

Bilan environnemental régional

1988-1999

L'Aluminium

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	i
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....	ii
1. INTRODUCTION.....	1
2. FAITS SAILLANTS 1988-1998.....	2
3. BILAN 1998.....	5
3.1 L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM.....	5
3.1.1 Les usines du Saguenay–Lac-Saint-Jean.....	5
3.1.2 La production.....	5
3.1.2.1 Extraction de l'alumine.....	7
3.1.2.2 Réduction de l'alumine en aluminium.....	8
3.1.2.3 La transformation.....	10
3.1.3 L'utilisation de l'aluminium.....	11
3.2 LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX.....	12
3.2.1 Les effluents.....	13
3.2.2 Traitements des émissions atmosphériques.....	19
3.2.3 Les fluorures.....	22
3.2.4 Les hydrocarbures polycycliques aromatiques.....	24
3.2.5 Les émissions atmosphériques de dioxyde de soufre (SO ₂) et d'oxyde d'azote (NO _x).....	27
3.2.6 Les émissions atmosphériques de poussières et de particules en suspension.....	28
3.2.7 Les émissions de gaz à effet de serre.....	28
3.2.7.1 Le gaz carbonique (CO ₂).....	28
3.2.7.2 Les perfluorocarbones (PFC).....	29
3.2.8 Les déchets solides.....	32
3.2.8.1 Les types de déchets solides.....	32
3.2.8.2 Gestion des déchets.....	35
3.3 L'ALUMINIUM ET SES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ HUMAINE.....	41
3.3.1 Fluorures.....	41
3.3.2 HAP.....	44
3.3.3 Le dioxyde de soufre (SO ₂) et les particules en suspension.....	45
3.3.4 L'aluminium.....	45
3.4 LA NOUVELLE ALUMINERIE D'ALMA.....	47
3.5 POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE DE ALCAN.....	54
3.6 LÉGISLATION.....	56
4. RÉSUMÉ DES TENDANCES.....	57
4.1 VERS L'ASSAINISSEMENT INDUSTRIEL.....	57
4.2 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA BIODIVERSITÉ.....	59
5. CONCLUSION.....	62
6. LISTE DES INTERVENANTS.....	63
7. BIBLIOGRAPHIE.....	64
8. LISTE DES ACRONYMES.....	69

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1. Caractéristiques des usines de Alcan au Saguenay–Lac-Saint-Jean.	6
Tableau 2. Exemples d'utilisation de l'aluminium dans divers secteurs.	12
Tableau 3. Paramètres mesurés et types de traitements utilisés pour les effluents des alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean.	17
Tableau 4. Substances détectées et leur unité Chimiotox sur les 120 paramètres analysés lors de la caractérisation des effluents des alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean par le Plan d'action Saint-Laurent (PASL).	18
Tableau 5. Caractéristiques des mesures et types de traitements utilisés pour contrer les émissions atmosphériques des alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean.	21
Tableau 6. Estimation des émissions anthropiques de fluorure inorganique au Canada ¹	23
Tableau 7. Principales sources de HAP au Québec et au Canada en 1990.	26
Tableau 8. Évolution de la production d'aluminium et des émissions atmosphériques au Québec en 1972 et 1995.	26
Tableau 9. Teneurs moyennes en HAP totaux, en HAP cancérigènes et en benzo(a)pyrène dans les sédiments de la rivière Saguenay à différents sites en 1988.	27
Tableau 10. Volume et type de résidus de certaines alumineries du Saguenay–Lac-Saint- Jean.	37
Tableau 11. Caractéristiques des sites d'élimination de déchets de la compagnie Alcan au Saguenay–Lac-Saint-Jean selon les inventaires de 1991 et 1997.	38
Tableau 12. Les niveaux de références pour les fluorures dans l'air ambiant établis pour la protection de la santé humaine, de la santé animale et de la végétation.	42
Tableau 13. Estimation de l'apport quotidien de fluorure inorganique chez la population canadienne.	43
Tableau 14. Comparaison des charges annuelles et des taux d'émissions de contaminants atmosphériques de l'usine Isle-Maligne et de ceux estimés pour la nouvelle aluminerie à Alma.	48
Tableau 15. Les niveaux sonores prévus des sources fixes et mobiles de la nouvelle aluminerie à Alma.	52
Tableau 16. Rejets (tonnes) et réductions (%) des substances visées par le programme ARET de certaines usines de l'Alcan du Saguenay–Lac-Saint-Jean.	61
Tableau 17. Projets présentés par la société Alcan dans le plan d'action de l'Écosommet régional de 1996.	61
Figure 1. Procédé chimique de la production d'aluminium, étapes de l'extraction de l'alumine.	8

Figure 2. Procédé électrolytique de réduction de l'alumine en aluminium et fonte de l'aluminium.	11
Figure 3. Caractéristiques des effluents de certaines usines de l'Alcan du Saguenay-Lac-Saint-Jean de 1980 à 1996.	15
Figure 4. Schéma des épurateurs à sec utilisés dans le traitement des gaz issus du procédé d'électrolyse.	20
Figure 5. Concentrations totales annuelles de fluorures dans le fourrage dans la zone d'influence de certaines usines de l'Alcan au Saguenay-Lac-Saint-Jean de 1985 à 1996.	24
Figure 6. Caractéristiques des émissions atmosphériques annuelles des usines de l'Alcan du Saguenay-Lac-Saint-Jean.	30
Figure 7. Émissions atmosphériques de B(a)P des usines de l'ALCAN selon la production, concentration à la station d'échantillonnage urbain no 2 de Jonquière, et valeurs-guides dans le monde.	31
Figure 8. Réductions des émissions atmosphériques et aux émissaires de HAP de l'ensemble des usines de l'ALCAN, 1983 à 1997.	32
Figure 9. Principales étapes du procédé LCLL de recyclage des brasques usées.	34
Figure 10. Volume des déchets des usines de l'Alcan du Saguenay-Lac-Saint-Jean déposé au site de déposition de déchets industriels (SDDI) de Jonquière de 1991 à 1997.	37
Figure 11. Les principales sources d'aluminium (A) et les apports quotidiens moyens en aluminium des Européens, Américains et Asiatiques (B).	47

1. INTRODUCTION¹

L'aluminium est une industrie de grande importance économique pour la province et la région. L'industrie canadienne de l'aluminium primaire a une capacité de production de 2,3 millions de tonnes métriques de métal par année. La production est concentrée au Québec, à l'exception de l'usine d'Alcan à Kitimat en Colombie-Britannique qui a une capacité de production de 272 000 tonnes métriques. Le Québec se classe au troisième rang des producteurs, derrière les États-Unis et la Russie.

L'industrie de l'aluminium de première fusion est l'un des principaux moteurs d'investissements privés au Québec. De 1982 à 1996, les immobilisations de l'industrie ont représenté 16,1 % de l'ensemble des investissements réalisés par le secteur manufacturier québécois, soit plus de 9 milliards de dollars. La valeur des expéditions de l'industrie s'est élevée à 5,7 milliards de dollars en 1995. Au Saguenay-Lac-Saint-Jean, la main-d'oeuvre employée par les usines qui y sont situées représente 29,1 % de la main-d'oeuvre manufacturière directe de la région en 1991, soit 5 846 emplois. Et si on considère les emplois associés aux activités de soutien (recherche, transbordement, exploitation des barrages), il s'agit en fait de 7 485 emplois dans la région en 1991, pour des retombées économiques directes et indirectes de 776 millions de dollars en 1996 (Ayotte *et al.* 1997).

L'industrie de l'aluminium a été une source importante de pollution. Depuis une vingtaine d'années, cette industrie améliore graduellement ses performances environnementales. Cette amélioration s'est faite relativement lentement, parce que plusieurs contaminants sont issus du procédé en lui-même. Ceci rend difficile l'élimination des préoccupations environnementales à court terme, car la modification des technologies demande des investissements importants en terme de recherche, d'argent et crée des impacts sociaux en terme de diminution de la main d'œuvre.

Nous verrons les caractéristiques générales des alumineries de la région et du procédé, ainsi que l'utilisation de l'aluminium. Les problèmes environnementaux associés aux alumineries sont ensuite discutés pour la qualité des effluents, les émissions atmosphériques ainsi que les déchets solides. Les effets de ces problèmes environnementaux sur l'environnement et la santé sont aussi abordés. Les estimations des charges polluantes et des problèmes environnementaux associés à la nouvelle aluminerie d'Alma sont décrits de façon globale, ainsi que la politique environnementale de Alcan.

¹ Tiré de AIA s.d..

2. FAITS SAILLANTS 1988-1998

Nouvelles alumineries dans la région:

- usine de Laterrière en 1989,
- une nouvelle usine devant entrer en production en 2000 à Alma, en remplacement de celle d'Isle-Maligne.

Diminution globale des émissions de polluants de la part des alumineries.

- Modification dans les procédés, dont:
 - * remplacement graduel d'un certain nombre de cuves Söderberg GH (goujons horizontaux) par des cuves à anodes précuites, moins polluantes ;
 - * diminution de la teneur en brai de la pâte Soderberg ;
 - * utilisation d'un brai à haut point de ramollissement permettant de réduire les émissions de volatiles dont les HAP dans la pâte Soderberg GH utilisée aux usines de Shawinigan, Beauharnois et Isle-Maligne
 - * utilisation dans les nouvelles installations d'épurateurs à secs, plus efficaces que les épurateurs humides;
 - * recirculation, recyclage et/ou traitement de la plupart des eaux de procédés.
- Meilleure gestion des résidus solides (récupération, réutilisation, recyclage), diminution importante du volume de résidus aux sites de déposition de déchets industriels ;
- Plusieurs modifications des installations pour limiter les pertes de contaminants.
- Programmes de gestion environnementale.

