

**RAPPORT DE CIMA,  
IDENTIFICATION DU POTENTIEL D'AMÉLIORATION  
D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE  
EN GRANDE ENTREPRISE**





**RAPPORT D'ÉTUDE**

**VERSION FINALE**

**HYDRO-QUÉBEC – GRANDES ENTREPRISES**

**IDENTIFICATION DU POTENTIEL D'AMÉLIORATION D'EFFICACITÉ ÉLECTRIQUE  
EN GRANDE ENTREPRISE**

740, rue Notre-Dame ouest, suite 900  
Montréal (Québec) H3C 3X6  
Canada

Tel. : (514) 337-2462  
Fax : (514) 281-1632  
[www.cima.qc.ca](http://www.cima.qc.ca)

**Le 26 novembre 2002**  
**Projet : M00250A**  
**Version finale**

**Table des matières**

<b>SOMMAIRE EXÉCUTIF .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2 MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>5</b>
2.1 Revue littéraire.....	6
2.2 Questionnaire .....	7
<b>3 REVUE LITTÉRAIRE.....</b>	<b>8</b>
3.1 Mise en contexte.....	8
3.2 Les alumineries.....	9
3.2.1 Tendances technologiques .....	10
3.2.2 Tendances de réduction de consommation électrique .....	11
3.3 Les aciéries.....	13
3.3.1 Tendances technologiques .....	13
3.3.2 Tendances de réduction de consommation électrique .....	15
3.4 Les mines .....	16
3.4.1 Étude de cas – Mines de fer .....	17
3.4.2 Mines à ciel ouvert .....	18
3.4.3 Mines souterraines.....	21
3.4.4 Tendances de réduction de consommation électrique .....	22
3.5 Les métaux non-ferreux.....	23
3.5.1 Tendances technologiques .....	23
3.5.2 Tendances de réduction de consommation électrique .....	24
3.6 Le magnésium .....	25
3.6.1 Tendances de réduction de consommation électrique .....	25
3.7 L'industrie chimique et pétrochimique .....	26
3.7.1 Industrie du chlorate de sodium et chlore-alcali.....	27
3.7.2 La pétrochimie.....	28
3.7.3 Tendances de réduction de consommation électrique .....	30
3.8 L'industrie manufacturière .....	31
3.8.1 L'industrie des équipements de transport .....	31
3.8.2 Autres industries manufacturières.....	33
3.9 Le programme SPVC .....	36
<b>4 RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE .....</b>	<b>37</b>
<b>5 ANALYSE DU POTENTIEL D'ÉCONOMIES.....</b>	<b>39</b>
5.1 Le potentiel d'économies.....	39
5.1.1 Potentiel d'amélioration de type évolutif.....	40
5.1.2 Potentiel d'amélioration à moyen – long terme.....	41

**ANNEXES****ANNEXE A – QUESTIONNAIRE**  
**ANNEXE B – RÉFÉRENCES**

## **SOMMAIRE EXÉCUTIF**

Hydro-Québec amorce des activités destinées à l'identification du potentiel d'amélioration de l'efficacité électrique des grandes entreprises. Ce rapport a pour but de dresser un portrait de type ordre de grandeur des mesures et des objectifs visés par les entreprises des secteurs manufacturier, mines et métallurgie, et chimie et pétrochimie.

Afin de réaliser ce mandat, CIMA+ a adopté deux approches. Tout d'abord une recherche littéraire, axée sur les technologies et tendances énergétiques de l'industrie, a été effectuée, suivie d'une enquête auprès des grands clients d'Hydro-Québec à l'aide d'un questionnaire.

Un des objectifs du service technique – grandes entreprises d'Hydro-Québec, était de pouvoir établir le potentiel technico-économique de mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique. Ce potentiel représente les économies d'énergie associées à l'implantation de mesures où cela est techniquement possible et économiquement rentable, faisant abstraction de l'acceptation des mesures par les consommateurs électriques (25). Selon la perspective d'Hydro-Québec, le potentiel technico-économique représente donc les économies d'énergie qui seraient réalisables à un coût inférieur ou égal au coût évité.

Des trois secteurs étudiés, les mines et la métallurgie représentent 77 pour cent de la consommation d'électricité, et à eux seules les alumineries y comptent pour 43 pour cent.

Le potentiel d'économies identifiées pour les trois secteurs industriels d'intérêt se trouve résumé ci-dessous.

- Les alumineries se donnent un objectif de réduction de leur consommation électrique spécifique de 0,3 pour cent, ce qui représente un potentiel de 0,22 TWh. Afin d'atteindre cet objectif, l'industrie suit un processus d'amélioration continue des procédés de transformation.
- L'industrie de l'acier, qui comprend les aciéries, les fonderies et les autres industries transformant les métaux, a investi beaucoup de capital durant ces dernières années afin de réduire sa consommation d'électricité. Ce secteur ne prévoit plus autant de projets que par le passé. Quelques tendances peuvent cependant être observées, comme la coulée en brames minces, la modernisation des fours, le préchauffage de la ferraille, l'installation de fours poches et l'optimisation et l'automatisation des procédés. L'économie totale envisagée pour ce secteur est de 0,030 TWh.
- L'usine de production de scories de titane, seule dans son secteur, serait en mesure d'économiser 0,017 TWh, principalement associé à la modernisation des fours de réduction.
- L'Association minière du Canada prévoit une baisse de la consommation électrique de 1 pour cent par an jusqu'en 2005 (0,025 TWh). Pour les mines de fer, la conversion du procédé de broyage sec au broyage humide permettrait des gains

d'efficacité de 5 à 10 pour cent. L'optimisation de la ventilation des mines souterraines et l'emploi de moteurs à haute performance constituent une part importante des gains envisagés.

- Pour les métaux non-ferreux, en particulier pour les usines de smeltage, la poursuite d'un programme de type SPVC représente un potentiel intéressant, jusqu'à 0,018 TWh, car de nombreux compresseurs et pompes sont nécessaires pour la manutention de fluides.
- Les usines de magnésium du Québec sont récentes et peu de projets sont envisagés. Néanmoins, à moyen terme, la tendance de la consommation électrique devrait suivre celle de l'aluminium. En suivant cette logique, la diminution d'électricité représenterait 0,011 TWh.
- L'industrie du chlorate de sodium représente un potentiel à long terme de 10 pour cent (0,2 TWh) dû aux efforts de recherche sur la performance des électrodes. Cependant, à court terme, et en ajoutant les économies du secteur du chlore-alcali, ce potentiel est principalement associé à l'amélioration continue des procédés et ne représente que 0,034 TWh.
- L'industrie pétrochimique et les autres secteurs chimiques devraient diminuer leur consommation électrique de 1 à 2 pour cent par an pour un total de 0,028 TWh en optimisant les technologies déjà existantes. Un des moyens envisagés par certaines d'entre elles est l'implantation d'usine de co-génération.
- Le secteur manufacturier entreprend plusieurs projets afin de réduire sa consommation d'électricité. Ces projets totalisent une économie de 0,031 TWh et sont aussi variés que la modernisation et le contrôle des systèmes d'éclairage et de ventilation, le remplacement des procédés d'étampage de pièces, l'installation de détecteurs de fuite d'air dans les systèmes d'air comprimé, l'optimisation des tours de refroidissement, etc.
- Le secteur des autres minéraux, comprenant principalement les cimenteries, prévoit économiser 0,007 TWh d'électricité.
- Le programme SPVC avait identifié 0,5 TWh d'économies possibles dans les trois secteurs à l'étude. Il semble que ce potentiel ait été en grande partie récupéré puisque les entreprises contactées affirment avoir terminé d'implanter ce programme.

Le questionnaire distribué aux entreprises a permis de confirmer qu'au moins 0,16 TWh d'économies étaient envisagées par celles-ci. L'analyse effectuée par recherche littéraire identifie cependant un potentiel de l'ordre de 0,42 TWh. Si l'on considère le taux de réponse au questionnaire, ce dernier potentiel d'économie semble bien correspondre à la situation des entreprises étudiées.

Cependant, la nature macroscopique de la présente étude ne permet pas d'établir ce potentiel avec précision. Pour ce faire, une analyse plus approfondie devrait être réalisée au niveau des usines, en établissant des profils détaillés des entreprises. Ce type d'étude serait en mesure de dégager un potentiel réaliste et réalisable, prenant en considération le contexte économique et technique dans lequel évoluent ces

entreprises.

Le potentiel d'économie identifié ici représente donc seulement un ordre de grandeur. Par ailleurs, il est important de noter que la plupart des industries considèrent les projets d'efficacité énergétique dans un contexte d'amélioration continue et dans le cadre de leurs activités courantes. Ceci a été mis en évidence dans le passé dans le cadre des projets de type SPVC et du PAPI, alors que les industries étaient réticentes à entreprendre des projets d'amélioration énergétique, particulièrement si ces projets ont un impact direct sur le procédé.

Les programmes d'efficacité envisagés devraient donc prendre ces réalités en considération, et établir des objectifs réalistes à court, mais aussi à moyen et long terme, fondés sur une compréhension des contraintes et limitations des procédés industriels. Une analyse d'impact et de risques sur le procédé devrait faire partie intégrante des études de potentiel.

## 1 INTRODUCTION

La direction principale des ventes, grandes entreprises d'Hydro-Québec, amorce des activités destinées à l'identification du potentiel d'amélioration de l'efficacité électrique dans les grandes entreprises.

Dans ce contexte, CIMA+ a été mandatée pour réaliser une étude visant à dresser un portrait de type ordre de grandeur, identifiant les grandes lignes et les objectifs de réduction que se sont données les industries dans les segments suivants :

- les mines et la métallurgie;
- la chimie et la pétrochimie; et
- le manufacturier.

Les segments de l'industrie des pâtes et papier et des installations commerciales et bâtiments ont été confiés par Hydro-Québec à des tierces parties.

Le mandat initial confié à CIMA+ fut réalisé dans un court délai de temps et a dû se baser principalement sur des informations disponibles dans le domaine public. Bien que toutes les industries cibles furent contactées par l'entremise d'un questionnaire et d'un suivi téléphonique, le nombre de répondants fut limité, principalement en raison des délais et du niveau de disponibilité de la part de l'industrie.

L'étude réalisée par CIMA+ devrait donc être considérée de nature macroscopique. Une recherche plus approfondie pour les secteurs les plus énergivores devrait être entamée par Hydro-Québec afin de solidifier la quantification des économies potentielles.

Ce rapport présente les résultats de l'étude, organisé selon les chapitres suivants :

- le chapitre 2 présente la méthodologie employée;
- le chapitre 3 décrit les résultats de la revue littéraire;
- le chapitre 4 présente l'information limitée qui a été recueillie par l'entremise des questionnaires; et
- le chapitre 5 présente une analyse du potentiel d'économies, basée sur les diverses sources d'information consultées.

## **2 MÉTHODOLOGIE**

L'approche méthodologique adoptée pour la réalisation de cette étude devait prendre en considération les contraintes suivantes :

- le laps de temps relativement court entre le début de l'étude et la remise du rapport final (3 semaines) en version préliminaire;
- le nombre élevé de comptes-clients Hydro-Québec considérés grandes entreprises dans les trois segments industriels (plus de 160 comptes);
- l'accessibilité aux ressources des clients durant la période estivale;
- La nature des renseignements exigés demandant fréquemment qu'une étude préliminaire ait été effectuée; et
- L'aspect confidentiel que de tels renseignements peuvent représenter pour certains types d'industrie.

Dans ce contexte, la méthodologie a consisté à aborder la problématique sous deux angles :

- réaliser une recherche littéraire axée sur l'identification des efforts présentement entamés par l'industrie dans le domaine de l'efficacité énergétique; et
- une approche directe avec les clients grande entreprise par l'entremise d'un questionnaire.

L'objectif de la recherche littéraire était d'établir les tendances technologiques et les enjeux politiques auxquels l'industrie fait face, et qui auraient une incidence directe sur l'efficacité énergétique.

Cette recherche a été réalisée auprès des organismes gouvernementaux oeuvrant dans le secteur de l'amélioration énergétique, des organisations sectorielles, et des contacts personnels.

Cependant, cette approche ne permet d'établir qu'un aperçu général des tendances et des mesures envisagées par l'industrie, et ce, souvent à un niveau global. Par contre, la recherche littéraire permet tout de même une mise en contexte de l'industrie québécoise dans le contexte mondial dans lequel elle évolue pour plusieurs des segments d'intérêt.

Pour sa part, l'approche directe avec les entreprises permettrait de cerner les mesures spécifiques qui seraient en voie d'être entreprises par les divers clients d'Hydro-Québec. Une version préliminaire du rapport d'étude a été émise en juillet 2002. Une reprise des contacts avec les compagnies, effectuée au mois de septembre 2002, a permis de rejoindre plus de participants que durant la période d'été. Le présent rapport, en version finale, présente donc la totalité des informations recueillies dans le cadre de cette étude.

