastique thermodurcissable

Résine plastique traitée par la chaleur ou « durcie » par une réaction chimique irréversible qui crée des liaisons transversales solides entre les molécules de polymère. Une fois formé, le plastique thermodurcissable ne peut être refondu sans qu'il y ait détérioration de la résine.

Polymère

Une molécule à chaîne très longue produite par la réunion de petites unités chimiques, appelées monomères, fermement liées entre elles.

Préforme

Produit intermédiaire moulé par injection, inséré dans une machine à moulage par soufflage.

Procédé

Aspects d'une activité de fabrication, tels que le moulage ou l'extrusion, directement lié à la transformation physique de la matière.

Produit vierge

Toute matière première destinée à la transformation industrielle et qui n'a jamais été utilisée auparavant.

Propriété

Caractéristiques physiques des matières qui peuvent servir à distinguer les matières plastiques entre elles et des autres matières.

Récupération d'énergie

Procédé par lequel une valeur énergétique est extraite d'une substance telle que l'air, l'eau ou un déchet solide et transférée à un autre milieu pour sa réutilisation. Ainsi, on peut récupérer la chaleur provenant des systèmes d'échappement pour préchauffer l'air entrant ou brûler des déchets solides, qui servent alors de combustible pour produire de la chaleur.

Refroidisseur/dispositif de refroidissement

Appareil conçu pour faire passer un fluide de refroidissement (souvent de l'eau) dans le matériel de transformation.

Règlement de l'Ontario 347

Le règlement général 347 sur la gestion des déchets, adopté dans le cadre de la *Loi sur la protection de l'environnement* de l'Ontario, établit les normes pour les lieux d'élimination des déchets solides et les systèmes de gestion des déchets, et régit la manutention, le transport et l'élimination des déchets liquides industriels et dangereux assujettis à l'inscription.

Résine

Synonyme de « polymère ».

Résine non conforme

Toute résine qui ne répond pas aux spécifications du fabricant mais qui peut toujours être offerte sur le marché.

Thermoplastique

Résine plastique qui peut être ramollie à plusieurs reprises sous l'action de la chaleur et, à l'état fondu, façonnée par moulage ou extrusion en articles, puis durcie.

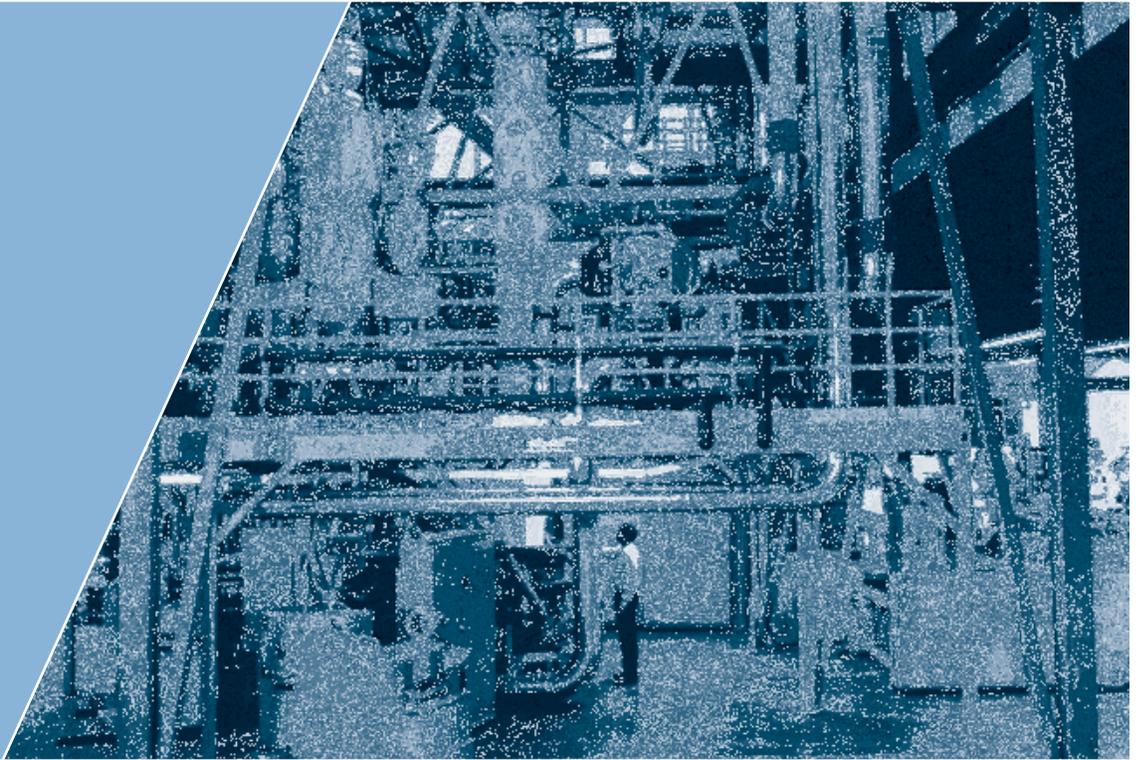
Trois R (3 R)

La réduction, la réutilisation et le recyclage des déchets.