Les défis environnementaux:

- au niveau des effluents
 - * Les composés présents dans les effluents et ayant le plus d'incidences sur l'indice Chimiotox sont les huiles et graisses, l'arsenic, le phosphore, le chrome, le cyanure et l'aluminium. Leur importance dans l'indice varie selon l'usine. Mais ces indices sont faibles pour les usines dont la caractérisation date des années 90.
 - * L'aluminium est un problème à l'usine Vaudreuil mais il devrait être contrôlé d'ici la fin de 1999.
 - * La norme de concentrations de fluorure à l'usine Laterrière n'a pas été respectée jusqu'à 1998, puis la norme a été modifiée pour une norme technologique. Par contre, durant cette période, la charge de fluorure était respectée.
- au niveau des émissions atmosphériques
 - * les alumineries sont parmi les sources les plus importantes au Canada de HAP et de fluorure dans l'air ;

- * les émissions de fluorures lors de l'électrolyse varient selon le type de cuve ;
- * les concentrations les plus élevées dans le fourrage se rencontrent à La Baie et Laterrière, mais les concentrations pour toutes les usines régionales pour ce paramètre respectent les normes ;
- * Les normes annuelles pour les émissions de fluorures sont respectées, mais avec quelques écarts mensuels à l'usine d'Arvida ;
- * c'est le procédé Soderberg à goujons horizontaux qui émet le plus de HAP ;
- * il y a encore des émissions de HAP, bien qu'elles aient beaucoup diminuées ; elles sont de l'ordre de 1 à 2 kg/tm Al pour les usines régionales exploitant la technologie Soderberg GH, alors qu'elles ne sont que de l'ordre de 1,5 g/tm Al pour l'usine plus récente comme Laterrière ;
- * les normes pour le SO₂ en milieu urbain sont respectées ;
- * les normes en milieu urbain pour les particules sont généralement respectées mais il y a des dépassements occasionnels lors de grand vents en provenance de la rivière Saguenay à Ville de la Baie ;
- * Plusieurs substances ne sont pas assujetties à des normes, mais certaines sont visées par les objectifs environnementaux des usines : HAP, CO₂, PFC, ...
- au niveau des déchets solides
 - * les brasques usées ne sont pas valorisées et sont entreposées dans des entrepôts, mais il y a présentement développement d'un procédé de recyclage (LCLL) pour les récupérer;
 - * pas de valorisation des boues rouges, mais changement important du mode d'empilage de façon à réduire l'utilisation de sites d'entreposage ;
 - * les écumes composées en grande partie d'aluminium sont traitées pour être recyclées ;
 - * utilisation probable de tous les résidus du traitement des écumes entreposés dans la région d'ici quelques années ;
 - * utilisation du gypse pour contrôler les poussières sur les sites de dépôt des boues rouges ;
 - * les boues rouges ne sont plus entreposées dans des bassins de rétention, ce qui comportait des risques environnementaux, elles sont maintenant épaissies et empilées sur des sites de déposition de déchets ;
 - * les résidus les plus importants en terme de volume sont les boues rouges et le gypse ;
 - * les sites d'élimination des déchets de la compagnie ont fait l'objet de travaux de restauration ; 4 sites sur 7 sites GERLED sont encore classés I (représentant un potentiel de risque pour la santé et/ou un potentiel de risque élevé pour l'environnement) ;
- au niveau de la santé des organismes et des populations

- * les effets potentiels des HAP sur la santé des organismes sont reconnus, mais les effets sur la santé humaine restent à déterminer de façon claire, bien qu'il ne semble pas y avoir de risque pour la population en général ;
- * les concentrations de fluorures mesurées pourraient tout de même occasionner certains effets mineurs sur les espèces de plantes sensibles;
- * pour la santé humaine, il ne semble pas y avoir de risques liés aux fluorures ;
- * il n'y a pas encore de consensus scientifique quant aux liens possibles entre l'aluminium et la maladie d'Alzheimer.

Les performances environnementales de la nouvelle aluminerie à Alma (présentement en construction) devrait être supérieures aux autres alumineries régionales et comparables à des usines plus récentes, du fait de l'utilisation de technologies plus performantes et de l'intégration des diverses exigences environnementales dans la conception.

Puisque l'usine d'Isle-Maligne sera fermée, il y aura réduction à Alma des émissions de HAP et de particules, mais augmentation des émissions de gaz à effet de serre, de fluorures et de SO₂, en relation avec l'augmentation de la production.

Les enjeux environnementaux identifiés par Alcan sont:

- élimination des boues rouges ;
- gestion des émissions atmosphériques ;
- gestion des réservoirs ;
- gestion des effluents ;
- gestion des déchets solides.

3. BILAN 1998

3.1 L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM

3.1.1 LES USINES DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

Il n'y a pas de gisements de bauxite au Canada (voir section suivante), et la présence des alumineries au Québec est reliée à la présence et au faible coût de l'hydroélectricité. Alcan est une des cinq entreprises de cette industrie, et possède toutes les usines de la région (Tableau 1). Ces usines produisent de l'aluminium de première fusion. À Jonquière, il y a en fait deux usines (Complexe Jonquière): Arvida, où est produit de l'aluminium de première fusion, et Vaudreuil où s'effectue la production d'alumine à partir de la bauxite, ainsi que la production de divers produits chimiques destinés aux autres alumineries ou à d'autres types de production.

Dans le décompte des usines d'Alcan dans la région, en plus des quatre usines de première transformation et Vaudreuil, il faut ajouter l'usine Guillaume-Tremblay à Chicoutimi qui traite les écumes (cf. section 3.2.7.1), les usines de transformation Saguenay et Lapointe, l'usine de composite métallique Dubuc, le Centre de recherche et de développement Arvida, les Installations portuaires d'Alcan à Ville de la Baie, la ligne de chemin de fer Roberval-Saguenay et le groupe Énergie électrique Québec qui opère les centrales hydroélectriques.

3.1.2 LA PRODUCTION²

L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant de la croûte terrestre, puisqu'il en constitue environ huit pour cent. Il n'existe pas à l'état pur dans la nature et il se présente le plus souvent sous forme d'oxydes. La source la plus exploitable de l'aluminium est la bauxite, un minerai que l'on retrouve le plus souvent dans les régions tropicales et subtropicales. La bauxite se présente sous forme granuleuse ou rocheuse, de couleurs différentes selon sa composition. Ce minerai est facile à extraire mais sa transformation en aluminium métallique s'avère assez complexe.

La production de l'aluminium comprend deux phases: la première consiste à extraire l'alumine (oxyde d'aluminium anhydre) de la bauxite par un procédé chimique et la seconde, à réduire l'alumine en aluminium par un procédé électrolytique. Par la suite, l'aluminium est transformé selon l'usage auquel il est destiné.

² Tiré de AIA s.d.

Tableau 1. Caractéristiques des usines de Alcan au Saguenay-Lac-Saint-Jean.

	Isle-Maligne à Alma	Complexe Jonquière à Jonquière		Grande Baie à La Baie	Laterrière à Chicoutimi	à Alma
		Vaudreuil Centre de chimie organique	Arvida			
Année d'ouverture	1943	1936	1926	1980	1989	2000
Capacité de production	76 000 tm/an	Capacité: voir produits finis	236 000 tm/an	185 000 tm/an	205 000 tm/an	375 000 tm/an
Principales matières premières	Alumine, Cryolithe Fluorure d'aluminium, de lithium, de calcium, Pâte Söderberg	Bauxite, Acide sulfurique, Hydroxyde de sodium (soude caustique), Chlore, Spathfluor (forme de fluorure de calcium), Chaux, Oléum	Coke vert, Brai, Anthracite, Alumine, Fluorures d'aluminium, Cryolithe, Huiles végétales	Alumine, Coke calciné, Brai, Fluorure d'aluminium, Additifs pour alliages	Alumine, Fluorure d'aluminium, Cryolithe, Blocs de cathodes, Anodes précuites	Transfert de l'aluminium aux centres de coulées des autres usines, dont Isle- Maligne
Principaux produits finis	Lingots de laminage, Lingot de fonderie	Alumine métallurgique (1 400 000 tm/an), fluorure d'aluminium (48 000 tm/an), alumine commerciales (60 000 tm/an), hydrate super blanc (50 000 tm/an) et hydrate séché (100 000 tm/an), Cryolithe	Aluminium sous différentes formes, Anodes précuites, pâte sodenberg, blocs cathodiques, anthracite calciné, Coke calciné	lingots de laminage et de refonte, Anodes précuites	Lingots de laminage	
Nombre et types de cuves	456 cuves Söderberg à goujons horizontaux	Pas d'électrolyse Centres d'affaires: usines d'hydrates, usine de fluorure, centre de calcination, usine de produits chimiques	1998, : 548 cuves Söderberg à goujons horizontaux 822 cuves à anodes précuites	384 cuves à anodes précuites (Alcoa P-155) à alimentation centrale	432 cuves à anodes précuites (technologie Alcoa P-155)	432 cuves à anodes précuites (technologie Péchiney AP-30)

Sources: Alcan Aluminium Ltée 1998a ; Ayotte *et al.* 1997 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Carson *et al.* 1997 ; Gagnon *et al.* 1997 ; Savard 1989; Sécal 1997 et SLV2000 1996.

3.1.2.1 Extraction de l'alumine

L'alumine employée dans les usines canadiennes provient principalement d'Australie, d'Amérique du Sud, de Jamaïque et du sud des États-Unis, de même que de l'usine Vaudreuil du Complexe Jonquière. L'extraction de l'alumine se fait par un procédé chimique :

- La bauxite, constituée d'environ 50% d'alumine hydratée, est broyée puis mélangée avec une solution de soude caustique ①³.
- La pâte qui en résulte est ajoutée à une quantité de solution de soude caustique dans des autoclaves ②.
- À haute température et sous pression, la soude caustique dissout l'alumine hydratée et produit une solution d'aluminate de sodium. Les impuretés demeurent à l'état solide.
- Ces résidus inertes, communément appelés boues rouges, contiennent surtout des oxydes de fer, de silicium et de titane, et sont retirés par décantation et par filtration ③④.
- On lave les boues rouges afin d'en récupérer les produits chimiques et on les empile par couches successives sur un terrain préparé à cette fin. L'eau de lavage est recyclée.
- La solution d'aluminate de sodium est ensuite pompée dans des précipitateurs. On ajoute du trihydrate d'alumine pur très fin, et la solution est agitée et refroidie graduellement ⑤.
- Le trihydrate d'alumine précipite sous forme de cristaux qui sont ensuite séparés de la solution de soude caustique par sédimentation et filtration.
- La solution de soude caustique est récupérée pour servir à nouveau dans les autoclaves.
- Les cristaux de trihydrate d'alumine sont transférés dans des fours de calcination à haute température (900-1100°C) afin d'en retirer l'eau ⑥.
- On obtient une poudre blanche qui ressemble à du sel fin: de l'oxyde d'aluminium ou alumine calcinée, qui est principalement transformée en aluminium.
- Le trihydrate d'alumine, ou communément l'hydrate d'alumine, est aussi utilisé pour produire du fluorure d'aluminium, additif dans le procédé d'électrolyse, ainsi que pour produire de l'alun, de l'alumine spéciale et de l'hydrate séché (Savard 1989).
- Il faut de quatre à cinq tonnes de bauxite pour obtenir environ deux tonnes d'alumine qui, à leur tour, donnent une tonne d'aluminium.