En combinant ces deux volets, une identification du potentiel global de la grande entreprise au Québec a été développée.

## 2.1 Revue littéraire

Une des sources d'information la plus abondante est l'Office de l'efficacité énergétique (OEE), qui est une division de ressources naturelles Canada localisée à Ottawa. Cette organisation gère une multitude de programmes d'efficacité énergétique, et a pour mandat de renouveler, renforcer et accroître l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique<sup>1</sup>. Plus particulièrement, l'OEE gère le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC)<sup>2</sup>, qui regroupe plus de 40 associations sectorielles qui représentent quelques 5 000 entreprises consommant plus de 95 pour cent de l'énergie au Canada.

Dans le cadre de cette étude, CIMA+ a pris contact avec M. Vaughn Munroe, agent principal de l'industrie pour l'OEE, qui a fourni une vaste liste de références. Ces documents ont été synthétisés dans les sections suivantes du présent rapport.

Une autre source importante d'information reliée à l'efficacité énergétique sont les banques de données adressant la problématique des gaz à effet de serre (GES). En effet, dans le cadre du protocole de Kyoto, l'industrie fait face à un engagement du gouvernement canadien visant la diminution des GES. Dans la plupart des études à ce sujet, un volet d'analyse énergétique est présenté pour mettre en contexte le potentiel de réduction des GES par l'industrie. Ces volets présentent, dans certains cas, de bonnes sources d'information pour la présente étude. Plus particulièrement, le Processus national sur les changements climatiques (PNCC)<sup>3</sup> fournit une bonne source d'information sur les tendances technologiques et les enjeux politiques par le biais des Tables de concertation et des Documents de base et Rapports sur les options développées pour certaines industries spécifiques.

Dans la même orientation que le PNCC, l'organisation Mesures volontaires de registre Inc. (MVR)<sup>4</sup> a pour objectif principal d'inciter l'industrie à entreprendre des actions volontaires qui contribueront à la réduction des émissions de gaz à effet de serre au Canada. Par ce fait, elle recueille des rapports volontaires qui, souvent, indiquent des mesures d'économie d'énergie que l'entreprise compte ou a déjà entrepris.

Le gouvernement du Québec a mis en place l'Agence de l'efficacité énergétique en 1997 afin d'assurer la promotion de l'efficacité énergétique pour toutes les sources d'énergie, dans tous les secteurs d'activité, au bénéfice de l'ensemble des régions du Québec<sup>5</sup>. Pour le secteur industriel, l'agence assiste et finance des projets de démonstration afin de pouvoir diffuser ces résultats à l'entreprise. Notamment, l'agence est impliquée, avec d'autres intervenants, au développement d'électrodes plus performantes pour l'industrie du chlorate de sodium.

---

<sup>1</sup> Voir : <http://oee.nrcan.gc.ca>

<sup>2</sup> voir : <http://oee.nrcan.gc.ca/cipec/peel/peeic/index.cfm>

<sup>3</sup> voir : [www.nccp.ca](http://www.nccp.ca)

<sup>4</sup> voir : [www.vcr-mvr.ca](http://www.vcr-mvr.ca)

<sup>5</sup> voir : [www.aee.gouv.qc.ca](http://www.aee.gouv.qc.ca)

Les associations sectorielles collaborent avec plusieurs des efforts gouvernementaux afin de promouvoir l'efficacité énergétique. Dans le cadre de cette étude, plusieurs rapports spécifiques des diverses associations ont été consultés. Une synthèse en est présentée dans les sections suivantes du présent rapport.

## **2.2 Questionnaire**

Le questionnaire destiné aux grandes entreprises dans les segments industriels concernés consistait à obtenir les informations suivantes :

- l'identification de l'entreprise;
- la quantification du profil de production pour les cinq dernières années, ainsi que les prévisions de croissance pour les cinq prochaines années; et
- l'identification des mesures d'économies d'énergie électrique envisagées par l'entreprise, incluant une description des mesures, les économies prévues (kWh/an), les coûts capitaux de la mesure, la durée de vie de la mesure et les avantages connexes reliés à l'implantation de la mesure.

Un exemplaire du questionnaire est inclus en annexe A.

Ce questionnaire a été envoyé à toutes les entreprises identifiées sur la liste de clients fournie à CIMA+ par Hydro-Québec. Des contacts téléphoniques ont par la suite été entrepris afin d'inciter les entreprises à collaborer à cet effort.

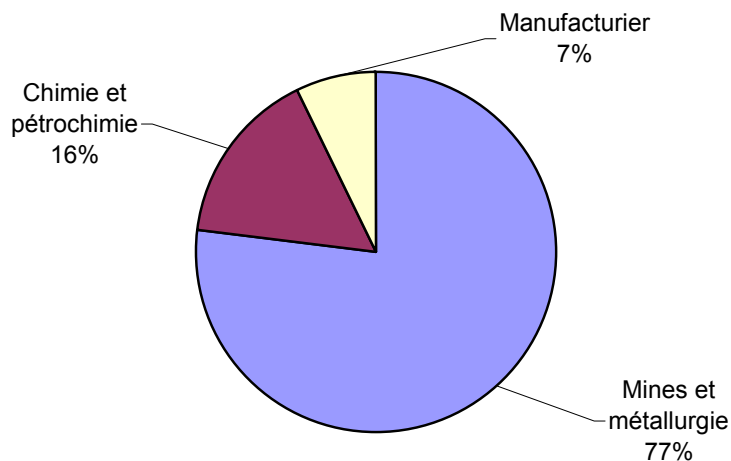
### 3 REVUE LITTÉRAIRE

#### 3.1 Mise en contexte

Avant d'entreprendre la revue littéraire, une mise en contexte des consommateurs d'électricité dans les trois segments industriels en question s'avère révélatrice.

En se basant sur la consommation électrique en kWh en 2001, la distribution de la consommation parmi les trois segments industriels étudiés est telle que présentée sur la Figure 1.

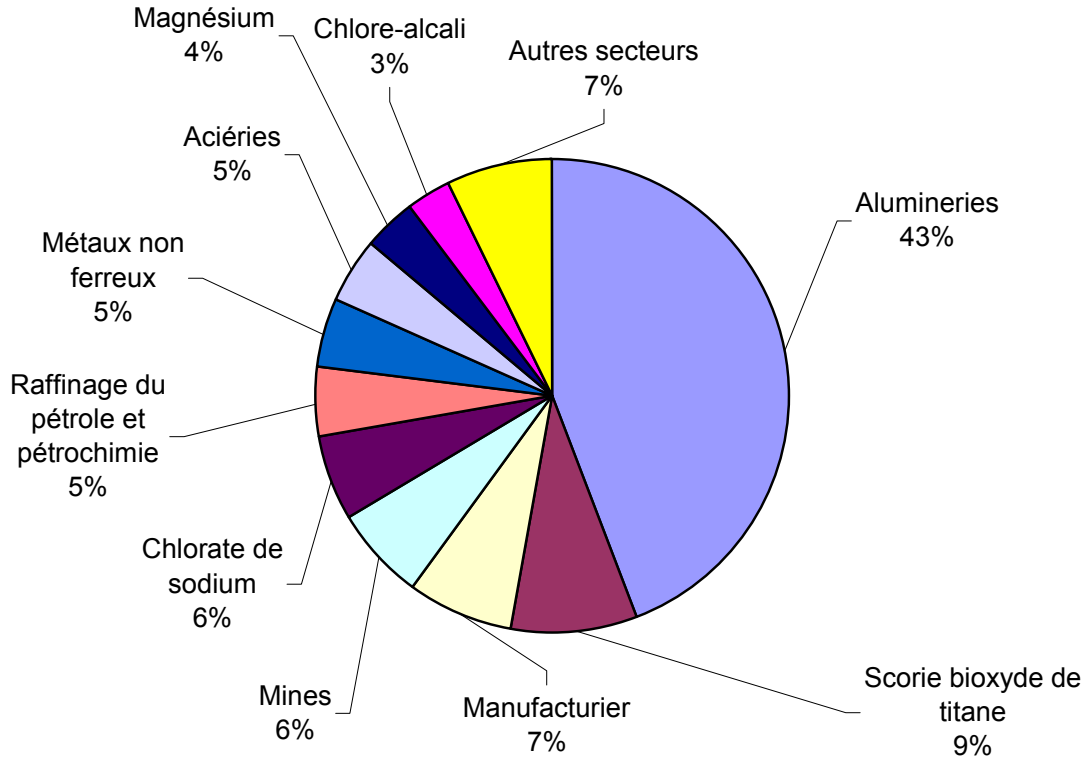
Figure 1: Distribution de la consommation électrique en 2001



Comme on peut le constater, le segment des mines et métallurgie est prédominant et il représente plus du trois-quarts de toute la consommation en grandes entreprises (pour les trois segments en question).

Par ailleurs, le profil de consommation par sous-segment industriel, tel que présenté à la Figure 2, démontre clairement que plus de 90 pour cent de la consommation est attribuable à une dizaine d'industries. L'industrie des alumineries représente à elle seule plus de 40 pour cent de la consommation.

**Figure 2: Distribution de la consommation électrique en 2001 par sous-segment industriel**



En se basant sur cette analyse, les efforts déployés dans le contexte de la recherche littéraire dans la présente étude se sont donc concentrés sur les secteurs industriels les plus importants.

### 3.2 Les alumineries

Le Canada possède environ 11 pour cent de la production mondiale d'aluminium, et ce, surtout concentré au Québec (10 alumineries sur 11 au Canada) (1). Les 11 usines, opérées par trois compagnies, ont une capacité de quelques 2,7 millions de tonnes annuelles (tel que présenté au Tableau 1) et sont surtout orientées vers l'exportation.

**Tableau 1: Alumineries au Canada (3)**

Compagnie	Capacité 2002 ktonnes	Type de technologie
Alcan – Alma	400	Anodes précuites
Alcan – Beauharnois	50	Anodes Söderberg
Alcan – Jonquière	232	Anodes Söderberg
Alcan – Shawinigan	86	Anodes Söderberg
Alcan – Grande Baie	182	Anodes Söderberg
Alcan – Laterrière	206	Anodes précuites
Alcan – Kitimat (C.-B.)	274	Anodes Söderberg

<b>Compagnie</b>	<b>Capacité 2002 ktonnes</b>	<b>Type de technologie</b>
Alcoa – Baie Comeau	160	Anodes Söderberg
	255	Anodes précuites
Alcoa – ABI	360	Anodes précuites
Alcoa – Luralco	215	Anodes précuites
Alouette	243	Anodes précuites

Les producteurs canadiens ont des usines parmi les plus modernes et les plus économiquement efficaces au monde (1). Leurs coûts de production tournent autour de 1 000 \$US par tonne, comparé à la moyenne mondiale de 1 200 \$US par tonne. Cet avantage est maintenu par l'application de technologies de haute performance, telles les cellules à anodes précuites.

L'électricité représente entre 30 à 35 pour cent du coût total d'opération pour la production d'aluminium. Ceci représente environ 88 pour cent de la consommation énergétique d'une aluminerie (2).

### *3.2.1 Tendances technologiques*

Selon une analyse réalisée en Grande-Bretagne<sup>6</sup>, la croissance mondiale de la demande en aluminium est prévue à un taux de 2,3 pour cent par année. Cette croissance va résulter en des expansions (par exemple Alouette au Québec) et certaines rationalisations des capacités.

Par ailleurs, il est prévu qu'un changement technologique s'effectuera au fil de ces expansions, où les nouvelles usines vont sûrement utiliser la technologie de pointe, soit les cellules à anodes précuites. Cette technologie consiste en des anodes multiples, précuites avant leur introduction dans la cuve électrolytique dans une forme spécifiquement conçue à cet effet. Les anodes sont remplacées périodiquement en fonction de leur consommation.

L'ancienne technologie, soit les anodes Söderberg, consistent en des blocs de carbone qui sont cuits à même la cellule électrolytique. Le carbone est ajouté en fonction de la consommation dans la cuve.

Le Tableau 1 indique le type de technologie existante dans les alumineries au Canada. On peut remarquer que les usines les plus récentes utilisent la technologie des anodes précuites.

Un scénario du changement technologique pour les alumineries au Canada est présenté au Tableau 2.

<sup>6</sup> King J., The Economic Intelligence Unit, Aluminium to 2015, Research Report, 1997.