Vis

Tige filetée enfermée dans un fourreau qui transporte la matière d'une trémie à une filière ou à un moule. La plastification de la matière s'effectue à cette étape par une combinaison de chaleur de « cisaillement » mécanique et de chaleur externe fournie par des bandes chauffantes placées autour du fourreau.

ANNEXES



ANNEXE I : NORMES DE LA SÉRIE ISO 14000

| Numéro | Titre des normes |
|---------|---|
| 14001 | SME – Exigences et lignes directrices pour son utilisation |
| 14004 | SME – Lignes directrices générales concernant les principes, les systèmes et les techniques de mise en œuvre |
| 14010 | Lignes directrices pour l'AE – Principes généraux |
| 14011.1 | Lignes directrices pour l'AE – Audit des systèmes de management environnemental |
| 14012 | Lignes directrices de l'AE – Critères de qualification pour les auditeurs environnementaux |
| 14014 | AE – Examens initiaux |
| 14015 | ME – Évaluation environnementale de sites et d'organismes |
| 14020 | EDE – Principes généraux |
| 14021 | MDE – Autodéclarations environnementales (Étiquetage de type II) |
| 14022 | ESE – Prétentions environnementales autodéclarées – Symboles |
| 14023 | MDE – Méthodologies d'essai et de vérification pour l'application dans l'étiquetage environnemental (Type II) |
| 14024 | MDE – Étiquetage environnemental de type I – Principes et méthodes |
| 14025 | MDE – Déclarations environnementales de Type III – Principes et modes opératoires |
| 14031 | ME – Évaluation de la performance environnementale – Lignes directrices |
| 14040 | ME – ACV – Principes et cadre |
| 14041 | ME – ACV – Définitions de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire |
| 14042 | ME – ACV – Évaluation de l'impact du cycle de vie |
| 14043 | ME – ACV – Interprétation du cycle de vie |
| 14050 | ME – Vocabulaire |
| 14060 | Guide pour l'introduction des aspects environnementaux dans les normes des produits |

SME – Système de management environnemental

AE – Audit environnemental

EDE – Étiquettes et déclarations environnementales

ACV – Analyse du cycle de vie

ME – Management environnemental

MDE – Marquage et déclarations environnementaux

ANNEXE II : PORTÉE DES PROCÉDÉS GÉNÉRIQUES DE FABRICATION DES MATIÈRES PLASTIQUES UTILISÉS AU CANADA

121

| Procédé | Principales résines utilisées |
|---|---|
| Extrusion de feuille mince | PE, PP, PS, nylon |
| Moulage par injection | PE, PP, PVC, PS, ABS, PTE, nylon, acrylique |
| Extrusion de profilés | PE, PVC, PS, ABS, nylon |
| Extrusion de feuilles | PVC, PE, PS, ABS, PP, acrylique |
| Extrusion de mousse | PS, PE, résine phénolique |
| Calandrage | PVC, PS, PE, acrylique, ABS |
| Plastisol | PVC |
| Coulage par rotation | PE, PP |
| Moulage par soufflage | PE, PP, PTE, PVC |
| Plastification, feuille | PE, nylon, PTE |
| Plastification, plastique thermodurcissable | Résine phénolique, uréthane, polyester |
| Moulage par compression | Résine phénolique, UF (résine mélamine-formaldéhyde), MF (résine urée-formaldéhyde) |
| Projection/coulée | Uréthane |
| Moulage ouvert | Uréthane, résine phénolique, UF |
| Enroulement filamenteux | Polyester, résine époxyde |
| Pultrusion | Polyester, résine époxyde |
| Moulage entre moule et contre-moule | Uréthane, polyester, résine phénolique |

Source : Law, Sigurdson and Associates, 1993

ANNEXE III : ÉTUDES DE CAS CHOISIES TIRÉES DU RAPPORT INTITULÉ *IMPROVING ENERGY EFFICIENCY AT U.S. PLASTICS MANUFACTURING PLANTS*

Le présent appendice est un sommaire d'études de cas tirées du rapport *Improving Energy Efficiency at U.S. Plastics Manufacturing Plants*, publié en septembre 2005 par la Société of the Plastics Industry, Inc. et le U.S. Department of Energy. Pour plus de renseignements, visitez le site Web suivant : www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/iac_tools_and_publications.html (en anglais seulement).

| Titre de l'étude de cas | Sommaire |
|--------------------------|---|
| Precise Technology, Inc. | Économies totales de 105 000 \$, réduisant la consommation d'énergie totale de 22 p. 100. Des améliorations ont été réalisées dans l'éclairage, le système d'air comprimé, le système de CVC et les moteurs. |
| Spartech Plastics | Économies totales de 113 000 \$. Des améliorations ont été réalisées dans la récupération de chaleur, l'éclairage et l'isolation. |
| Superfos Packaging | Économies totales de 100 000 \$, réduisant la consommation d'énergie totale d'environ 13 p. 100. Des améliorations ont été réalisées dans l'isolation de la machinerie, la gestion des moteurs, le système d'air comprimé et l'éclairage. |