3 Les numéros de 1 à 6 réfèrent à la Figure 1.

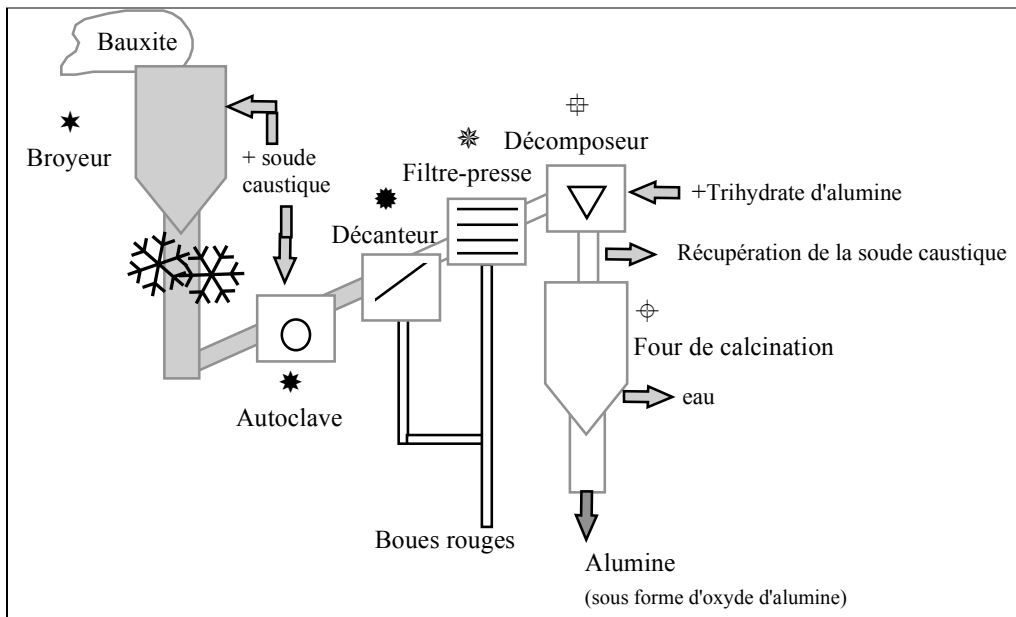


Figure 1. Procédé chimique de la production d'aluminium, étapes de l'extraction de l'alumine (modifié de AIA s.d.). Les numéros réfèrent au texte.

3.1.2.2 Réduction de l'alumine en aluminium

La transformation de l'alumine en aluminium s'effectue selon un procédé électrolytique. Une aluminerie se divise en trois grands secteurs nécessaires à cette transformation. Ces secteurs sont le carbone, l'électrolyse et la fonderie.

Le secteur carbone

C'est dans ce secteur que sont fabriquées les anodes qui seront suspendues dans les cuves d'électrolyse et à travers desquelles passera le courant électrique. Les anodes sont fabriquées de coke de pétrole calciné et de brai liquide. Le coke est broyé suivant une granulométrie très précise, mélangé au brai liquide pour former une pâte qui est pressée ou vibro-pressée pour produire les anodes crues. Enfin, les anodes crues sont cuites à environ 1100°C dans des fours chauffés au gaz naturel (anodes précuites). Des systèmes permettent de traiter les fumées provenant de la cuisson des anodes. Une fois cuites, les anodes sont scellées par de la fonte en fusion à une tige d'aluminium au moyen de laquelle elles seront suspendues dans les cuves d'électrolyse. Les anodes se consomment lors de l'électrolyse et elles doivent donc être remplacées tous les vingt jours environ ; le secteur carbone est aussi chargé de la récupération des anodes usées (mégots), de leur recyclage de même que du nettoyage des tiges qui seront réutilisées.

Le secteur électrolyse

L'aluminium est tiré de l'alumine par réduction électrolytique.

- La réduction de l'alumine calcinée en aluminium s'effectue dans les cuves d'électrolyse, caissons d'acier rectangulaires revêtus de briques réfractaires et de blocs de carbone qui forment la cathode.

- Il y a plusieurs types de cuve pouvant être utilisées dans le procédé d'électrolyse: les cuves Söderberg à goujons horizontaux, verticaux, ou à anodes précuites. Les usines de la région utilisent les cuves Söderberg à goujons horizontaux et à anodes précuites (Savard 1989). Dans le premier cas, les anodes sont constituées de pâte chaude qui cuit au fur et à mesure qu'elle s'approche de la zone de réaction dans les cuves, ce qui génère des HAP. Les anodes précuites sont cuites avant d'être utilisées dans les cuves dans des fours de cuissons où les HAP émis sont captés.
- La cuve renferme un électrolyte en fusion que l'on appelle «bain» et dans lequel est dissoute l'alumine. L'électrolyte est constitué de cryolithe, qui est un sel fondu, et de certains additifs qui lui donnent la densité, la conductibilité et la viscosité appropriées. Le principal additif est le fluorure d'aluminium, que l'on doit remplacer de temps à autre parce qu'il s'évapore. Les autres additifs utilisés sont des fluorures de calcium et de lithium, ce dernier étant utilisé pour diminuer les émissions de fluorures dans les usines moins performantes (Savard 1989).
- Ces composés fluorés permettent d'effectuer l'électrolyse à une température d'environ 950°C. Un courant électrique continu traverse les cuves, reliant l'anode (électrode positive) et la cathode (électrode négative): c'est l'électrolyse. L'électrolyse sépare les atomes d'oxygène liés à l'alumine, réduisant l'alumine en aluminium. Les atomes d'oxygène réagissent au carbone de l'anode pour former des gaz carbonés (CO et CO₂).
- L'aluminium, plus lourd que le bain, se dépose au fond de la cuve.
- À intervalles réguliers, l'aluminium en fusion est siphonné dans des poches de coulée ou creusets et transféré dans des fours d'attente à la fonderie.
- Chaque cuve est totalement fermée pour une plus grande efficacité énergétique et pour capter les émissions polluantes qui sont traitées par des centres de traitement des gaz. Le procédé d'électrolyse exige de grandes quantités d'énergie, soit entre 13 et 17 kilowatt/heure par kilogramme d'aluminium.

Le secteur fonderie

C'est dans de très grands fours d'attente pouvant contenir jusqu'à 60 tonnes d'aluminium liquide que le métal est élaboré et éventuellement allié à des métaux d'addition. Bien que l'aluminium soit parfois utilisé tel quel commercialement, on lui ajoute généralement de petites quantités d'autres métaux afin d'obtenir des alliages aux propriétés particulières. Certains éléments d'alliage augmentent la résistance mécanique ou la résistance à la corrosion, tandis que d'autres améliorent l'aptitude à l'usinage, la malléabilité, la soudabilité et la résistance aux températures élevées.

L'aluminium est coulé dans des formes qui varient selon le procédé de transformation auquel il est destiné. Par exemple, les très gros lingots de forme rectangulaire appelés aussi plaques, sont destinés au laminage à chaud en vue de la fabrication de la tôle ou de feuilles minces. Les lingots cylindriques appelés billettes sont destinés à l'extrusion⁴ tandis que le métal destiné à la refonte est coulé en grands blocs appelés gueuses, lingots trilok ou lingots T selon la forme. De l'huile

4 Extrusion /Procédé par lequel un métal est poussé à chaud par une presse dans une filière.

végétale ,animale utilisée lors de la coulée pour la lubrification des matrices. Les plaques d'aluminium peuvent peser jusqu'à 25 tonnes chacune.

3.1.2.3 La transformation

Le laminage

Le lingot de laminage ou plaque peut être aminci par le laminage à chaud ou à froid. Dans le laminage à chaud, la plaque est d'abord préchauffée afin de l'amollir et/ou de l'homogénéiser, puis soumise à un va-et-vient répété entre des cylindres compresseurs qui se resserrent à chaque passe. L'aluminium est ainsi aminci et allongé, sans modifier sa largeur; ce procédé à chaud améliore les qualités métallurgiques du métal sans provoquer d'écrouissage appréciable. Le laminage à froid subséquent réduit encore la dimension du métal et lui confère la résistance mécanique provenant de l'écrouissage.

La tôle forte qui est laminée à chaud a une épaisseur supérieure à 6,30 mm, tandis que la tôle laminée à chaud et à froid peut avoir une épaisseur variant entre 6,30 mm et 0,15 mm. La feuille d'aluminium laminée à froid peut être aussi mince que 6 microns et un lingot peut alors donner une bande d'une longueur de 450 kilomètres. Cette tôle d'aluminium sert principalement à la fabrication de canettes.

Le laminage à chaud utilise une émulsion huile-eau en circuit fermé comme agent refroidissant/lubrifiant, mélange rejeté antérieurement, alors que maintenant les huiles et l'eau sont séparées (Alcan 1997b). Il y a aussi le refroidissement des laminoirs à froid, mais il n'est pas utilisé dans la région. Il s'effectue à l'aide de divers produits chimiques, dont des composés organiques volatils (COV), produits qui sont distillés sur place pour ensuite être réutilisés dans le procédé de laminage. La filtration de ces composés est à améliorer selon les objectifs environnementaux de la compagnie.

L'extrusion

L'extrusion consiste à presser une billette préalablement chauffée au travers d'une filière d'acier. Le métal est façonné sur toute sa longueur selon le profil de la filière, un peu comme le glaçage décoratif qui sort de la douille du pâtissier. Pour obtenir des tuyaux extrudés et des profilés creux, on place un mandrin dans l'ouverture de la filière; forcé entre le mandrin et la filière, l'aluminium prend la forme du mandrin à l'intérieur et la forme de la filière à l'extérieur.

Les profilés servent à la fabrication de portes, de cadres de fenêtres, et de revêtements muraux, de lampadaires, de meubles de jardin, à la construction de voitures, de wagons, de remorques, d'avions et de superstructures de navires.

Autres techniques

On peut obtenir des formes diverses en coulant l'aluminium en fusion dans des moules. Les techniques utilisées sont le moulage sous pression, le moulage en coquille et le moulage au sable, le filage par choc, et autres.

L'aluminium est anodisé surtout lorsqu'il est destiné à l'architecture. L'anodisation est un procédé électrochimique qui remplace la couche d'oxyde qui recouvre naturellement l'aluminium par une couche d'oxyde dont l'épaisseur et l'orientation sont contrôlées. Cet oxyde peut être teinté. L'anodisation améliore la résistance à la corrosion.