**Tableau 2: Prévion du changement technologique - production annuelle canadienne en kilo tonnes (1) (2)**

Technologie	Année				
	1990	1996	2000	2010	2020
Söderberg à goujon horizontal	0,34	0,29	0,22	0,22	0
Söderberg à goujon vertical	0,43	0,42	0,44	0,44	0,45
Précuite de côté	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Précuite centrale	0,65	1,41	1,71	2,30	3,30
<b>Total</b>	<b>1,57</b>	<b>2,28</b>	<b>2,40</b>	<b>3,20</b>	<b>3,90</b>

À mesure que de nouvelles usines seront construites, la consommation énergétique spécifique des alumineries continuera à décroître. L'objectif que se donne l'industrie est de réduire la consommation spécifique de 0,3 pour cent par année (2).

Dans une aluminerie, près de 90 pour cent de la consommation électrique est reliée au procédé d'électrolyse. La consommation électrique totale moyenne de l'industrie en 1996 s'élevait à 16 kWh par kilogramme (2). Les nouvelles usines utilisant la technologie des anodes précuite centrales peuvent atteindre une consommation spécifique de 13 kWh par kilogramme à 95 pour cent d'efficacité de courant (2).

### 3.2.2 Tendances de réduction de consommation électrique

Bien que le potentiel de réduction de la consommation électrique soit de l'ordre de 10 pour cent pour les consommateurs secondaires d'énergie électrique (moteurs, systèmes auxiliaires, etc.)<sup>7</sup>, plusieurs sources consultées (1) (2) (3) (4) (5) (6) indiquent un potentiel de réduction à court terme limité pour la consommation électrique directement liée au procédé d'électrolyse. L'industrie canadienne est présentement une des plus efficaces et les améliorations à court terme seront de type graduel et évolutif.

Il y a tout de même quelques mesures reliées au procédé qui pourraient être considérées par les producteurs d'aluminium:

- établissement d'un programme de remplacement des cathodes, qui pourrait accroître la productivité par 10 pour cent. Les cathodes conventionnelles sont composées de carbone amorphe (30 pour cent) et de carbone graphitisé. Les nouvelles technologies de cathode consisteraient en 100 pour cent de carbone graphitisé, offrant une meilleure conductivité électrique, donc une amélioration du procédé (2);
- implantation de systèmes de contrôle et automatisation du procédé d'électrolyse, pouvant accroître la stabilité du procédé, et engendrer une augmentation de la productivité et ainsi améliorer l'efficacité énergétique. Quoique difficile à quantifier, car il varie énormément selon la spécificité de chaque usine, ces projets peuvent représenter des investissements de l'ordre de 1 à 50 millions de \$ (2);
- modernisation des systèmes d'alimentation en alumine pour les cellules de type Söderberg. Le système conventionnel dans ce type de cellule consiste en un point

<sup>7</sup> Conversation avec un client aluminerie

unique d'alimentation où jusqu'à 200 kilogrammes d'alumine sont ajoutés dans la cuve à toutes les 4 à 6 heures. Les systèmes modernes d'alimentation à multipoint, par contre, s'approchent d'un système d'alimentation en continu, où à toutes les 5 à 10 minutes, 1 à 4 kilogrammes d'alumine sont ajoutées entre les anodes. Ces systèmes permettent une meilleure stabilité du procédé, un accroissement de l'efficacité du courant, donc entraînent une diminution de la consommation spécifique. Cependant, ce type de modernisation est difficile et coûteux, ayant été estimé à quelques 200 millions de \$ pour une usine de 250 ktonnes par année utilisant les anodes Söderberg à goujons verticaux (2); et

- le développement à long terme des technologies d'anodes inertes pourrait amener un potentiel substantiel d'amélioration de l'efficacité énergétique du procédé d'électrolyse d'aluminium. Certaines sources (2) indiquent que ce potentiel pourrait s'élever jusqu'à 25 pour cent, amenant ainsi une réduction de quelques 10 pour cent dans les coûts d'opération et un accroissement de 5 pour cent en productivité. Cependant, cette technologie est encore aux stades de programmes de recherche et l'application industrielle est envisagée sur un horizon de 25 ans.

L'association américaine de l'aluminium (AAI) a préparé un document (4) présentant les enjeux et tendances technologiques pour l'industrie aux États-Unis en 1997. Ces tendances peuvent être extrapolées à l'industrie canadienne, car celles-ci évoluent dans un contexte économique global.

Parmi les cibles que se donne l'industrie, l'AAI reporte :

- une amélioration de la performance des cellules électrolytiques;
- atteindre à court et moyen terme une efficacité annuelle moyenne de 97 pour cent;
- réduire à moyen terme la consommation spécifique à 13 kWh par kilogramme; et
- réduire à long terme la consommation spécifique à 11 kWh par kilogramme.

L'association canadienne des producteurs d'aluminium a par ailleurs préparé un document guide pour l'efficacité énergétique (5) qui énumère quelques mesures d'économie pour l'industrie. On rapporte ici celles qui sont directement reliées à l'énergie électrique :

- le contrôle de la demande;
- le remplacement des moteurs par ceux à haute performance;
- l'application d'entraînements à vitesse variable;
- l'optimisation des systèmes d'air comprimé;
- l'optimisation des systèmes de ventilation; et
- l'installation de calorifuge.

En Grande-Bretagne, l'Aluminium Federation a aussi développé des cibles en matière d'efficacité énergétique, rapportées de façon sommaire dans la référence (6). En somme, cet organisme réitère les objectifs et tendances déjà exprimées ci-dessus.

### 3.3 Les aciéries

L'industrie canadienne de l'acier est parmi la plus efficace au monde du point de vue énergétique. Au Québec, cette industrie est représentée par les compagnies suivantes :

**Tableau 3: Les aciéries au Québec (2)**

<b>Compagnie</b>	<b>Capacité en 1998 en million de tonnes par année</b>
Ispat Sidbec, Contrecoeur	1,6
Stelco McMaster, Contrecoeur	0,5
Atlas Stainless Steel, Tracy	0,1
QIT-Fer et Titane, Tracy	0,4
<b>Total</b>	<b>2,6</b>

Du point de vue technologique, Ispat Sidbec et Stelco sont des aciéries de type « mini-mill », utilisant les fours à arc électrique (FAE) pour la production de l'acier. Par ailleurs, Ispat produit son propre fer métallisé par réduction directe dans ses usines Midrex. Ispat opère deux FAE, qui sont alimentés par du fer réduit et par de la ferraille. Stelco opère un FAE et produit de l'acier à partir de la ferraille et Atlas produit de l'acier inoxydable.

QIT-Fer et Titane est un cas spécial car l'acier est un sous-produit de son activité principale, qui est la production de scorie de bioxyde de titane. Ainsi, le fer contenu dans la matière première (ilménite) est sous-tiré des fours à réduction et est traité à l'aciérie de QIT par un procédé semblable aux fours à oxygène utilisés par l'industrie intégrée de l'acier. De par sa nature, QIT pourrait être considérée comme une aciérie intégrée.

En ce qui concerne le procédé de réduction proprement dit, QIT possède des fours électriques, opérant à une demande entre 50 et 60 MW. Des fours existants, il y en aurait qui n'ont pas été modernisés, ce qui représente un potentiel substantiel d'économie. En effet, la modernisation des fours au niveau des systèmes d'alimentation et de contrôle, pourraient représenter jusqu'à 10 pour cent d'économies électriques par four. Par contre, ces projets requièrent un capital élevé, dans l'ordre de 20 millions de \$.

La technologie de réduction est tout même efficace. Si on exclut le potentiel associé à la modernisation des fours, le potentiel d'économies est limité. Du point de vue des charges SPVC, QIT a implanté plusieurs mesures et là aussi, le potentiel qui demeure est limité.

#### 3.3.1 Tendances technologiques

L'industrie de l'acier est mature, mais non pas statique (2). Les prévisions indiquent un taux de croissance de la demande autour de 1 pour cent par année. Cependant, bien que la demande continue à accroître, l'industrie nord-américaine de l'acier vit actuellement des contraintes globales de compétitivité face aux importations provenant de l'étranger.

Excluant les sources d'énergie fossile et le coke, utilisés dans les hauts fourneaux des

aciéries intégrées, l'électricité représentait quelques 9,9 TWh en 1996, soit 11 pour cent de la consommation énergétique globale de l'industrie de l'acier au Canada (2). La majorité de cette consommation est associée aux FAE.

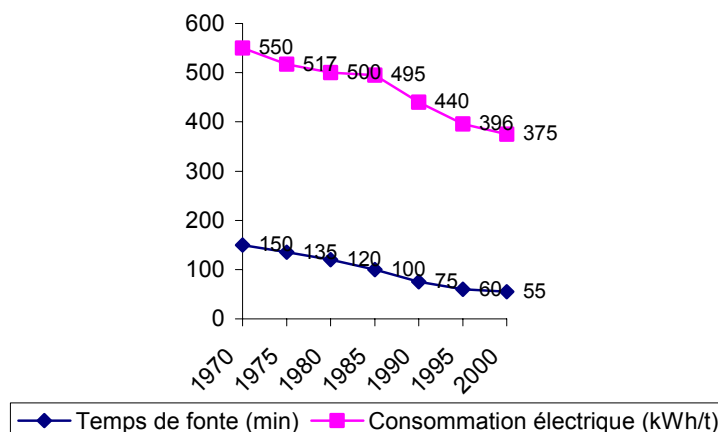
L'intensité énergétique continue à décroître depuis les 20 dernières années. Ceci a été principalement dû à plusieurs facteurs :

- la croissance des « mini-mills », qui possèdent une consommation spécifique beaucoup moins grande que les aciéries intégrées;
- l'adoption universelle de la coulée continue, en remplacement de la coulée de lingots. La coulée continue peut atteindre des rendements de l'ordre de 94+ pour cent vs. 75 pour cent pour la coulée de lingots;
- l'amélioration du rendement du laminage et de la transformation secondaire;
- l'application de technologies de four poche (« ladle metallurgy ») permettant ainsi de réduire le temps de fonte dans le FAE et augmenter la productivité de l'aciérie;
- diverses mesures secondaires, telles que de meilleures isolations thermiques des équipements et joints d'étanchéité des fours, l'amélioration du contrôle de procédé et l'implantation de moteurs à haute performance et à traînements à vitesse variable.

En analysant l'historique des améliorations en efficacité énergétique, on remarque que ces résultats ont requis des investissements majeurs en capitaux (coulée continue, FAE) et ce taux d'amélioration n'est pas prévu pour le futur.

La Figure 3 démontre cette évolution pour le procédé du four électrique à arc.

**Figure 3: Évolution de la technologie des FAE (10)**



En ce moment, il n'y a pas de technologies immédiatement disponibles qui pourraient être implantées pour s'approcher des gains passés.

Le AISI (American Iron and Steel Institute) a publié en décembre 2001 son plan stratégique de développement de la technologie de l'acier (10). Ce document identifie les tendances technologiques de l'industrie sidérurgique dans tous les secteurs de production de l'acier.

Le plan stratégique réitère que l'industrie est mature et efficace du point de vue énergétique et que les améliorations vues dans les années 1980 et 1990 seront difficiles à atteindre dans le futur.

De façon générale, ce document identifie que les opportunités principales seront l'application de technologies pour mesurer, contrôler et améliorer le procédé et la captation et la réutilisation de l'énergie perdue dans les procédés existants.

Quelques tendances technologiques qui ressortent dans les divers documents consultés (2) (6) (7) (8) (9) (10) incluent :

- la coulée de brames minces. En général, les brames produites par la coulée continue consistent en des épaisseurs de 8 à 10 pouces. Les brames minces peuvent être coulées de 2 à 3 pouces, permettant ainsi la connexion directe de la production de l'acier au laminage à chaud. Ceci élimine des pertes, augmente le rendement, donc influence directement la consommation d'énergie. Cependant, cette technologie requière des investissements majeurs (200 à 500 millions de \$) et ne se justifie que quand les installations de coulée doivent être remplacées;
- l'optimisation des procédés existants, par réduction de pertes énergétiques, l'amélioration du contrôle de procédé, l'automatisation des équipements, et les mesures secondaires mentionnées ci-haut;
- plus d'installations de fours-poche et l'application de l'agitation électromagnétique;
- l'injection d'oxygène et de carbone au FAE;
- les électrodes super-conductrices;
- les fours à induction plus puissants pour réaliser la fonte de la ferraille;
- l'application de micro-ondes; et
- l'injection de combustibles solides.

### 3.3.2 *Tendances de réduction de consommation électrique*

L'industrie sidérurgique s'est fixé une cible d'amélioration de l'efficacité énergétique de 1 pour cent par année jusqu'en 2010 et de 0,5 pour cent par après (2).

L'effort principal des compagnies sidérurgiques est de réduire le temps de fonte dans le four en maximisant le taux d'apport énergétique et en minimisant les temps où le four n'est pas en opération. Ceci correspond à optimiser le produit entre le facteur d'utilisation de la puissance et le facteur d'utilisation du four (9).

Quelques mesures spécifiques mentionnées dans les documents consultés incluent :

- le préchauffage de la ferraille, permettant ainsi de réduire la consommation électrique dans le four même. Ces systèmes entraînent tout de même des coûts capitaux élevés (environ 10 millions de \$ pour un FAE);
- l'amélioration continue par des mesures d'optimisation des procédés existants;
- l'utilisation de l'énergie chimique en parallèle à l'énergie électrique, dans le but de réduire le temps de fonte dans le four. Ce type de mesure inclut la post-combustion des gaz de procédé afin de remettre cette énergie dans le bain de métal et scorie. Des économies de l'ordre de 25 kWh par tonne seraient possibles avec ces mesures (2);
- l'implantation de fours à courant continu vs. les fours à courant alternatif. Cette mesure est cependant limitée par le diamètre des électrodes, donc limite la capacité de production;
- la réduction de la température de coulée du four. Cette mesure est bien connue de l'industrie, mais son applicabilité est limitée car elle nécessite une coordination étroite entre le four et la coulée continue. Cependant, pour chaque 100 °F (38 °C) de réduction, une économie de 10 kWh par tonne est théoriquement possible (9); et
- l'installation de compresseurs fonctionnant avec de la vapeur produite à partir des gaz de procédé des fours. Ces compresseurs permettent de séparer les gaz de l'air. L'oxygène est alimenté à la fournaise tandis que les autres gaz peuvent être vendus. Ce projet a le potentiel de diminuer de 50 000 kWh/an la consommation électrique.

### **3.4 Les mines**

L'industrie minière au Québec se caractérise par quatre secteurs principaux :

- les mines de fer;
- les mines de métaux non-ferreux;
- les mines aurifères; et
- les mines d'amiante.

Les sources d'énergie utilisées par l'industrie minière sont très diversifiées. Cependant, plusieurs mines dans le nord du Québec, particulièrement les mines de fer, consomment une quantité importante d'électricité car elles n'ont pas accès au gaz naturel.

L'industrie est intensive du point de vue énergétique en raison des étapes de comminution (réduction de la taille des particules) et la manutention d'air pour alimenter les mines souterraines.

Le contrôle des coûts associés à l'énergie est très important pour cette industrie dans le but de maintenir sa compétitivité au niveau mondial. Les mines canadiennes sont tout de même efficaces quoique dans le secteur non-ferreux, les teneurs soient relativement basses.

La plupart des mines de métaux de base (métaux non-ferreux) sont souterraines. Ceci pose un défi particulier pour la ventilation, car pour chaque 100 pieds de profondeur, la température de surface de la roche augmente de 1 °F (2). Par ailleurs, les systèmes de transport pour hisser le minerai et pour le transport du personnel hors de la mine représentent des consommations significatives d'énergie.

Les principaux consommateurs d'énergie dans une mine sont :

- les systèmes d'alimentation d'air comprimé;
- les systèmes de ventilation;
- les systèmes de pompage des boues et eaux de procédé;
- la manutention et transport du minerai; et
- la comminution du minerai.

Les systèmes d'air comprimé sont principalement utilisés pour les équipements de forage, mais aussi pour les pompes, les ventilateurs, les valves et autres équipements opérant à l'air comprimé. La source principale de pertes d'énergie est liée à l'étanchéité des systèmes et les entreprises déploient beaucoup d'efforts pour minimiser ces pertes. Dans certaines mines, les équipements à air comprimé sont en voie de remplacement par des équipements électriques plus efficaces.

Les systèmes de pompage de boues et eaux de procédé sont répandus dans l'industrie minière. Les industries ont implanté, dans certains cas, des systèmes de contrôle et de supervision de l'opération des pompes afin de maximiser leur efficacité.

La ventilation des mines est une problématique constante et offre des opportunités d'efficacité. Plusieurs installations utilisent des entraînements à vitesse variable afin de moduler les ventilateurs alimentant le système, améliorant ainsi leur efficacité énergétique.

#### *3.4.1 Étude de cas – Mines de fer*

Le rapport du PEEIC (2) présente une étude de cas pour les mines de fer d'IOC, QCM et Wabush identifiant quelques mesures d'efficacité énergétique. La discussion suivante présente les extraits de cette étude.

L'industrie des mines de fer, en 1996, a traité quelques 90 mégatonnes de minerai, pour produire 36 mégatonnes de boulettes de fer. Ce niveau de production requiert une vaste quantité d'énergie fossile et électrique.

Les minerais de fer contiennent une haute teneur en silice ( $\text{SiO}_2$ ), jusqu'à 60 pour cent, et autres impuretés qui doivent être enlevées à la mine. Ce processus requiert la réduction de la taille des particules et une séparation gravimétrique en milieu humide. Le concentré qui en résulte consiste principalement en de l'oxyde de fer (hématite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et magnétite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Le concentré est mélangé à du coke fin (en tant que source d'énergie et agent réducteur), à de la roche calcaire, de la dolomie et d'autres additifs puis est formé en boulettes. Ces dernières sont par la suite traitées dans des fours opérant entre 1 100 et 1 250 °C afin de partiellement réduire l'hématite en magnétite. Ces fours sont alimentés en énergie fossile et charbon.

Le produit final est destiné aux producteurs d'acier aux aciéries intégrées (hauts fourneaux).

Les exemples de technologies qui pourraient être appliquées aux mines de fer sont décrits dans le Tableau 4.

**Tableau 4: Exemples de technologies applicables aux mines de fer (2)**

<b>Mesure</b>	<b>Potentiel de gain d'efficacité</b>	<b>Coût, million de \$</b>
Conversion du procédé de broyage à sec au procédé autogène humide	5 à 10 pour cent	15 à 25
Automatisation des équipements d'induration	2 à 5 pour cent	1 à 3
Amélioration de l'isolation thermique dans les divers équipements du procédé	1 à 3 pour cent	0,1 à 0,5
Conversion des véhicules à diesel en véhicules 100 pour cent électriques	1 à 5 pour cent	5
Conversion à l'électricité pour le chauffage	1 à 5 pour cent	0 à 1

### 3.4.2 Mines à ciel ouvert

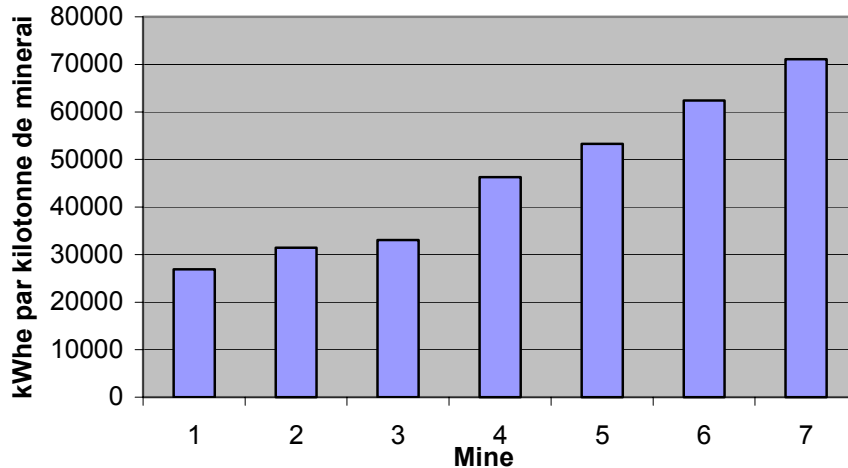
L'Association minière du Canada (AMC) a préparé une étude comparative des coûts énergétiques pour les mines à ciel ouvert (16). Cette étude compare les mines et les concentrateurs participants, incluant 7 opérations d'intérêt:

- 4 mines aurifères
- 3 mines de fer

Cette étude adresse les opérations de minage, de transport de minerai et les étapes de concassage et de broyage. Malheureusement, les usines ne sont pas identifiées spécifiquement, pour des raisons de confidentialité.

L'étude inclut toutes les sources d'énergie consommées par les opérations minières, incluant l'électricité, les sources fossiles et les explosifs. La consommation énergétique est rapportée sous forme de kWh équivalents (kWh<sub>e</sub>), tel que représentée sur la Figure 4.

Figure 4: Consommation énergétique totale de mines à ciel ouvert (16)



Le potentiel d'économie énergétique est aussi présenté dans ce rapport. Pour le processus de minage, (Tableau 5), il n'est pas possible de dégager les mines de fer des aurifères, car on rapporte seulement les valeurs agrégées dans le rapport (4).

Il est important de noter, par ailleurs, que l'étude de l'AMC stipule que ces économies sont entièrement théoriques et hypothétiques et ne prennent pas en considération les mesures qui ont déjà été mises en place, ni le contexte économique des mines considérées.

Tableau 5: Potentiel d'économies énergétiques - mines à ciel ouvert (16)

Étape	Moyenne pondérée de la consommation, kWh/tonne	Consommation plus basse, kWh/tonne	Économies potentielles, kWh/tonne	Coût moyen de l'énergie, \$/kWh	Tonnage, ktonnes	Économies, million de \$
Forage	291	55	236	0,031	326	2,4
Explosifs	448	284	104	0,034	326	18,2
Chargement du minerai	707	389	318	0,036	326	6,1
Transport du minerai	3 258	2359	899	0,033	326	15,8
Systèmes de support auxiliaires	704	301	403	0,032	326	6,9

En excluant les économies associées aux explosifs, et en supposant qu'en moyenne, l'électricité représente 40 pour cent de la consommation énergétique de ces mines, on peut calculer le potentiel d'économies à environ 12 millions de \$. En appliquant un taux moyen du coût de l'électricité de 4,5 cents par kWh, le potentiel se traduit en 0,27 TWh.

Le rapport présente aussi une analyse des concentrateurs de minerai de fer, tel que présenté au Tableau 6.

**Tableau 6: Potentiel d'économies en énergie pour les concentrateurs de minerai de fer  
(16)**

Étape	Moyenne pondérée de la consommation, kWh/ktonne	Consommation plus basse, kWh/ktonne	Économies potentielles, kWh/ktonne	Coût moyen de l'énergie, \$/kWh	Tonnage, ktonnes	Économies, million de \$
Concassage	1 282	253	1029	0,021	95 018	2,0
Broyage	3 983	2 639	1 344	0,017	95 018	2,2
Traitement des boulettes	10 008	4 480	5 528	0,013	95 018	6,8
Traitement des résidus	1 857	1 503	354	0,015	95 018	0,5
Eau de procédé	1 692	1 182	510	0,014	95 018	0,7
Autres	2 730	1 382	1 348	0,006	95 018	0,4

En excluant le procédé de traitement des boulettes, car il consiste principalement en consommation d'énergie fossile, et en appliquant un facteur de 75 pour cent pour représenter la consommation électrique, le potentiel d'économies pour les concentrateurs de minerai de fer peut se chiffrer à environ 4 millions de \$. En appliquant le même taux de 4,5 cents par kWh, ceci se traduit en un potentiel d'économie de 0,1 TWh.

Finalement, le rapport de l'AMC présente une analyse similaire pour le traitement des minerais d'or, tel que présenté au Tableau 7.

**Tableau 7: Potentiel d'économie d'énergie pour le traitement du minerai d'or (16)**

Étape	Moyenne pondérée de la consommation, kWh/ktonne	Consommation plus basse, kWh/ktonne	Économies potentielles, kWh/ktonne	Coût moyen de l'énergie, \$/kWh	Tonnage, ktonnes	Économies, million de \$
Concassage	1 549	427	1 122	0,054	15 783	1,0
Broyage	13 009	7 280	5 729	0,063	15 783	5,7
Traitement subséquent	6 248	2 744	3 504	0,058	15 783	3,2
Traitement des résidus	1 131	245	886	0,057	15 783	0,8
Eau de procédé	538	79	459	0,063	15 783	0,5
Autres	2 029	552	1 477	0,038	15 783	0,9

En excluant le procédé de traitement du minerai, et en appliquant un facteur de 75 pour cent pour représenter la consommation électrique, le potentiel d'économies pour le traitement du minerai d'or peut se chiffrer à environ 6,7 millions de \$. En appliquant le même taux de 4,5 cents par kWh, ceci se traduit en un potentiel d'économie de 0,15 TWh.

### 3.4.3 Mines souterraines

L'AMC a réalisé une analyse similaire (17) pour les mines souterraines. Cette étude inclue aussi une comparaison avec des opérations internationales en Australie, Afrique du sud, États Unis et Chili. Le Tableau 8 présente la proportion de mines québécoises incluses dans cette étude.

**Tableau 8: Distribution des mines souterraines (17)**

Région	Mines d'or	Mines de cuivre	Mines de plomb/zinc
Canada	14	5	11
Québec	5	1	3

L'analyse présente une comparaison économique des opérations aux Canada versus celles à l'étranger. Le potentiel d'économies spécifiques aux opérations, tel que pour les mines à ciel ouvert, n'est malheureusement pas présenté. Cette analyse permet tout de même de mettre en contexte les opérations canadiennes dans le contexte global dans lequel elles évoluent.