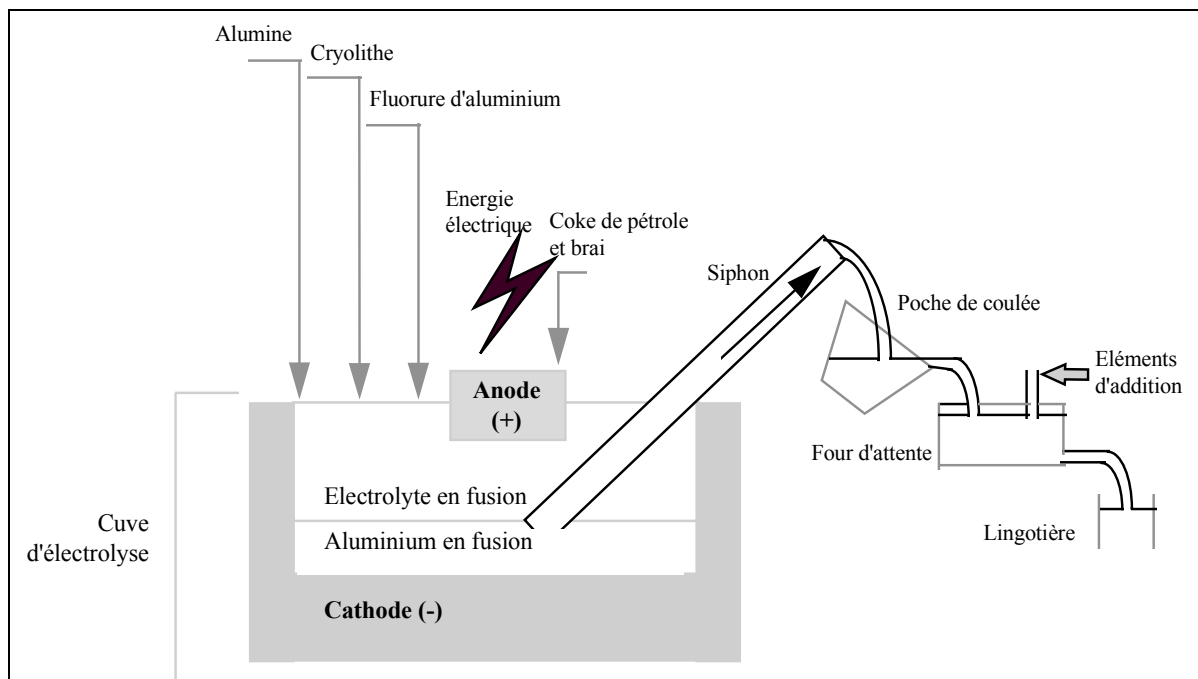


Figure 2. Procédé électrolytique de réduction de l'alumine en aluminium et fonte de l'aluminium (modifié de Savard 1989).

3.1.3 L'UTILISATION DE L'ALUMINIUM⁵

Les caractéristiques de l'aluminium font en sorte qu'il est utilisé dans la fabrication d'une multitude de produits, et ce depuis le début de sa production au siècle dernier. Le Tableau 2 présente quelques unes des utilisations de l'aluminium, montrant bien l'importance de l'aluminium dans nos vies.

⁵ Tiré de AIA s.d.

Tableau 2. Exemples d'utilisation de l'aluminium dans divers secteurs.

Secteurs d'utilisation	Produits
Énergie	<p>Réseaux électriques (lignes): par rapport au cuivre, il est moins coûteux, pèse 1/3 du poids et transporte 2 fois plus d'électricité à poids égal. L'électricité est essentielle à la production d'aluminium, donc développement simultané des technologies reliées à la production d'électricité. Il a remplacé le laiton comme base de vissage des ampoules depuis 1950. Antennes paraboliques et de télévision.</p>
Transports	<p>Aviation (80 % des constituants des avions de poids moyen), train (wagons, LRC de Bombardier, TGV), métro (métro de Montréal), véhicule routier (camions), bateaux (plaisance, structures de paquebots, timonerie). Il y est utilisé surtout parce qu'il est plus léger (1/3) que l'acier, mais aussi parce que plus durable, ne rouille pas, ne réagit pas aux matières courantes (charbon, produits chimiques, etc.).</p>
Domestique	<p>Revêtement : quatre fois plus efficace pour isoler qu'un rang de planches, briques ou pierres non isolées. Construction: fenêtre et portes (excellente barrière thermique, résistance, rigidité, faible coefficient de dilatation et de contraction, réduction de la condensation, stabilité et durabilité), coupe-froid, moustiquaires, gouttières, quincailleries, auvents, frises, Articles de sport : bicyclette, cadre de raquette, skis, piquets de tente, Emballage pour les produits alimentaires courants (canette, conserve, ...), pharmaceutiques, médicaux (stérilisable, non toxique, ne laisse ni goût ni odeur, barrière contre les liquides, les vapeurs et la lumière, conducteur électrique, ...). Articles de cuisine: 60 % des batteries de cuisine (conservation et conduction de la chaleur, léger et fort, pas d'arrière-goût ni d'odeurs).</p>

Source AIA s.d.

3.2 LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

La production de l'aluminium génère divers types de résidus, dont certains sont des contaminants importants. En général, on note une diminution des charges de contaminants pour les différentes sources ; les techniques et les efforts d'assainissement ont beaucoup évoluées ces dernières années. La problématique de chacun des polluants qui font l'objet d'un suivi est discutée dans la présente section.

Les données présentées sont extraites des rapports environnementaux de chaque usine, et ne sont pas exprimées nécessairement dans la même unité, et les données disponibles varient d'un rapport à l'autre. Les données ne sont pas toujours comparables entre elles puisque la technologie varie selon les usines. Il faut aussi se rappeler que la production de l'usine Vaudreuil est différente (Tableau 1).

3.2.1 LES EFFLUENTS

L'eau est utilisée un peu partout dont dans le procédé d'extraction de l'alumine de la bauxite, pour le refroidissement du métal chaud (lingots) par contact direct, comme appoint pour les épurateurs humides, pour le refroidissement indirect des redresseurs de courant et des compresseurs, lors de la fabrication des anodes et des cathodes, pour les climatiseurs et les groupes hydrauliques, et pour les usages domestiques. L'eau utilisée peut alors se charger de diverses matières telles les solides en suspension, les huiles et graisses, les fluorures, la soude caustique, etc. Certaines de ces substances sont discutées dans les sections suivantes. Les eaux de procédés peuvent être traitées avant d'être recirculées à plusieurs reprises ou rejetées et les résidus récupérés et acheminés vers des sites de traitement autorisés. Le Tableau 3 présente les types de traitements utilisés dans les usines.

Les alumineries sont visées par le Plan d'action Saint-Laurent (PASL/SLV2000), et ont donc fait l'objet d'une caractérisation. Le Tableau 4 présente les substances toxiques retrouvées dans les effluents des alumineries régionales, ainsi que l'indice Chimiotox⁶. Rappelons que cet indice ne mesure pas la toxicité réelle de l'effluent, mais nous permet d'évaluer l'évolution de la qualité de l'effluent. En fonction des changements apportés, la réduction estimée de l'indice est de 76 % entre 1991 et 1995 pour l'usine d'Isle-Maligne, et de 63 % entre 1989 et 1995 pour le Complexe Jonquière. En terme de paramètres, on relève la diminution de (SLV 2000 1996, 1998):

- Isle-Maligne: 23 % des rejets d'aluminium, 39 % des MES et 30 % des fluorures ;
- Grande-Baie: MES, DCO, huiles et graisses, fluorures et aluminium sont demeurés faibles de 1988 à 1995 ;
- Complexe Jonquière: 95 % des HAP, 82 % de l'aluminium, 28 % des MES, 15 % des fluorures et 6 % des huiles et graisses ;
- Laterrière: 75 % de DCO, 22 % des solides dissous, 20 % des fluorures, l'aluminium de 14 % et les huiles et graisses de 62 %.

Les trois substances jugées les plus toxiques selon l'indice Chimiotox sont indiquées en italiques dans le tableau. Ces substances sont pour l'usine de Laterrière l'arsenic, le phosphore et les huiles et graisses. Pour l'usine de Grande-Baie ce sont les huiles et graisses, le phosphore et le chrome. Pour l'usine d'Isle-Maligne ce sont l'argent, les huiles et graisses et les cyanures. Pour le Complexe Jonquière (usines Arvida et Vaudreuil) ce sont l'arsenic, l'aluminium et les huiles et graisses. Les huiles et graisses, l'arsenic et le phosphore sont donc les substances ayant le plus d'incidence sur l'indice Chimiotox de ces usines. Les usines Grande-Baie, Isle-Maligne et Laterrière ont un faible indice Chimiotox. Les usines Grande-Baie et Isle -Maligne ont reçu un prix de reconnaissance pour l'assainissement industriel du PASL (Plan d'action St-Laurent). Quant à l'usine de Jonquière, l'indice chimiotox disponible date de 1989 et ne reflète pas l'état actuel. Les éléments problématiques actuellement pour ce complexe sont l'aluminium et le cyanure. L'aluminium est un problème à l'usine Vaudreuil et un projet va contrôler cela d'ici la fin de 1999 (Labrie 1999). Quant aux cyanures, les concentrations sont près de la limite de quantification.

⁶ Voir le chapitre sur la forêt pour l'explication de l'indice Chimiotox.

La Figure 3 montre l'évolution des charges de divers polluants dans les effluents des alumineries régionales. Pour les fluorures, la seule norme jusqu'en 1998 concernait l'usine de Laterrière et elle était de 8 mg/l. Cette norme était dépassée. Après évaluation du Ministère de l'environnement du Québec, la norme de concentration de fluorure a été abolie car elle était fortement influencée par le bassin de drainage des eaux ruissellement de l'usine qui est le plus restreint des alumineries du Québec. Le MEF a remplacé les normes de concentration par des normes technologiques applicables à toute nouvelle aluminerie; soit 20 g/tm Al comme moyenne mobile annuelle (Labrie 1999). L'usine Laterrière rencontre toutes ces normes technologiques, et aucun impact n'a été mesuré sur le milieu récepteur (Ellefsen 1999). Les charges unitaires de fluorure (kg/Tm Al) sont comparables aux autres alumineries modernes du Québec.