Le Tableau 9 présente les résultats de l'analyse des mines d'or.

**Tableau 9: Comparaison économique des mines d'or (17)**

Pays	Coût moyen de l'énergie pour le minage par tonne de minerai, \$US 1999	Coût moyen de l'énergie pour le broyage par tonne de minerai, \$US 1999	Coût total de l'énergie par once de produit, \$US 1999
Canada	5,07	4,83	22,12
Australie	3,83	3,50	19,34
USA	5,34	6,16	12,01
Afrique du sud	8,84	7,08	33,54

Le Canada se trouve troisième en ligne, après les États Unis et l'Australie. Ceci est dû aux teneurs plus basses dans ses gisements. L'industrie canadienne est donc plus ou moins compétitive au niveau mondial.

Le Tableau 10 présente les résultats de l'analyse des mines de cuivre.

**Tableau 10: Comparaison économique des mines de cuivre (17)**

Pays	Coût moyen de l'énergie pour le minage par tonne de minerai, \$US 1999	Coût total de l'énergie par tonne de concentré, \$US 1999	Coût total de l'énergie par livre de produit, \$US 1999
Canada	9,14	67,12	0,1623
Chili	2,47	86,63	0,1199
Australie	5,65	89,73	0,1300

Le Canada se trouve le dernier en ligne, après le Chili et l'Australie. Ceci confirme les fermetures récentes des mines de cuivre au Canada et la problématique de compétitivité de l'industrie, en raison des basses teneurs de minerai en comparaison avec les pays de l'hémisphère sud.

Le Tableau 11 présente les résultats de l'analyse des mines de plomb et de zinc.

**Tableau 11: Comparaison économique des mines de plomb/zinc (17)**

Pays	Coût moyen de l'énergie pour le minage par tonne de minerai, \$US 1999	Coût total de l'énergie par tonne de concentré, \$US 1999	Coût total de l'énergie par livre de produit, \$US 1999
Canada	4,82	30,52	0,0342
Australie	5,25	24,83	0,0236
USA	2,45	29,86	0,0223
Pérou	3,75	16,66	0,0160

Le Canada se trouve le dernier en ligne, similairement aux mines de cuivre.

Les données présentées dans ce rapport démontrent clairement que l'industrie des mines souterraines au Canada est de moins en moins compétitive avec ses concurrents étrangers. Le coût de l'énergie n'est pas nécessairement la cause, mais plutôt le reflet du fait que les teneurs sont basses, donc nécessitant la manutention de vastes quantités de minerai pour en extraire les valeurs métalliques.

Du point de vue de l'efficacité énergétique, les mines souterraines canadiennes font face à un défi de taille.

#### *3.4.4 Tendances de réduction de consommation électrique*

Dans le cadre du VCR, l'AMC a soumis un plan d'action adressant la problématique des GES, où on identifie quelques tendances de réduction énergétique pour l'industrie minière (18).

Historiquement, l'intensité énergétique de l'industrie minière s'est améliorée à un taux de 1 pour cent par année de 1990 à 1999. Sur cette base, l'AMC s'est compromise à maintenir cet objectif de réduction sur un horizon allant jusqu'en 2005.

Les mesures d'amélioration de la consommation seront surtout de type incrémentiel et

évolutif. L'industrie a déjà entrepris beaucoup d'efforts dans le cadre des programmes d'efficacité énergétique dans le passé, et l'amélioration future sera plutôt limitée.

Les types de projets envisagés incluront :

- le remplacement des moteurs par ceux à haute performance;
- l'implantation de systèmes de contrôle de procédé;
- le remplacement de ventilateurs; et
- la récupération des rejets d'énergie.

### **3.5 Les métaux non-ferreux**

Les usines de métaux non-ferreux au Québec sont représentées par le groupe Noranda qui opère :

- la fonderie Horne, à Rouyn Noranda pour l'extraction du cuivre à partir de concentré
- la raffinerie CCR, à Montréal-Est où se réalise la purification du cuivre par électroraffinage
- la raffinerie CEZinc, à Valleyfield où on produit du zinc métallique par grillage du minerai, extraction hydrométallurgique et électroraffinage
- la fonderie Gaspé, qui a été définitivement fermée en 2002.

Les fonderies Horne et Gaspé sont des usines essentiellement pyrométallurgiques, consommant principalement de l'énergie fossile dans des fours de smeltage. La charge électrique est principalement consommée par les ventilateurs, les pompes et les compresseurs associés aux équipements de smeltage et par l'usine d'acide sulfurique, destinée à la récupération du SO<sub>2</sub> produit par les fours.

Dans le cas de CCR et CEZinc, l'électroraffinage représente une consommation importante d'énergie électrique dans les cuves électrolytiques. Celles-ci diffèrent des cuves utilisées dans l'aluminium car on réalise l'électrolyse en milieux aqueux vs. en milieu sels fondus pour l'aluminium.

Selon les sources consultées (2) (11), la majorité de l'industrie a adopté des technologies de pointe et le potentiel d'amélioration se trouve surtout dans l'optimisation des procédés existants.

La consultation de la littérature ne révèle pas beaucoup d'information spécifique à une usine en particulier. La discussion qui suit est donc plutôt axée sur des généralités.

#### **3.5.1 Tendances technologiques**

Chaque opération est unique en sa conception. Bien que les fours et autres unités apparaissent similaires à première vue, les méthodes d'opération, les dimensions et les pratiques spécifiques liées aux impuretés contenues dans la matière première diffèrent considérablement d'une usine à l'autre.

Les tendances technologiques dans cette industrie sont surtout liées aux contraintes économiques de ce secteur, et ce, à un niveau mondial car les usines de métaux de base doivent faire compétition dans un contexte de marché global.

Cette réalité est par ailleurs exacerbée pour les usines au Québec du point de vue de l'accès aux concentrés (la matière première). Ces concentrés sont produits par les mines, qui ont une vie limitée. Au Québec, plusieurs mines ont fermé ou sont en voie de fermeture, donc les usines de métaux de base doivent s'approvisionner de matière première étrangère. Ceci impose un niveau de compétitivité élevé, car les usines doivent pouvoir traiter les concentrés à forfait le plus économiquement possible, tout en dégageant un bénéfice pour l'entreprise.

Depuis quelques années déjà, la tendance de l'industrie non-ferreuse a été une migration des nouvelles installations vers l'hémisphère sud (Amérique du sud, Australie) où des gisements à haute teneur ont été découverts.

### *3.5.2 Tendances de réduction de consommation électrique*

Quelques tendances énergétiques ont pu être dégagées des documents consultés (2) (11).

Pour les usines de smeltage, l'utilisation de l'oxygène est une source de consommation d'énergie importante. La production d'oxygène est réalisée par énergie électrique (séparation de O<sub>2</sub> à partir de l'air), donc l'optimisation des procédés de séparation demeure un potentiel d'amélioration important.

La consommation électrique aux usines d'acide représente un autre potentiel d'importance pour une fonderie. Les équipements de manutention et compression des gaz de procédé sont substantiels et offrent des opportunités d'amélioration et optimisation par l'entremise de l'implantation des programmes de type SPVC.

Dans les raffineries, les procédés électrolytiques sont déjà efficaces (90+ pour cent) et le potentiel d'amélioration est limité pour ce secteur.

Les opportunités se trouvent surtout au niveau des systèmes secondaires, telles les pompes, ventilateurs, compresseurs, agitateurs, etc. et l'implantation d'équipements à haute performance lors du remplacement normal des systèmes.

Pour les deux types de procédé (fonderie et raffinage) le potentiel d'intégration de systèmes de contrôle du procédé afin d'optimiser le rendement de l'usine demeure un potentiel intéressant pour économiser de l'énergie. Les systèmes experts, la simulation du procédé, le contrôle prédictif, etc. sont toutes des mesures axées sur le procédé, lesquelles peuvent découler des économies d'énergie.

### **3.6 Le magnésium**

L'industrie du magnésium primaire est représentée au Québec par deux entreprises :

- Norsk-Hydro à Bécancour
- Métallurgie Magnola à Danville

L'usine de Norsk-Hydro a démarré en 1989 et utilise la magnésite comme matière première pour l'extraction du magnésium métallique. Magnola, par contre, est une nouvelle usine, encore dans le processus de montée en production, et extrait le magnésium des résidus d'amiante.

Norsk-Hydro produit environ 45 000 tonnes annuellement, tandis que Magnola prévoit produire jusqu'à 63 000 tonnes annuelles (15).

Ces deux usines utilisent des procédés électrolytiques en sels fondus pour extraire le magnésium métallique. Cependant, ce sont des procédés extrêmement complexes qui impliquent une multitude d'unités d'opération. Bien que similaires en principe, chaque technologie électrolytique possède ses particularités et la conception des cellules est très différente d'une usine à l'autre.

Le procédé Norsk-Hydro est fondé sur la cellule développée en Norvège. Cette technologie consiste en une cellule monopolaire ayant une consommation spécifique d'environ 12 à 13 kWh par kilogramme. Par contre, la cellule utilisée dans le procédé Magnola est celle développée par Alcan en collaboration avec Sumitomo SiTix au Japon. Cette cellule est multipolaire, opère avec une consommation spécifique prévue de 10 à 12 kWh par kilogramme (26).

La consommation électrique des usines de magnésium se concentre donc dans le procédé d'électrolyse, qui représente environ 90 pour cent de la consommation. Les autres grands consommateurs sont des ventilateurs et des compresseurs de gaz de procédé, ainsi que les diverses pompes requises à travers l'usine nécessaires pour faire circuler et transférer les grandes quantités de solutions aqueuses et acides.

La consommation spécifique d'énergie électrique pour le procédé d'électrolyse varie entre 10 et 15 kWh par kilogramme de métal (2) (15). Les cellules multipolaires se situent autour de la marge inférieure, et les monopolaires vers la marge supérieure. Les valeurs obtenues par les usines sont généralement considérées très confidentielles car elles ont une influence directe sur la rentabilité de l'entreprise.

#### *3.6.1 Tendances de réduction de consommation électrique*

Les usines de magnésium au Québec se maintiennent à la fine pointe de la technologie afin de maintenir leur compétitivité dans le marché global du magnésium. De plus, une usine comme Magnola a adopté la technologie la plus récente disponible dans l'industrie. Le potentiel d'amélioration disponible pour ces procédés, dans le court terme, est donc limité.

Dans le cadre de la revue littéraire, aucune référence directe n'a été identifiée pour quantifier avec plus de certitude le potentiel d'amélioration énergétique. Cependant, il serait raisonnable de stipuler que les objectifs de l'industrie de l'aluminium seraient applicables au magnésium.

### **3.7 L'industrie chimique et pétrochimique**

L'industrie chimique et pétrochimique est un segment très diversifié et par sa nature, il est difficile de définir des tendances par le biais d'une recherche littéraire, sauf à un niveau très conceptuel.

La majorité des entreprises dans ce segment sont membres de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques (ACFPC). Cette organisation collecte et gère divers programmes destinés à l'industrie. Un entretien téléphonique a donc été organisé avec le directeur régional, secteur Québec de l'ACFPC<sup>8</sup>. Selon l'ACFPC (13), l'industrie chimique peut se catégoriser en trois sous-segments principaux :

- La pétrochimie
- Les produits organiques et spécialisés (par exemple PVC, caoutchouc, etc.)
- Les produits inorganiques (par exemple le chlorate de sodium).

Suite à des demandes de la part de l'ACFPC, les sociétés membres ont refusé de soumettre de l'information reliée à la consommation énergétique pour des raisons de compétitivité et de confidentialité. Il est donc extrêmement difficile d'obtenir les consommations et les mesures envisagées, spécifiques aux usines, dans les sources publiques d'information. En général, lorsque les entreprises fournissent ce type d'information, elles se retrouvent agrégées et ne sont pas distinguables par usine, donc d'une valeur limitée pour les besoins de la présente étude.

La seule façon d'obtenir de l'information pertinente, est d'accéder aux responsables auprès des usines.

---

<sup>8</sup> Entretiens avec M. Jules Lauzon, Directeur régional – Québec, ACFPC.

### 3.7.1 Industrie du chlorate de sodium et chlore-alcali

L'industrie du chlorate de sodium et chlore-alcali font partie du ACFPC et représentent un pourcentage significatif de la consommation électrique au Québec (voir Figure 2).

L'industrie du chlorate de sodium est représentée par quatre usines, opérées par trois compagnies :

- Eka Chimie, avec une usine à Magog et une autre à Valleyfield
- Chimie Sterling avec une usine à Buckingham.
- Nexen Chemicals à Beauharnois

Eka Chimie fait partie du groupe suédois Akzo Nobel et produit du chlorate de sodium par électrolyse du chlorure de sodium. Le chlorate de sodium est utilisé, entre autre, dans le procédé des pâtes et papier pour générer du bioxyde de chlore, destiné au blanchiment de la pâte.