L'usine Vaudreuil doit aussi respecter des normes concernant le pH de son effluent industriel qui doit se situer en 6 et 9,5. Cette usine a régulièrement des pertes de sodium aux effluents liquides de l'usine d'hydrate. Les pertes de sodium représentaient 60 % en 1990 du nombre des « incidents environnementaux » (Ayotte *et al.* 1997). Par la suite le nombre d'incidents a augmenté jusqu'à près de 150 en 1993 et 1994, grâce à un meilleur suivi des pertes accidentelles parmi lesquelles on incluait les pertes de faibles quantités.. Les pertes de sodium représentent en moyenne 154 tm/an depuis 1994, soit environ 40 % de l'ensemble des incidents (Ayotte *et al.* 1998). Les incidents environnementaux montrent une tendance à la baisse.

Il n'y a pas d'autres normes spécifiques pour les alumineries. De nouvelles normes technologiques sont applicables maintenant aux nouvelles alumineries (1998). La qualité des effluents est évaluée en fonction des objectifs de chaque usine.

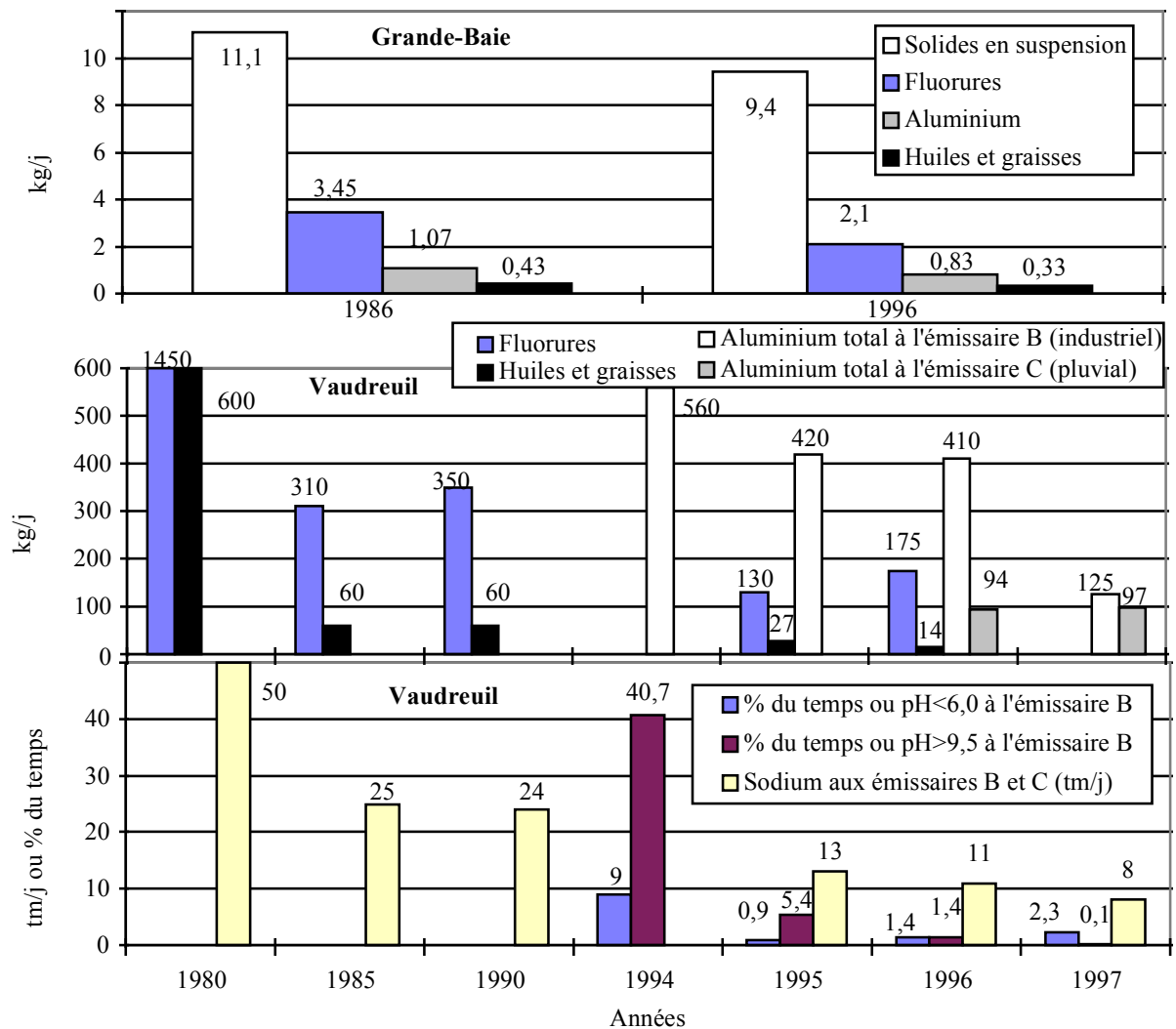


Figure 3. Caractéristiques des effluents de certaines des usines de l'Alcan du Saguenay-Lac-Saint-Jean de 1980 à 1996 (modifiés de Ayotte *et al.* 1997, 1998 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Gagnon *et al.* 1997 et Sécal 1997).

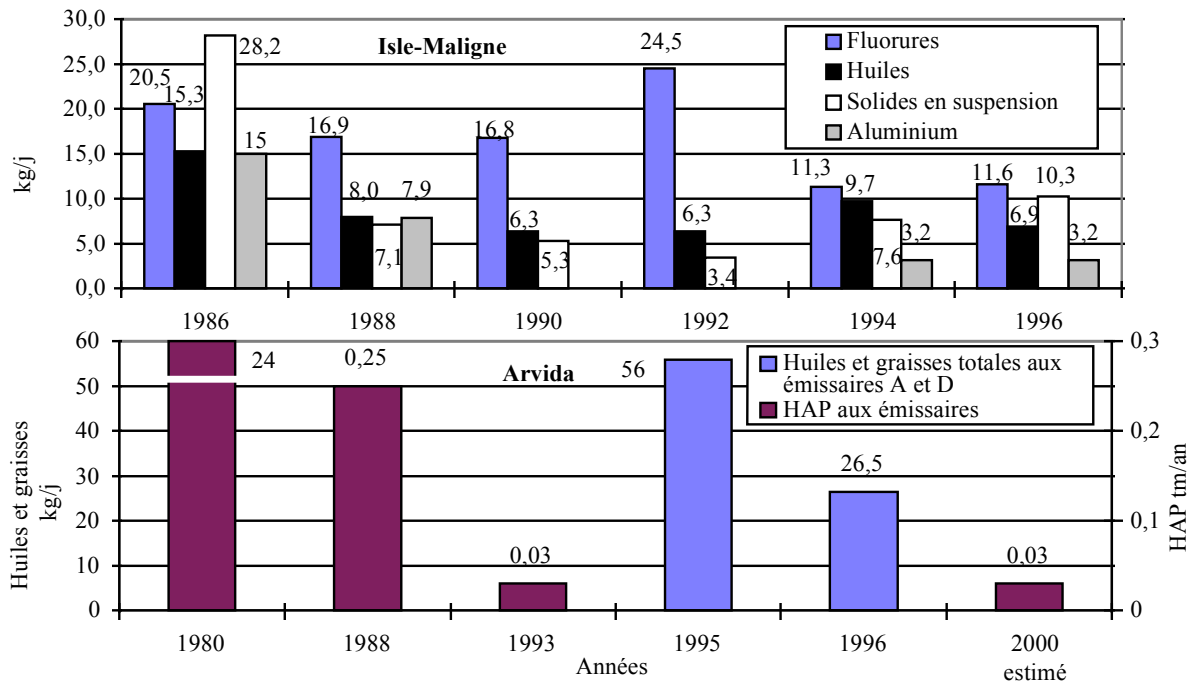


Figure 3 (suite). Caractéristiques des effluents de certaines des usines de l'Alcan du Saguenay-Lac-Saint-Jean (modifiés de Ayotte *et al.* 1997, 1998 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Gagnon *et al.* 1997 et Sécal 1997).

Tableau 3. Paramètres mesurés et types de traitements utilisés pour les effluents des alumineries du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Laterrière	
Source d'eau et volume consommé :	nappe phréatique, 1/3 des prévisions
Cours d'eau récepteur et débit de l'effluent de l'usine et/ou pluvial :	rivière du Moulin, en amont de Laterrière, moyenne de 700 m ³ /d
Paramètres mesurés selon les sources et mesures :	HAP, fluorures, MES, aluminium, DCO, solides dissous, huiles et graisses, mesures de l'effluent, en continu à la sortie du bassin
Traitements :	les eaux de fonderie sont traitées par une unité à air induit et une unité de filtration, les eaux domestiques sont traitées par boues activées, filtration sur sable et UV, un bassin de rétention pour les eaux pluviales, de fonderie et domestiques, les eaux de refroidissement des compresseurs et des climatiseurs (230 m ³ /d) sont recyclées au centre de coulée, les eaux de lavage des véhicules et du garage: les particules et les huiles sont enlevées et dirigées à la station d'épuration de l'usine.
Autres :	le bassin de rétention a été nettoyé en 1995 (sédiments contaminés aux fluorures), modifications aux aires d'entreposage et de refroidissement réduisant les rejets de fluorures (1993), les huiles des eaux de refroidissement directes sont traitées par d'autres entreprises (1994), étude pour l'implantation d'équipement pour réduire le bruit.
Grande-Baie	
Source d'eau et volume consommé :	eau potable (100 m ³ /d), par le réseau municipal de Ville de La Baie
Cours d'eau récepteur et débit de l'effluent de l'usine et/ou pluvial :	deux émissaires s'écoulant dans le lac Nérée, puis dans la Rivière-à-Mars, maximum de 900 m ³ /d (700 m ³ /j ruissellement, 100 m ³ /d du procédé)
Paramètres mesurés selon les sources et mesures :	Fluorures, solides en suspension, aluminium, huiles et graisses, 2 stations de mesures, mesures quotidiennes
Traitements :	les eaux de refroidissement du centre de coulée et des anodes circule en circuit fermé, deux bassins de rétention collectant: les eaux pluviales, les purges des eaux de refroidissement et les eaux huileuses du centre de coulée, les eaux du poste de filtration du centre des anodes et de la station d'épuration (biologique) des eaux domestiques, l'eau issue de la filtration des eaux de refroidissement du centre des anodes est évaporée dans les fours de cuisson, la purge du centre de coulée est traitée par le poste de filtration
Isle-Maligne	
Source et volume consommé :	Grande-Décharge
Cours d'eau récepteur et débit de l'effluent de l'usine et/ou pluvial :	Grande-Décharge 9 500 m ³ /d(1994)
Paramètres mesurés selon les sources et mesures :	fluorures, huiles et graisses, aluminium, MES
Traitements :	la liqueur des épurateurs humides est traitée (élimination des fluorures), recirculée et les boues sont acheminées au Complexe Jonquière, les 3 effluents industriels (A, B, C) sont évacués dans la rivière, et les 2 effluents sanitaires (est et ouest) vers l'usine d'épuration de la municipalité (Alma) depuis 1988, les eaux de refroidissement direct et indirects ne sont pas traitées et sont rejetées dans la rivière.
Autres :	fermeture d'un atelier mécanique (1991), changement du type d'huile à la coulée (1992), fermeture du centre de conditionnement des goujons (1990).
Complexe Jonquière(usines chimiques)	
Source d'eau :	Riv. Chicoutimi , station pompage Alcan
Cours d'eau récepteur et débit de l'effluent de l'usine et/ou pluvial :	l'ensemble des effluents s'écoule dans le Saguenay, l'émissaire (B)= 40 000 m ³ /j, et l'émissaire (C)= 7 000 m ³ /d; l'émissaire