L'usine de Valleyfield est anciennement Alby Chlorates et produit présentement 118 000 tonnes de  $\text{NaClO}_3$  par année, suite à plusieurs modernisations et agrandissements depuis 1985. Cette usine possède aussi un terminal de distribution de peroxyde d'hydrogène (27). L'usine de Magog a été fondée en 1979 par Quénord, acquise par Eka Nobel puis devient propriété de Akzo Nobel. Sa capacité initiale était de 24 000 tonnes par année, mais elle produit aujourd'hui 156 000 tonnes annuellement. L'usine de Produits Chimiques Sterling, à Buckingham produit du chlorate de sodium et du chlorite de sodium tandis que l'usine de Nexen Chemicals est basée à Beauharnois.

L'industrie chlore-alcali est représentée par deux usines, PCI à Bécancour et PPG à Beauharnois. Ces usines produisent du chlore, de la soude caustique, de l'acide chlorhydrique, de l'hypochlorite de sodium et de l'hydrogène (28) (29).

- PCI
  - Chlore : 340 000 tonnes par année
  - Soude caustique : 383 000 tonnes par année
  - Acide chlorhydrique : 150 000 tonnes par année
  - Hydrogène : 9 000 tonnes par année
- PPG
  - Chlore : 80 000 tonnes par année
  - Soude caustique : 90 000 tonnes par année
  - Hypochlorite de sodium : 30 000 tonnes par année

Le procédé de chlorate de sodium et de chlore-alcali sont très semblables de par leur nature. Ces deux procédés consistent en une électrolyse en milieu aqueux d'une saumure de chlorure de sodium. La différence principale réside dans le fait que les cellules pour chlore-alcali sont des cellules à membranes (pour prévenir la recombinaison des produits de l'électrolyse) tandis que les cellules pour la production de chlorate n'ont pas de membrane.

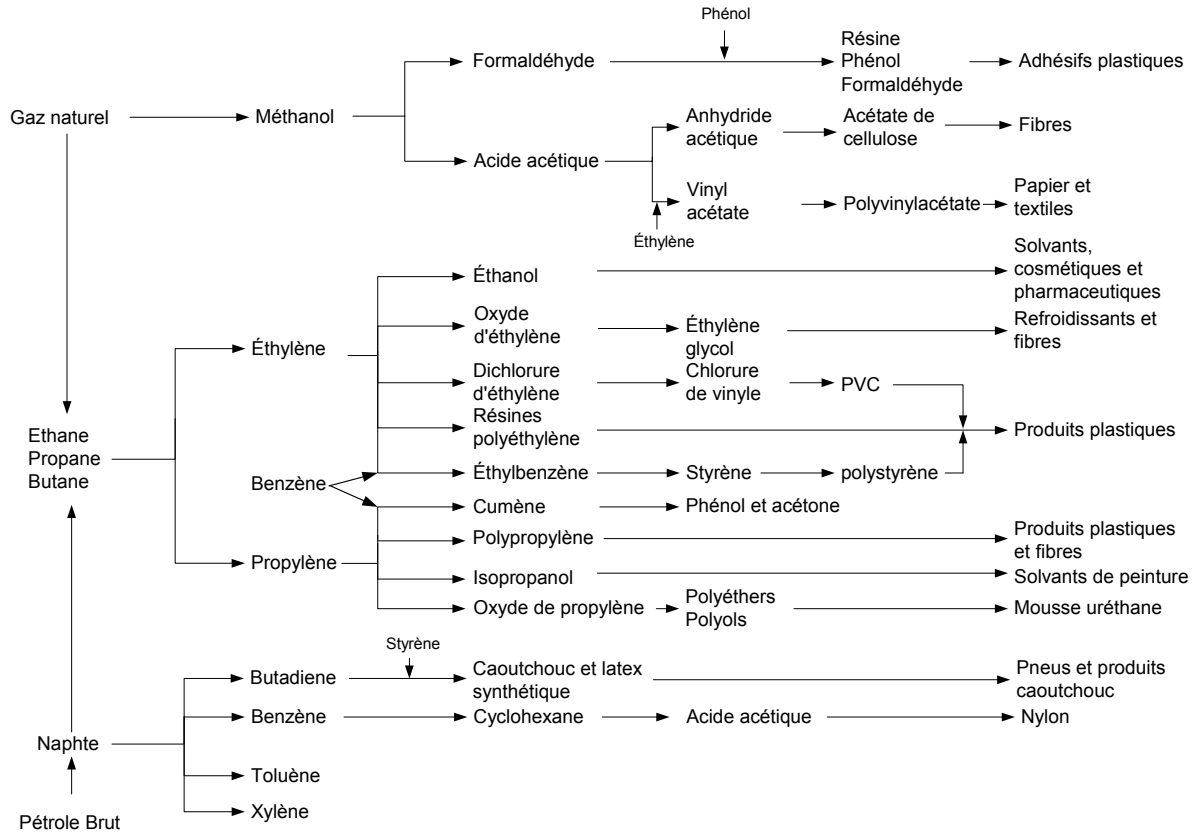
Cependant, les caractéristiques de chaque type de cellule électrolytique diffèrent d'une usine à l'autre. Par exemple, Eka Chimie utilise deux types différents de cellules à leurs usines de Magog et Valleyfield. Ces différences résident dans les aspects de construction des cellules, l'interaction entre les zones d'électrolyse, de réaction, d'échange de chaleur, etc.

Tel que mentionné auparavant, il y a peu d'information au sujet des ces entreprises dans le domaine public, surtout au niveau de la consommation énergétique. Par contre, étant donné qu'il s'agit de procédés électrolytiques, donc des grands consommateurs d'électricité, les opportunités d'amélioration devraient surtout résider dans l'optimisation des procédés. En effet, Eka Chimie développe actuellement, en collaboration avec des partenaires de recherche, des électrodes plus performantes ayant un potentiel de réduire la consommation électrique de quelques 10 pour cent, à long terme.

### *3.7.2 La pétrochimie*

Le Québec représentait en 1997 plus de 20 pour cent des produits chimiques générés au Canada. L'Ontario et l'Alberta sont les deux autres provinces de marque dans ce secteur. L'industrie de la pétrochimie ne consomme que 5 pour cent des produits générés par l'industrie du raffinage du pétrole. Cependant, la diversité des produits qui sont engendrés à partir de cette fraction est impressionnante, tel qu'on peut le constater sur la Figure 5 qui présente la relation entre quelques intermédiaires et produits pétrochimiques.

**Figure 5: Relation entre quelques intermédiaires et produits pétrochimiques (13)**

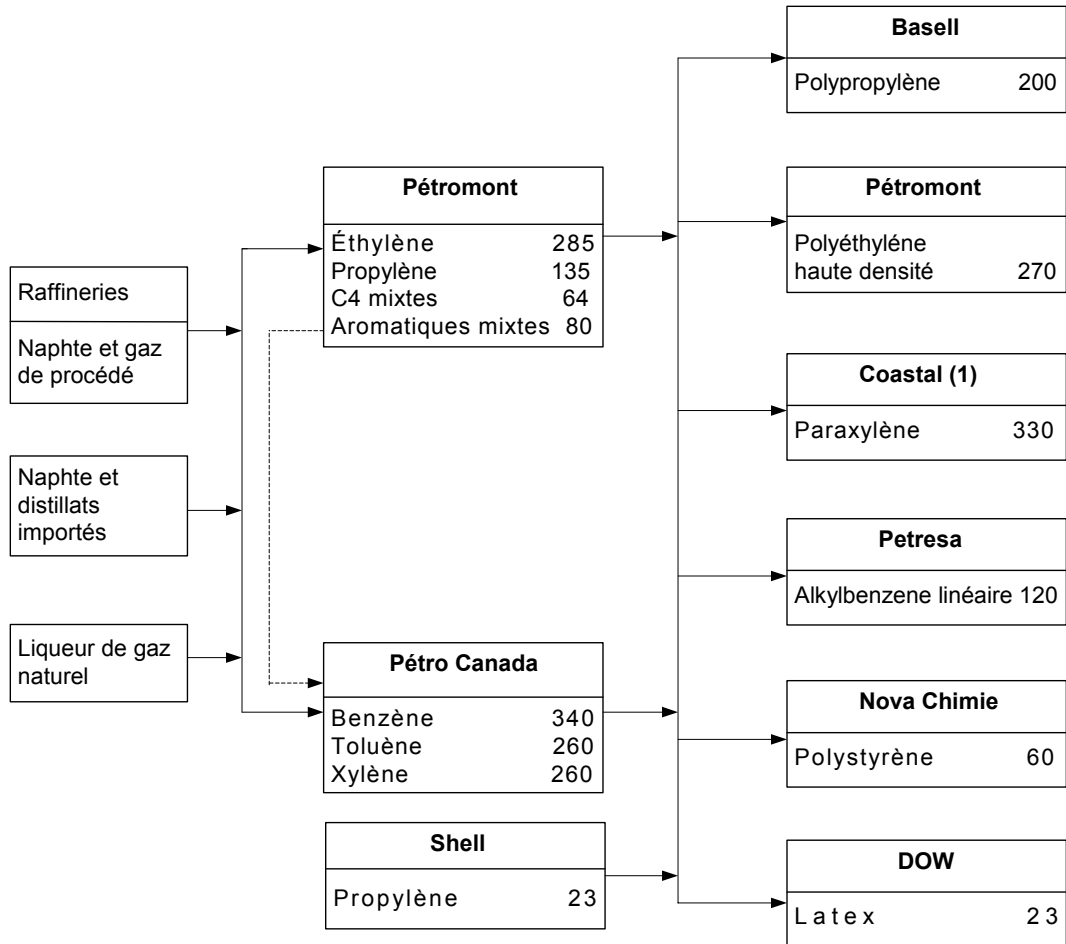


Au Québec, la production de produits pétrochimiques est concentrée dans la région de Montréal. La majorité des usines ont été construites dans les années 1960 et 1970, avec quelques exceptions (Petresa en 1995).

Récemment, la construction d'une nouvelle usine produisant du polytriméthylène téréphthalate (PTT) a été annoncée. Cette nouvelle installation est une collaboration entre la SGF et Shell.

La Figure 6 présente les principales compagnies oeuvrant dans ce domaine en date du début 2001. Les figures indiquent la production annuelle de chaque usine en kilotonnes.

**Figure 6: L'industrie pétrochimique au Québec en 2001 (13)**



(1) En voie de redémarrage en 2002

### 3.7.3 Tendances de réduction de consommation électrique

L'unique source d'information qui a été identifiée (14) au sujet des tendances de réduction de la consommation énergétique par l'industrie chimique, indique que l'industrie devrait être en mesure d'améliorer son efficacité énergétique de 1 à 2 pour cent par années en appliquant des approches d'optimisation des procédés existants.

Un des moyens entrepris par l'industrie pétrochimique afin d'améliorer son efficacité énergétique consiste en l'installation de systèmes de co-génération. Plusieurs usines ont déjà installé ces systèmes et d'autres le prévoient dans un futur proche (12).

Les compagnies oeuvrant dans ce secteur sont généralement impliquées dans des programmes de recherche et de développement destinés à l'optimisation des procédés.

Cependant, les gains énergétiques qu'ils engendreront sont difficiles à prédire.

### 3.8 L'industrie manufacturière

L'industrie manufacturière grandes entreprises au Québec est très variée, tel que démontré au Tableau 12.

**Tableau 12: L'industrie manufacturière grande entreprise au Québec**

Secteur	Nombre de comptes	Fraction de la consommation en 2001, pour cent
Industrie du bois – panneaux particules	11	1,7
Manufacturiers divers	11	1,0
Équipements de transport	10	0,8
Industrie alimentaire	6	0,5
Industrie du bois – scieries	6	0,5
Pneus	2	0,4
Services publics et de transport	6	0,4
Industrie textile	6	0,4
Industrie automotrice	2	0,3
Brasseries	2	0,3
Moulage de plastiques	3	0,2
Pharmaceutiques	2	0,2
Produits de soins personnels	2	0,2
Levures	2	0,1
Tabac	2	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>7,1</b>

Quoique diversifiée et représentant un nombre significatif de comptes, la consommation électrique en 2001 pour ces industries représentait seulement 7 pour cent des trois segments considérés dans cette étude.

L'identification de mesures d'économies d'énergie pour cette variété d'entreprises n'est pas facile à réaliser. La diversité des procédés et la multitude d'entreprises rend la tâche difficile dans le contexte d'une étude macroscopique telle que celle-ci. Cependant, certaines références consultées ont étudié certains de ces secteurs dans le contexte énergétique, particulièrement pour la diminution des GES, et offrent quelques indications quant aux mesures d'économies potentielles (19) (20) (21) (22) (23) (24).

#### 3.8.1 L'industrie des équipements de transport

Des études réalisées par le groupe de travail du PEEIC (23) (24) caractérisent ce secteur incluant les industries suivantes :

- véhicules automobiles;
- pièces automobiles;
- aéronautique;
- trains;

- camions, autobus et remorques;
- maritime; et
- divers (e.g. véhicules récréatifs).

En 1997, l'industrie de l'automobile a consommé à elle seule plus de 80 pour cent de l'énergie pour ce secteur.

Les sources d'énergie sont principalement le gaz naturel et l'électricité. Le Tableau 13 présente une distribution de la consommation énergétique pour les équipements de transport.

**Tableau 13: Distribution en pourcentage des sources d'énergie pour l'industrie des équipements de transport (23)**

Type d'énergie	Industrie automobile	Industrie pièces automotrices	Autres	Total de l'industrie
Électricité	25,2	39,8	26,5	31,0
Fossile	72,2	60,2	72,1	67,7
Vapeur	2,6	0	1,4	1,3
	100,0	100,0	100,0	100,0

Comme on peut le constater, l'électricité représente en moyenne environ 30 pour cent de la consommation énergétique de ce secteur.

Cependant, le même rapport (23) indique que les coûts de l'énergie (fossile et électrique) ne représentent en moyenne que 0,5 pour cent des coûts d'opération. Les coûts de matière première représentent environ 90 pour cent et la main d'œuvre 9 pour cent.

L'industrie des équipements de transport s'est engagée à améliorer son efficacité énergétique de 1 pour cent par année (23). Les mesures envisagées par l'industrie incluent :

- modifications et optimisation du procédé
  - systèmes de séchage des pièces de type boucle-fermée
  - remplacement des procédés d'étampage de pièces par ceux « d'hydro-forming »
- amélioration de l'efficacité des systèmes électriques
  - vérification et modernisation du système d'éclairage
  - utilisation d'entraînement à vitesse variable et de moteurs à haute efficacité
  - contrôle de la consommation, tel que l'arrêt des équipements quand l'usine n'est pas en production
- réduction de la consommation énergétique des systèmes d'air comprimé
  - utilisation de détecteurs ultrasoniques de fuites

- installation de vannes automatiques pour isoler le réseau
- installation de débitmètres afin de comptabiliser la consommation d'air comprimé
- installation de buses pneumatiques à haut rendement
- amélioration des systèmes de contrôle des compresseurs
- réduction de l'énergie consommée pour la ventilation et le chauffage
  - contrôle de la température en fonction des heures d'opération
  - diminution de l'air d'appoint aux cabinets de peinture lorsque ceux-ci ne sont pas en opération
  - recirculation de l'air
  - contrôle automatique des systèmes d'éclairage et de chauffage
- réduction de l'énergie consommée par les tours de refroidissement
  - augmenter le différentiel de température entre l'entrée et la sortie de l'eau de refroidissement (nécessite une analyse approfondie des réseaux de consommation)
  - entretiens régulier pour éliminer les dépôts
  - évaluation de l'utilisation des systèmes de réfrigération

Par contre, certaines barrières à l'implantation de ces mesures sont aussi identifiées :

- la hausse de la consommation associée aux équipements de contrôle des émissions environnementales;
- le haut niveau d'automatisation requis par les nouvelles technologies manufacturières; et
- la période élevée de recouvrement du capital pour les projets d'efficacité énergétique.

Quoique l'industrie des équipements de transport se soit impliquée activement dans les programmes d'efficacité énergétique du PEEIC, l'impact sur le potentiel de réduction de la consommation globale d'énergie est tout de même limitée. En valeur absolue, ce secteur ne consomme que 0,8 pour cent de l'électricité au Québec, ce qui correspond à environ 0,4 TWh. Une économie de 1 pour cent représente 0,004 TWh seulement.

### 3.8.2 *Autres industries manufacturières*

Le PEEIC a étudié (19) (20) les autres manufacturiers incluant les industries suivantes :

- boissons et breuvages;
- produits de caoutchouc;
- produits plastiques;
- produits textiles;

- machinerie;
- électronique et équipements électriques;
- produits agricoles;
- pharmaceutiques;
- peintures et vernis;
- savons et produits de nettoyage;
- produits de soins personnels;
- encres pour imprimeries;
- adhésifs; et
- autres produits chimiques divers.

Ces industries recoupent plusieurs des secteurs considérés dans la présente étude.

En 1995, le coût de l'énergie fossile et électrique pour ces secteurs représentait un peu plus d'un milliard de dollars. Ce niveau représente entre 0,6 à 5 pour cent des coûts de production des usines. En comparaison, la main d'œuvre représentait 8 à 23 pour cent et les matières premières 36 à 61 pour cent.

Quoique l'énergie représente dans certains cas une fraction plus importante des coûts d'opération que pour l'industrie des équipements de transport, les usines se concentrent plutôt sur leur procédé manufacturier, l'optimisation des coûts de matière première et de la main d'œuvre. Le volet énergétique est généralement une conséquence des actions entreprises, plutôt qu'une préoccupation à haute priorité.

Les rapports du PEEIC présentent quelques mesures d'économies énergétiques pour certaines de ces industries, telles que présentées ci-dessous.

#### *3.8.2.1 Industrie des brasseries et boissons et breuvages*

- Réduction et recyclage des emballages, incluant la substitution des canettes d'acier et de verre par des bouteilles en polyéthylène et en aluminium. Ces derniers permettent le recyclage, donc une diminution considérable de la consommation d'énergie
- Application de technologies plus efficaces, telles des moteurs à haute performance
- Amélioration du contrôle de procédé

L'industrie s'est engagée à réduire sa consommation spécifique de 3 pour cent par année.

### 3.8.2.2 Industrie du caoutchouc

- L'industrie s'est historiquement améliorée continuellement depuis 1990
- Application de technologies plus efficaces, telles des moteurs à haute performance
- Recyclage du caoutchouc et application de technologies innovatrices telles la cryogénie (traitement à très basse température), micro-ondes et pyrolyse.

Il n'y a pas de données quant à l'engagement de l'industrie sur la réduction de consommation spécifique d'énergie

### 3.8.2.3 Produits plastiques

- Opportunités de réduction de la consommation dans les procédés d'injection, de moulage et d'extrusion
- Implication dans l'association canadienne des plastiques, qui fait la promotion et la sensibilisation au niveau de l'efficacité énergétique

### 3.8.2.4 Industrie textile

- L'industrie textile a entrepris un programme d'amélioration énergétique entre 1995 et 2000 et leur objectif est de réduire la consommation spécifique de 2 pour cent par année.

### 3.8.2.5 Industrie électronique

- Généralement un secteur à basse intensité énergétique
- L'efficacité énergétique n'est pas considérée une priorité pour ces entreprises. Ils sont plus préoccupés par l'accès aux marchés et la distribution de leurs produits.

### 3.8.2.6 Autres industries

- Cette catégorie englobe :
  - Les produits agricoles;
  - Pharmaceutique
  - Peintures et vernis
  - Savons et produits de nettoyage
  - Produits de soins personnels
  - Encres pour imprimeries
  - Adhésifs
  - Autres produits chimiques divers
- Mesures diverses d'optimisation et quelques opportunités au niveau des équipements auxiliaires.
- L'efficacité énergétique n'est pas considérée une priorité pour ces entreprises

### 3.9 Le programme SPVC

Durant les années 90, Hydro-Québec avait entrepris un programme intensif d'identification du potentiel d'économies en grandes entreprises pour les systèmes de pompage, de ventilation et de compression (SPVC). Ce programme consistait en une analyse microscopique des entreprises, équipement par équipement, identifiant les économies qui seraient réalisables par l'implantation de mesures telles l'entraînement à vitesse variable, moteurs à haute performance, ajustement des impulseurs des pompes, etc.

La base de donnée quantifiant ces mesures a été consultée par CIMA+, dans le but d'établir l'ordre de grandeur des économies prévues dans ce programme. Le Tableau 14 résume le potentiel d'économies qui ont été identifiées, ainsi que les investissements prévus à cet effet.

**Tableau 14: Résumé des économies électriques reliées au programme SPVC**

Secteur Industriel	Économies identifiées, GWh	Investissements, million de \$
Alumineries	59,3	5,6
Scorie de bioxyde de titane	29,0	1,3
Manufacturier	67,1	11,6
Mines	268,6	33,8
Chlorate de sodium	1,7	0,3
Raffinage du pétrole et pétrochimie	28,0	6,3
Métaux non-ferreux	21,0	2,3
Aciéries	14,4	0,7
Magnésium	11,6	0,7
Autre métallurgie	32,5	2,7
Autres minéraux	22,1	4,6
<b>TOTAL</b>	<b>555,3</b>	<b>69,9</b>

L'ordre de grandeur des économies identifiées représente donc 0,5 TWh, nécessitant un investissement de 70 millions de \$.

Comme on peut le constater, presque 50 pour cent de ce potentiel était associé à un secteur en particulier, soit l'industrie minière. En effet, des 268 GWh, 223 GWh avaient été identifiés chez un client pour des mesures diverses. Cette entreprise a réalisé la majorité des mesures qui avaient été identifiées au moment de l'étude.

#### 4 RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE

Malgré les efforts déployés afin de solliciter la participation des grandes entreprises, le taux de réponse au questionnaire fut limité. Sur plus de 150 entreprises contactées dans le cadre de cette étude, seulement une quarantaine a répondu, et parmi celles-ci, seulement une quinzaine envisage des projets d'amélioration de l'efficacité électrique.

Un des objectifs de cette démarche était de pouvoir établir le profil historique de la consommation énergétique spécifique, afin de pouvoir extrapoler les tendances futures et ainsi établir le potentiel d'économies électriques avec précision. Malheureusement, avec le niveau d'information ayant été obtenu, cet objectif n'a put être réalisé dans le cadre de la présente étude. Le Tableau 15 résume les données qui ont été soumises par l'entreprise par le biais du questionnaire.

**Tableau 15: Résumé des économies électriques identifiées par les clients grandes entreprises**

Secteur Industriel	Économies identifiées, GWh	Nombre de réponses	Commentaires
Alumineries	132,9	1	Potentiel confirmé par une aluminerie seulement
Scorie de bioxyde de titane	-	0	Pas de réponse
Manufacturier	17,9	11	Cinq compagnies ont quantifié des projets d'économie d'électricité
Mines	4,5	8	Une compagnie a quantifié des projets d'économie d'électricité
Chlorate de sodium	1,5	1	Une compagnie a quantifié des projets d'économie d'électricité
Raffinage du pétrole et pétrochimie	2,7	2	Une compagnie a quantifié des projets d'économie d'électricité
Métaux non-ferreux	0	1	Aucun projet n'a été identifié par le répondant
Aciéries	0	1	Aucun projet n'a été identifié par le répondant
Magnésium	0	1	Aucun projet n'a été identifié par le répondant
Chlore-alcali	0	2	Aucun projet n'a été identifié par les répondants
Autre métallurgie	0	3	Aucun projet n'a été identifié par les répondants
Autre chimie	3,4	8	Une compagnie a quantifié des projets d'économie d'électricité
Alimentaire	0	2	Aucun projet n'a été identifié par les répondants
Autres minéraux	0	1	Aucun projet n'a été identifié par le répondant
<b>Total</b>	<b>162,9</b>	<b>42</b>	

Chaque entreprise qui a répondu a fourni les mesures envisagées, ainsi que leur coût d'implantation et le potentiel d'économie s'y rattachant. Pour des motifs de confidentialité, les détails de ces résultats ne seront pas présentés dans ce document. L'efficacité énergétique peut être un facteur critique de compétitivité pour certaines entreprises.

## **5 ANALYSE DU POTENTIEL D'ÉCONOMIES**

Un des objectifs du service technique – grandes entreprises d'Hydro-Québec, était de pouvoir établir le potentiel technico-économique de mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Ce potentiel représente les économies d'énergie associées à l'implantation de mesures où cela est techniquement possible et économiquement rentable, faisant abstraction de l'acceptation des mesures par les consommateurs électriques (25). Selon la perspective d'Hydro-Québec, le potentiel technico-économique représente donc les économies d'énergie qui seraient réalisables à un coût inférieur ou égal, au coût évité.

Afin d'établir ce potentiel, il est donc nécessaire de quantifier, non seulement les économies d'énergie, mais aussi le coût capital des mesures, l'impact global aux coûts d'opération, ainsi que la durée de vie de la mesure. Avec ces données, il est possible de faire l'analyse financière qui s'avère essentielle à la détermination du potentiel technico-économique.