Tableau 3. Paramètres mesurés et types de traitements utilisés pour les effluents des alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

(D) : 13000 m ³ /d et l'émissaire (A) : 4000 m ³ /d	
Paramètres mesurés selon les paramètres physico-chimiques, fluorures, huiles et graisses, sodium, pH, Al sources et mesures :	
Traitements :	système d'injection de gaz carbonique à la sortie de l'émissaire B pour le contrôle du pH (1994) et suivis automatique, système de traitement des effluents DUCON (F,PH) à l'usine de produit chimique (1996), bassins de sédimentation à la sortie de l'émissaire B, réservoirs de temporisation aux usines d'hydrates pour la vidange des acides usées de lavage des réchauffeurs, et optimisation de la vidange de ces acides, réseau d'égouts sanitaires gravitaires dirigés vers l'usine de traitement de Jonquière (Arvida), traitement et recirculation de la liqueur des épurateurs humides et des eaux de lixiviation de la cellule d'entreposage des brasques.
Autres :	Vaudreuil: scellement de caniveaux (1996) et réparation de planchers et du réseau d'égouts internes, élimination de la pile de coke et du poste de lavage des véhicules, amélioration de l'impact visuel. Arvida: ségrégation de l'huile du liquide de coupe des machines outils
Sources : Ayotte <i>et al.</i> 1997 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Carson <i>et al.</i> 1997 ; Comité ZIP-Saguenay 1998 ; Gagnon <i>et al.</i> 1997 ; Jourdain <i>et al.</i> 1995 ; Sécal 1997 ; SLV2000 1996 et 1998.	

Tableau 4. Substances détectées et leur unité Chimiotox sur les 120 paramètres analysés lors de la caractérisation des effluents des alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean par le Plan d'action Saint-Laurent (PASL).

	Laterrière (1996)			Grande-Baie (1992)			Isle-Maligne (1991)			Complexe Jonquière (1989)		
	Charge (kg/j)	U.C. ¹	Rang ²	Charge (kg/j)	U.C.	Rang	Charge (kg/j)	U.C.	Rang	Charge (kg/j)	U.C.	Rang
Acénaphthène				1,403x10 ⁻⁵	<1	16				0,030	10	24
Aluminium	0,610	7	4	0,352	4	6	5,100	59	6	2617,89	30 091	2
Antimoine				n.d. ³						0,270	<1	27
Arsenic	0,001	77	1	n.d.			n.d.			1,280	73 143	1
Argent				n.d.			0,140	1 400	1	0,050	500	10
Azote ammoniacal				0,093	<1	14	2,880	2	10	102,600	82	18
Benzène				n.d.			n.d.			0,006	<1	28
Benzo(a)anthracène				1,333x10 ⁻⁶	<1	15	n.d.			0,025	804	7
Benzo(b)fluoranthène				n.d.			n.d.			0,015	473	12
Benzo(k)fluoranthène				n.d.			n.d.			0,014	434	13
Benzo(a)pyrène				1,833x10 ⁻⁶	<1	12	n.d.			0,005	500	11
Bis-(2-éthylhexyl) phtalate				4,023x10 ⁻⁴	<1	9	0,116	193	5	n.d.		
Butyl benzylphtalate				7,039x10 ⁻⁴	4	7	n.d.			0,084	420	14
Chloroforme				n.d.			0,732	47	7	1,931	123	16
Chrome				0,019	10	3	n.d.			0,200	100	17
Cuivre				0,016	7	5	n.d.			0,080	34	19

Tableau 4. Substances détectées et leur unité Chimiotox sur les 120 paramètres analysés lors de la caractérisation des effluents des alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean par le Plan d'action Saint-Laurent (PASL).

	Laterrière (1996)			Grande-Baie (1992)			Isle-Maligne (1991)			Complexe Jonquière (1989)		
	Charge (kg/j)	U.C. ¹	Rang ²	Charge (kg/j)	U.C.	Rang	Charge (kg/j)	U.C.	Rang	Charge (kg/j)	U.C.	Rang
Cyanures				n.d.			3,220	644	3	1,470	294	15
Dibenzo(a,h)anthracène				n.d.			n.d.			0,016	514	9
Dichloro-2,4 phénol				n.d.			n.d.			0,006	30	21
Di-n-butylphthalate				n.d.			n.d.			0,069	17	23
Fer	0,013	<1	8	0,0561	<1	11	1,120	4	9	n.d.		
Fluoranthène				3,404x10 ⁻⁵	<1	17	n.d.			n.d.		
Huiles et graisses	0,193	19	3	0,127	13	1	13,970	1 397	2	45,390	4 539	3
Indéno(1,2,3-cd)pyrène				n.d.			n.d.			0,053	1 704	5
Manganèse	0,012	<1	9	0,012	<1	13	n.d.			n.d.		
Mercure				n.d.			n.d.			0,023	3 833	4
Molybdène	0,452	<1	10									
Naphtalène				2,99x10 ⁻⁵	<1	18	n.d.			0,884	30	20
Nickel				0,068	1	8	n.d.			n.d.		
Nitrites-nitrates	0,003	<1	7	1,849	9	4	84,580	423	4	n.d.		
Nitro-2 phénol				n.d.			n.d.			0,771	5	26
Phénol				n.d.			n.d.			0,037	7	25
Phosphore	0,718	36	2	0,215	11	2	0,076	4	8	11,240	562	8
Sélénium				n.d.			n.d.			0,130	26	22
Sulfures totaux	0,010	5	6									
Thallium total	0,047	6	5									
Vanadium				n.d.			n.d.			16,000	1 143	6
Zinc	0,042	<1	11	0,03	<1	10	n.d.			n.d.		
Débit (m ³ /j)		566			310			13			65	
								431			253	
Indice Chimiotox (Σ U.C.)			151			59			4 173			119 420

1: U. C. : nombre d'unités Chimiotox = facteur de pondération spécifique à chacune des substances × par sa charge.

2: Rang (par ordre croissant) selon la valeur de l'unité Chimiotox.

3: n.d.: non détecté.

Sources: SLV2000 1996, 1998.

3.2.2 TRAITEMENTS DES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES

La production d'aluminium génère plusieurs types de polluants atmosphériques directement par le procédé ou par les opérations de manutention. Le Tableau 5 décrit les paramètres qui sont contrôlés ainsi que les types de traitements utilisés pour contrer ces émissions. Deux méthodes sont employées pour réduire les émissions de fluorures et des autres polluants spécifiquement lors du procédé d'électrolyse(AIA 1997 ; Alcan Aluminium Ltée 1997a) :

- dans les usines plus anciennes, l'ajout de lithium au bain électrolytique permet de diminuer la génération de fluorures avant que ceux-ci soient épurés dans des épurateurs humides. Le fluorure contenu dans la liqueur des épurateurs est traité à la chaux. La liqueur est retournée au circuit d'épuration et le résiduel est mélangé aux boues rouges (Rollin 1996) ;
- dans les usines modernes, les gaz qui sont captés par un système de ventilation sont épurés dans des centres de traitement où les fluorures se fixent à de l'alumine (Figure 4). Cette alumine enrichie de fluorure est récupérée et renvoyée dans les cuves d'électrolyse. Les centres de traitement des gaz d'électrolyse par épurateurs à sec à injection d'alumine sont efficaces à plus de 99 %. Ces épurateurs à sec peuvent être utilisés à l'atelier de cuisson des anodes.
- la génération de polluants peut être minimisée par une bonne conception des cuves, par l'utilisation d'anodes précuites et par le contrôle du fonctionnement des cuves par ordinateurs;
- les émissions aux événements de toiture peuvent être réduites à l'aide d'une bonne étanchéité des capots recouvrant les cuves et de l'automatisation des cuves.
- Dans le cas des fours à cuire (cuisson des anodes), les émissions sont traitées par des précipitateurs électrostatiques, puis par des épurateurs à sec ou épurateurs à lit de coke. Les épurateurs à sec fonctionnent selon le principe suivant: les fumées sont refroidies, puis envoyées dans un réacteur où de l'alumine fraîche est injectée. Ce mélange passe ensuite dans des filtres à manches. L'alumine fluorée qui a été filtrée est envoyée dans l'électrolyse, et l'air filtré est rejeté par des cheminées.

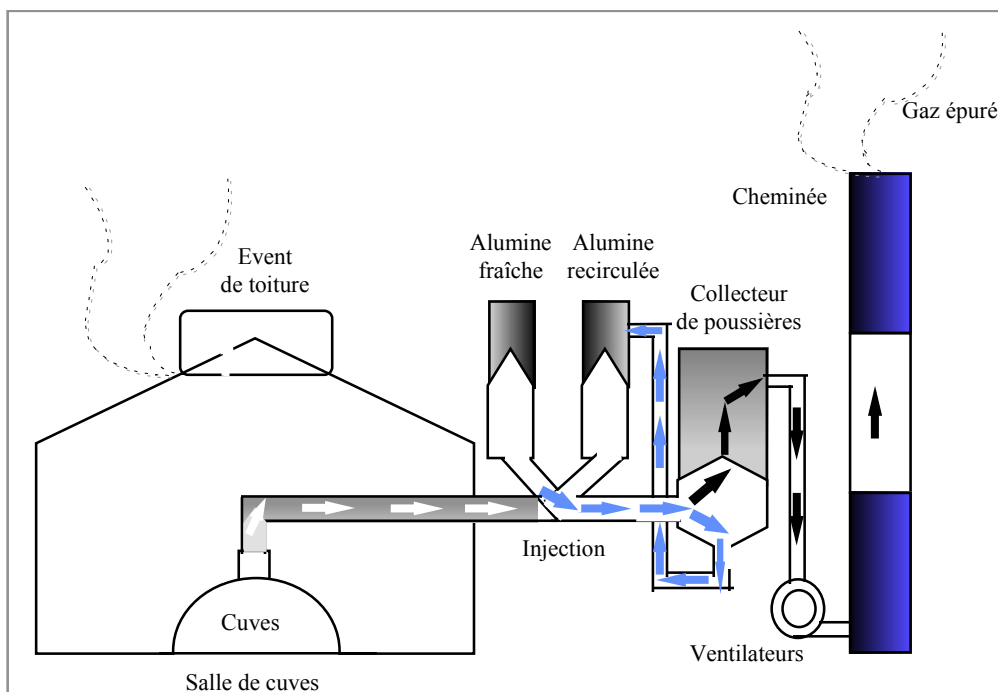


Figure 4. Schéma des épurateurs à sec utilisés dans le traitement des gaz issus du procédé d'électrolyse (source Gagnon *et al.* 1997).