La nature macroscopique de la présente étude, ainsi que le faible niveau de participation de l'industrie aux contacts directs qui ont été établis, ne permet malheureusement pas d'établir ce potentiel en ce moment. Pour ce faire, une analyse plus approfondie devrait être réalisée au niveau des usines, en établissant des profils détaillés des entreprises. Ce type d'étude serait en mesure de dégager un potentiel réaliste et réalisable, prenant en considération le contexte économique et technique dans lequel évoluent ces entreprises.

Il est important de noter que la plupart des industries considèrent les projets d'efficacité énergétique dans un contexte d'amélioration continu et dans le cadre de leurs activités courantes. Ceci a été mis en évidence dans le passé dans le cadre des projets de type SPVC et du PAPI, alors que les industries étaient réticentes à entreprendre des projets d'amélioration énergétique, particulièrement si ces projets ont un impact direct sur le procédé.

Les programmes d'efficacité envisagés devraient donc prendre ces réalités en considération, et établir des objectifs réalistes à court, mais aussi à moyen et long terme, fondés sur une compréhension des contraintes et limitations des procédés industriels. Une analyse d'impact et de risques sur le procédé devrait faire partie intégrante des études de potentiel.

### **5.1 Le potentiel d'économies**

Avec le niveau d'information disponible suite à cette étude, il n'est possible que d'établir l'envergure globale du potentiel d'amélioration pour les trois segments industriels considérés. Ce potentiel peut, tout de même, être catégorisé en deux classes distinctes :

- les améliorations évolutives dans le cadre des opérations courantes des d'entreprises et l'optimisation continue des procédés; et
- le potentiel associé au développement technologique et aux investissements majeurs de capital, ayant un plus haut degré d'incertitude et généralement à moyen et long terme.

**5.1.1 Potentiel d'amélioration de type évolutif**

D'après les recherches et les contacts avec certaines des entreprises, il est possible de dégager le potentiel suivant.

**Tableau 16: Potentiel évolutif d'économies d'énergie**

Secteur Industriel	Consommation 2001, TWh	Potentiel d'économies	
		Pour cent	TWh
Alumineries	17,2	1,3	0,22
Scorie de bioxyde de titane	3,39	0,5	0,017
Manufacturier	2,77	1,1	0,031
Mines	2,52	1,0	0,025
Chlorate de sodium	2,23	1,0	0,022
Raffinage du pétrole et pétrochimie	1,87	1,0	0,019
Métaux non-ferreux	1,78	1,0	0,018
Acieries	1,77	1,0	0,018
Magnésium	1,46	0,8	0,011
Chlore Alkali	1,19	1,0	0,012
Autre métallurgie	1,17	1,0	0,012
Autre chimie	0,92	1,0	0,009
Autres minéraux	0,68	1,0	0,007
<b>TOTAL</b>	<b>38,95</b>	<b>1,08</b>	<b>0,421</b>

- Aluminium : amélioration de 0,3 pour cent sur le procédé d'électrolyse (assumé à 90 pour cent de la consommation) et 10 pour cent pour les charges auxiliaires.
- Scorie de bioxyde de titane : potentiel associé aux fours de réduction est considéré à la section 5.1.2. En ce qui attrait à l'aciérie, le procédé est plutôt similaire à une aciérie intégrée, donc pas au même niveau de potentiel d'économies que les aciéries à four à arc électrique. Somme toute, un pourcentage de 0,5 pour cent a été retenu pour le complexe.
- Manufacturier : les quelques données existantes ont été appliquées pour les industries suivantes :
  - Industrie des équipements de transport : 1 pour cent
  - Industrie des brasseries et breuvages : 3 pour cent
  - Industrie textile : 2 pour cent
  - Autres industries : 1 pour cent
- Mines : cible de l'AMC, soit 1 pour cent

- Chlorate de sodium : cible moyenne de l'industrie chimique, soit 1 pour cent par année. Le potentiel d'implantation d'une nouvelle technologie d'électrodes est inclus à la section 5.1.2.
- Raffinage du pétrole et pétrochimie : cible moyenne de l'industrie chimique, soit 1 pour cent par année.
- Métaux non-ferreux : similairement à l'industrie de scorie de titane, 0,5 pour cent par année, considérant que les procédés sont de type pyrométallurgiques ainsi qu'hydrométallurgique.
- Aciéries : cible de l'industrie, soit 1 pour cent
- Magnésium : similaire à l'industrie de l'aluminium pour le secteur électrolyse (environ 90 pour cent de la consommation), mais seulement 5 pour cent pour les charges secondaires, car une des usines est toute récente (Magnola).
- Chlore alcali : cible moyenne de l'industrie chimique, soit 1 pour cent par année.
- Autres industries : à défaut d'information, la valeur moyenne de l'industrie métallurgique et chimique a été appliquée à ces industries.

#### *5.1.2 Potentiel d'amélioration à moyen – long terme*

On rapporte ici seulement deux cas spécifiques qui ont pu être identifiés. Les autres secteurs industriels se trouvent commentés dans le corps du rapport.

- Scorie de bioxyde de titane : modernisation de deux fours, économisant 10 pour cent par four. On estime la consommation de chaque four à environ 0,3 TWh, donc un potentiel d'économie d'environ 0,06 TWh.
- Chlorate de sodium : nouvelle technologie d'électrodes ayant un potentiel d'économiser 10 pour cent de la consommation, soit 0,2 TWh.

## ANNEXES

## ANNEXE A – QUESTIONNAIRE

## Questionnaire

### 1 MISE EN CONTEXTE

Hydro Québec entreprend une démarche d'identification du potentiel d'amélioration de l'efficacité électrique en grande entreprise, concordant avec le plan stratégique 2002-2006 de la société. Dans ce cadre, vous êtes sollicités à fournir l'information identifiée sur ce questionnaire, afin de permettre à Hydro Québec d'établir l'objectif réalisable des économies d'électricité sur un horizon allant jusqu'en 2006.

Votre participation à cette démarche est complètement volontaire, et toute l'information recueillie sera considérée strictement confidentielle.

Votre collaboration sera grandement appréciée, car ceci permettra d'établir une quantification réaliste et actualisée du potentiel d'amélioration.

L'étendue de la présente analyse s'applique uniquement aux économies d'énergie électrique, sans inclure la substitution à d'autres formes d'énergie (e.g. gaz naturel, diesel, etc.).

Pour toute question d'ordre technique, veuillez communiquer avec M. César Inostroza, CIMA+, au (514) 281-1675. Si vous désirez contacter Hydro Québec, la personne ressource est M. Jean-Denis Champoux, au (514) 289-2211 poste 3649.

### 2 IDENTIFICATION DE L'ENTREPRISE

Nom de la compagnie :	
Localisation :	
Personne ressource/contact :	
Description des produits manufacturés :	

### 3 PROFIL DE PRODUCTION

Le profil de production de votre entreprise est sollicité afin d'établir la consommation spécifique d'énergie électrique (kWh/unité massique) sur une base historique, et sur un horizon futur de cinq ans.

Dans le cas où une variété de produits serait générée par votre entreprise, nous vous prions d'en faire la ventilation.

	1997	1998	1999	2000	2001
Production annuelle (unité massique, e.g. tonne)					
	2002	2003	2004	2005	2006
Prévisions de croissance (%)					

#### 4 MESURES D'ÉCONOMIES D'ÉLECTRICITÉ PRÉVUES

Veillez indiquer les mesures d'économies d'électricité que vous prévoyez ou envisagez pour implantation à votre usine, selon la catégorisation présentée au tableau ci-dessous.

Description <sup>1</sup>	Économies prévues <sup>2</sup> (kwh/a)	Coûts d'implantation <sup>3</sup> (\$)	Durée de vie <sup>4</sup> (ans)	Avantages connexes <sup>5</sup>
Application de technologies plus efficaces <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>				
Optimisation du procédé <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>				
Minimisation des pertes d'énergie <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>				
Entraînements à vitesse variable <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>				
Automatisation et contrôle de procédé <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>				

<sup>1</sup> Faire une description sommaire de la mesure envisagée

<sup>2</sup> Présenter une estimation des économies d'électricité directement reliées à cette mesure (en kwh/an)

<sup>3</sup> Quantifier le coût en capital de la mesure, incluant les études préparatoires, l'ingénierie préliminaire et détaillée, l'installation des équipements et/ou systèmes

<sup>4</sup> Durée de vie prévue pour cette mesure; e.g. période utile de l'équipement et/ou système, après laquelle un remplacement serait nécessaire.

<sup>5</sup> Avantages connexes reliés à la mesure; e.g. amélioration du rendement, augmentation de la capacité, diminution du coût de la main d'œuvre, etc.

**Analyse du potentiel d'amélioration d'efficacité électrique en grande entreprise**

Description <sup>1</sup>	Économies prévues <sup>2</sup> (kwh/a)	Coûts d'implantation <sup>3</sup> (\$)	Durée de vie <sup>4</sup> (ans)	Avantages connexes <sup>5</sup>
Systèmes de pompage, de ventilation et de compression • • •				
Amélioration des systèmes d'éclairage et/ou de chauffage • • •				
Moteurs plus performants • • •				
Autres • • •				

## ANNEXE B - RÉFÉRENCES

1. Aluminium Industry Options Paper, Report of the Minerals and Metals Working group of the Industry Issues Table, October 1999
2. Minerals and Metals Foundation Paper, The Minerals and Metals Working Group of the Industry Issues Table, Natural Resources Canada, March 1999.
3. L'Aluminium au Canada, L'Association de l'aluminium du Canada, Profil industriel 2001.
4. Aluminum Industry Technology Roadmap, The Aluminum Association Inc., May 1997.
5. Guide sur l'efficacité énergétique dans les alumineries, L'Association de l'aluminium du Canada, avril 1998.
6. Climate Change Agreements – Sectoral Energy Efficiency Targets, ETSU – AEA Technology, October 2001.
7. Emerging Energy-Efficient Technologies for Industry, Ernst Worell and collaborators, American Council for and Energy Efficient Economy.
8. Energy Efficiency Improvements for the US Steel Industry, EETD Newsletter, Summer 1999.
9. Minerals and Metals Working Group – Industry Table, Iron and Steel Plant Level Analysis and Options Paper, February 10, 2000.
10. Steel Industry Technology Roadmap, American Iron and Steel Institute, December 2001.
11. Options Report for the Mining, Non-Ferrous Metal Smelting and Refining Industry, The Minerals and Metals Working Group of the Industry Issue Table, March 16, 2000.
12. Industrial Chemicals and Synthetic Resins Sector Foundation Paper, The Industry Issues Table, February 18, 1999.
13. Overview of the Canadian Chemical Manufacturing Industry, The Canadian Chemical Producers Association, Statistics and Information Committee, December 1994 with updated information for 2001.
14. Options and Analysis Paper for the Industrial Chemicals and Synthetic Resin Sector, Canadian Chemical Producers Association, July 12, 1999.
15. Magnesium Industry Options Paper, The Minerals and Metals Working Group of the Industry Issues Table, Natural Resources Canada, October 1999.
16. Benchmarking the Energy Consumption of Canadian Open-Pit Mines, Final Report, Mining Association of Canada, 11 February 2002.
17. Benchmarking the Energy Consumption of Canadian Underground Bulk Mines, Final Report, Mining Association of Canada, September 26, 2000.
18. An Action Plan for Reducing Greenhouse Gas Emissions, Action Plan and Annual Progress Report, Mining Association of Canada, October 2001.
19. Industry Table Foundation Paper, Other Manufacturing Activities Final Report, December 18, 1998.
20. Climate Change Industry Issues Table, Summary of Other Manufacturing Activities, March 6 2000.
21. Energy Savings & Capital Investment in Canadian Industry, A Report Prepared for the Industry Table Working Group on Small & Medium Sized Enterprises, September 1999.
22. Manufacturing Small to Medium-Sized Enterprises & Climate Change: A Review of Status, Barriers & Opportunities, Final Report, Industry Canada, December 1998.
23. Foundation Paper for the Transportation Equipment Manufacturing Sector, The

- Transportation Equipment Manufacturing Sector Working Group, National Change Industry Table, December 31, 1998.
24. Greenhouse Gas Options, Policy and Measures for the Canadian Transportation Equipment Manufacturing Industry, The Transportation Equipment Manufacturing Sector Working Group, National Change Industry Table, February 2000.
  25. Plan stratégique d'Hydro-Québec 2002-2006, Annexe 3.
  26. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Projet d'usine de production de magnésium par Métallurgie Magnola Inc., à Asbestos, p.34-35.
  27. Akzo Nobel, 2001 Activity report – Health, Safety and Environment
  28. Site internet de la Société du parc industriel et portuaire de Bécancour, <http://www.spipb.com/accueil.php>
  29. Gouvernement du Canada, A Technical & Socio-Economic Comparison of Options, Part 1 - Base Commodities, Chapter 2 - Base Commodities Of The Chlor-Alkali Industry, disponible sur internet : <http://www.on.ec.gc.ca/water/greatlakes/data/chlor-alkali/chap2.html>