Tableau 5. Caractéristiques des mesures et types de traitements utilisés pour contrer les émissions atmosphériques des alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

Laterrière		
Sources fixes:	aux événements en continu et aux cheminées des épurateurs	Paramètres mesurés: HAP, fluorures et poussières, SO ₂
Stations en milieu urbain:	3 dont une témoin	Paramètres mesurés: particules en suspension, fluorure gazeux ¹ , et anhydride sulfureux
Stations fluorures dans le fourrage:	6	Fréquence des mesures: 2/mois de juin à octobre.
Traitement des fluorures, poussières ou gaz émis par les cuves:	épurateurs à sec	
Traitements autres:	les aires d'entreposage et de refroidissement du bain modifiées, récupération des particules fluorées émises dans l'air (1993). utilisation d'une pâte réduite en HAP/brai:	
Grande-Baie		
Sources fixes:	aux événements en continu et aux cheminées	Paramètres mesurés: Fluorure, poussières, HAP, SO ₂
Stations en milieu urbain:	4	Paramètres mesurés: retombées de poussières, fluorures gazeux, particules en suspension, SO ₂
Stations fluorures dans le fourrage:	14	Fréquence des mesures: 2/mois de juin à octobre.
Traitement des fluorures, poussières ou gaz émis par les cuves:	3 épurateurs à sec	
Traitements autres:	fabrication des anodes: 3 épurateurs à sec pour récupérer les poussières, fluorures et vapeurs de goudron, 80 dépoussiéreurs aux points de chutes de la matière première. utilisation d'une pâte réduite en HAP/brai:	
Isle-Maligne		
Sources fixes:	mesures aux événements de toitures en continu et mesure ponctuelle d'un épurateur	Paramètres mesurés: poussières, goudrons, HAP, fluorures, SO ₂
Stations en milieu urbain:	2	Paramètres mesurés: particules, B(a)P, fluorures gazeux
Stations fluorures dans le fourrage:	6	Fréquence des mesures: 2/mois de juin à octobre
Traitement des fluorures, poussières ou gaz émis par les cuves:	épurateurs humides à lit de balles flottante, haute ventilation sur les cuves	
Traitements autres:	utilisation d'une pâte réduite en HAP/brai: Brai HPR	
Complexe Jonquière		
Sources fixes:	mesures aux événements de toitures en continu et mesure ponctuelle d'un épurateur	Paramètres mesurés: fluorures, SO ₂ , poussières, HAP, B(a)P, SO ₂
Stations en milieu urbain:	4	Paramètres mesurés: Retombées de poussières, SO ₂ , fluorures gazeux., particules en suspension, B(a)P
Stations fluorures dans le fourrage:	Fréquence des mesures: 2/mois de juin à octobre.	
Traitement des fluorures, poussières ou gaz émis par les cuves:	Usine Arvida: épurateurs humides et secs,	
Traitements autres:	Usine Vaudreuil: Remplacement du fréon par du 134A dans l'extraction du carbonate	
Autres mesures:	Usine Arvida: implantation d'une nouvelle génération de caissons, restauration de salles de cuves, démolition de salles de cuves Usine Vaudreuil: remplacement du mazout par la biénergie mazout/gaz naturel de deux bouilloires, démolition de stations d'entreposage du mazout utilisation d'une pâte réduite en HAP/brai:	

1: Technologie plus ou moins fiable pour mesurer le fluorure gazeux.

Sources: Ayotte *et al.* 1997 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Carson *et al.* 1997 ; Comité ZIP-Saguenay 1998 ; Gagnon *et al.* 1997 ; Sécal 1997 et SLV2000 1996.

3.2.3 LES FLUORURES⁷

Comme la température à l'intérieur d'une cuve d'électrolyse est élevée, une partie des fluorures sont émis lors de l'électrolyse sous forme de gaz, par évaporation des composés fluorés. Du fluorure d'hydrogène gazeux (HF) est donc émis lorsque les portes ou les capots des cuves d'électrolyse sont ouverts, soit par exemple lors du changement des anodes dans les cuves (Québec 1997). Ce gaz s'échappe alors par les événements du toit. Des poussières fluorées sont émises lorsque les sacs contenant l'alumine ayant été utilisée dans les épurateurs à sec percent.

Les normes concernant l'émission atmosphérique de fluorures:

- fluorures dans le fourrage: moyenne pondérée de 40 ppm annuellement, < 60 ppm deux mois consécutifs et < 80 ppm un mois seulement annuellement ;
- émissions de fluorures lors du procédé d'électrolyse: 1,45 kg/tm Al annuellement, et norme projetée de 0,95 kg/tm Al annuellement et 1,25 kg/tm Al en tout temps (Québec 1997) ;
- émissions de fluorures lors de la cuisson des anodes: 0,1 kg/tm anodes cuites (Québec 1997).

Il y a plusieurs formes de fluorures rencontrées dans l'industrie de l'aluminium: spathfluor (fluorure de calcium) comme matière première, fluorure d'hydrogène ou gazeux fabriqué à partir de ce dernier pour fabriquer la cryolithe et du fluorure d'aluminium, fluorure de sodium comme « fondant », et hexafluorure de soufre (SF₆) comme gaz inerte protecteur au-dessus de l'aluminium en fusion (Canada 1993). L'aluminium est l'industrie où les émissions atmosphériques de fluorures sont les plus importantes au Canada avec 75% des émissions (Tableau 6). Ces émissions concernent principalement la province, puisque à l'exception d'une seule, les usines d'électrolyse sont toutes situées au Québec.

Les sources naturelles de fluorures sont la météorisation des minéraux sous forme d'émissions volcaniques et sous forme d'aérosols marins (Canada 1993). Le fluorure est présent naturellement dans le sol, les aliments, les animaux et l'eau. On l'ajoute aussi à l'eau potable (eau fluorée) pour prévenir la carie dentaire.

Ces dernières années, la concentration de fluorures dans les effluents des alumineries a diminué (Figure 3). Pour les usines de Grande-Baie et d'Isle-Maligne, la concentration est inférieure à 4 kg/d, celle de Laterrière serait du même ordre (SLV2000 1996), alors que pour l'usine de Vaudreuil (Complexe Jonquière), les concentrations se chiffrent à plus de 100 kg/d.

Les fluorures sont mesurés dans les fourrages dans les zones d'influences des usines et elles respectent la norme d'un maximum de 40 ppm annuellement. Pour la norme concernant les émissions de fluorures dans l'air, les usines de Grande-Baie et de Laterrière respectent la norme de 1,45 kg/tm Al annuelle, avec une moyenne annuelle d'émission de 0,4 kg/tm Al (Figure 6). Il y a des dépassements à la norme mensuelle pour l'usine d'Arvida.

⁷ Tiré de Québec 1997.

Tableau 6. Estimation des émissions anthropiques de fluorure inorganique au Canada ¹.

Secteurs	Nombre ²	Émissions annuelles (tonnes)			Total (tonnes / %)
		Air	Eau	Terre	
Raffineries de pétrole	3/3	24	100,1	783,7	907,8 / ≈4%
Fabricants d'engrais phosphatés	5/6	107,6	10 959	74,4	11 141,4 / ≈48%
Producteurs d'acier	6/12	238,9	253,5	429,6	922 / ≈4%
Producteurs primaires d'aluminium	5/5	4 063,4	306,7	non signalé	4 370,1 / ≈19%
Produits à base d'argile	3/9	24,9	non signalé	non signalé	24,8 / 0,1%
Fabricants de produits chimiques	5/7	305,5	1 362,4	3 077,2	4 744,9 / ≈20%
Services publics consommant du charbon	3/4	543,1	555,3	non signalé	1 098,4 / ≈5%
Producteurs primaires de cuivre et de nickel	2/3	26,4	3,6	185,9	215,9 / 0,9%
Producteurs de magnésium ³	1/1	100	non signalé	non signalé	100 / 0,4%
Autres ⁴	1/2	-	0,69	2,4	3,1 / 0,01%
Total (tonnes et %)		5 433,6 ≈23%	13 541,4 ≈58%	4 553,5 ≈19%	23 528,5

1: Certaines valeurs pourraient être sous-estimées.

2: Nombre d'établissements ayant produit des rapports sur le nombre d'établissements surveillés.

3: Émis sous forme d'hexafluorure de soufre.

4: Comprend les secteurs de la fabrication des véhicules automobiles et de la fabrication des colles et des adhésifs.

Source Environnement Canada 1993 dans Canada 1993.

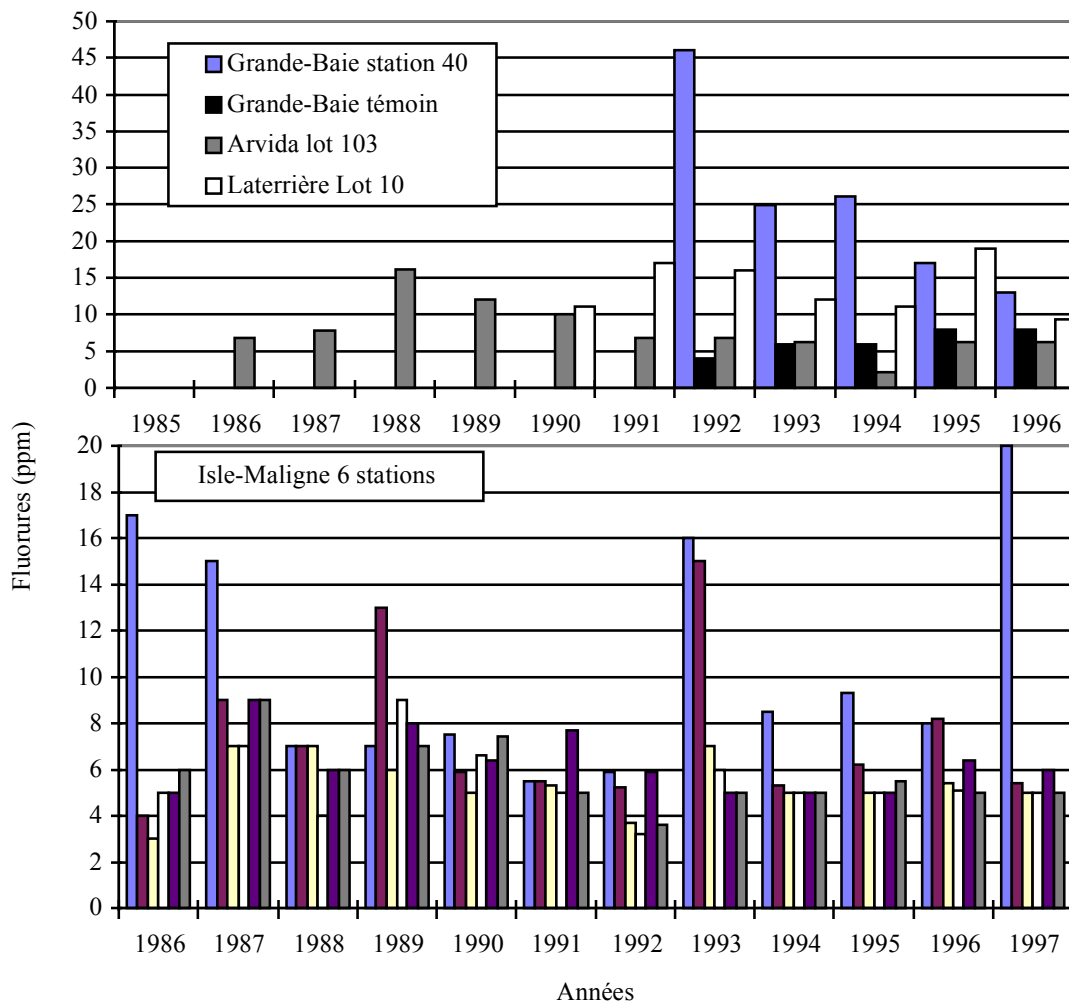


Figure 5. Concentrations de fluorures dans le fourrage dans la zone d'influence des usines de l'Alcan au Saguenay-Lac-Saint-Jean (modifiés de Carson et Gagnon 1995 dans Comité ZIP-Saguenay 1998 ; Carson *et al.* 1997 ; Ellefsen 1999 ; Gagnon *et al.* 1997 et Sécal 1997).

3.2.4 LES HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES⁸

La famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) comprend des centaines de substances produites lors de la combustion incomplète de matières organiques. Ils sont rejetés dans l'environnement à partir de plusieurs sources naturelles et anthropiques, dont celles présentées au Tableau 7. La principale source d'émission de HAP au Canada est reliée aux feux de forêts. Les émissions originant des activités humaines émanent principalement des alumineries (particulièrement des usines utilisant le procédé Söderberg à goujons horizontaux), du chauffage résidentiel et de la circulation automobile. Le procédé Söderberg à goujons horizontaux génère entre 1 et 2,05 kg de HAP par tonne d'aluminium produite (kg/tm Al), selon le type de pâte utilisée, alors que le nouveau procédé à anodes précuites ne génère que 0,0013 kg

⁸ Tiré de Canada 1997a.

de HAP pour la même quantité d'aluminium produit. Le Tableau 8 montre d'ailleurs l'évolution des émissions de HAP par l'ensemble des alumineries québécoises.

Les sources de HAP dans les alumineries sont (Lalonde *et al.* 1993): les salles de cuves (qui émettent aussi d'autres polluants discutés dans les sections suivantes), les événements, l'atelier de cuisson des cathodes, l'atelier de préparation de pâte d'anode et lors de la cuisson des anodes. Des HAP sont aussi contenus dans les eaux rejetées par les alumineries, provenant des épurateurs par voie humide des gaz de procédé lorsque les liqueurs ne sont pas récupérées, des eaux de refroidissement par contact direct ou indirect dans le cas de la production de coke, et des eaux usées provenant de l'entretien général (Lalonde *et al.* 1993).

Les HAP sont faiblement volatils, bien qu'ils puissent être transportés sur plus de 80 km (Larouche 1999) lorsqu'ils s'associent avec des particules. Ils sont peu solubles dans l'eau ; on les retrouve souvent associés à des particules en suspension ou de la matière organique dissoute. Puisque la dégradation est très lente dans les sédiments, ces derniers représentent les principaux points de fuite des HAP.

Les HAP émis par les alumineries régionales se retrouvent directement dans le Saguenay sous forme de rejets liquides ou indirectement par les émissions atmosphériques. Les sédiments du fjord demeurent un réservoir de HAP de source industrielle avec des teneurs plus élevées (~ 3,5 µg/g en 1983) que celles mesurées dans les sédiments de l'estuaire du golfe du Saint-Laurent, où les concentrations en HAP sont généralement faibles (0,5-1 µg/g). Les HAP sont en plus grande concentration dans les sédiments du Saguenay entre Chicoutimi et Jonquière (Tableau 9).

Au cours des dernières décennies, l'écosystème du fjord du Saguenay a donc été fortement contaminé par les HAP, dont le benzo(a)pyrène, (B(a)P), l'un des HAP suspectés d'être cancérigène, qui représente 3 % des HAP émis par les alumineries. En raison de sa toxicité et de celle de ses métabolites, le B(a)P est le HAP le plus préoccupant d'un point de vue environnemental. En particulier depuis les années 1990, on dénote une diminution en moyenne de 3 % par année de la contamination par les HAP découlant des changements dans les procédés industriels. D'ailleurs, suite à l'apport considérable de nouveaux sédiments (jusqu'à 30 cm pour la baie des Ha! Ha!), lors des inondations majeures de juillet 1996, les niveaux de HAP ont chuté dans les sédiments de surface des zones affectées. La concentration des HAP pourrait éventuellement diminuer jusqu'aux concentrations de l'ère préindustrielle.

Les concentrations les plus élevées de HAP dans l'air ont été mesurées à Jonquière (0,457 µg de HAP/m³) où on utilise toujours le procédé Söderberg. Au Québec, c'est près de ce type d'usine que les concentrations les plus élevées sont rencontrées, dépassant les critères de qualité pour l'air ambiant (Québec 1997). Il n'y a pas de normes actuellement sur les émissions de HAP. Une concentration moyenne annuelle dans l'air ambiant de 0,9 ng/m³ pour le B(a)P a été proposée comme norme aux États-Unis. Les concentrations de B(a)P dans l'air ambiant dépassent cette norme provisoire bien que les émissions générales de HAP aient grandement diminué (Figure 7 et Figure 8).

Les Figure 3, Figure 6 et Figure 8 montrent l'évolution des émissions de HAP et de B(a)P de certaines usines, ainsi que la réduction générale des émissions dans l'eau ou l'air des alumineries à la suite des modifications de procédé (amélioration des performances environnementales des cuves Söderberg et utilisation des autres technologies). Les variations des dernières années sont attribuables aux variations dans la production, et les valeurs de la plupart des usines varient autour de 1 kg/tm Al. L'usine la plus performante dans la région à l'heure actuelle est celle de Laterrière, avec des émissions de HAP de l'ordre de 1,5 g/tm Al.

Tableau 7. Principales sources de HAP au Québec et au Canada en 1990.

Sources	HAP rejetés (tonne)	
	Québec ¹	Canada ²
Feux de forêt	148	2 007,460
Utilisation du bois créosoté		1 972,000*
Fonderies d'aluminium	858	925,195
Chauffage résidentiel	162	503,080
Feux à ciel ouvert		357,275
Brûleurs coniques		248,902
Transport (diesel et essence)	33	191,198
Déversements d'hydrocarbures		76,324
Sidérurgie et fonderie de fer		19,525
Combustion industrielle		15,937
Production de coke métallurgique		12,821
Centrales thermiques		11,288
Chauffage commercial/industriel		2,715
Production d'asphalte		2,456
Incinération municipale		1,274
Incinération industrielle		1,056
Transport ferroviaire		1,017
Autres (électrodes de graphites et noir de carbone)		0,180
Cigarettes		0,177
Transport aérien		0,174
Raffineries		0,054
Incinération des boues		0,022
Incinération à ciel ouvert		0,020
Transport maritime		0,002
HAP présent dans l'atmosphère	?	?
		Total: 4 386,142

*: Évaluation sur la base d'hypothèse de travail (20 % de HAP libérés au cours d'une vie utile de 40 à 50 ans) et n'a pas été comptabilisé dans le total des HAP rejetés à l'environnement.

Sources: 1: Germain et coll. 1994 dans Canada 1997a et 2: Lalonde *et al.* 1993.

Tableau 8. Évolution de la production d'aluminium et des émissions atmosphériques au Québec en 1972 et 1995.

	Total (tm/an)		Évolution	
	1972	1995	Tonnes	%
Production	785 200	1 924 175	+1 138 975	+145
Particules	23 550	7 750	-15 800	-67
Fluorures	7 472	2 322	-5 150	-69
HAP	3 150	430	-2 720	-86

Source: MEF dans AIA 1997.

Tableau 9. Teneurs moyennes en HAP totaux, en HAP cancérigènes et en benzo(a)pyrène dans les sédiments de la rivière Saguenay à différents sites en 1988.

Site	Teneur moyenne en HAP totaux ¹ (mg/kg)	Teneur moyenne en HAP cancérigènes ² (mg/kg)	Pourcentage des HAP cancérigènes (%)	Teneur moyenne en benzo(a)pyrène (mg/kg)
Amont de l'Isle-Maligne	2,5	1,4	56	0,03
Aval de l'Isle-Maligne	2,0	1,1	55	0,04
Amont de Jonquière	2,4	1,5	63	0,10
Aval de Jonquière	16,7	8,7	52	1,46
Amont de Chicoutimi	24,2	13,2	55	1,67
Aval de Chicoutimi	1,2	0,6	50	0,07

1: Les conditions hydrodynamiques des cours d'eau étant très différentes d'un endroit à l'autre, il est important de noter que ces moyennes caractérisent la contamination du milieu, mais ne reflètent pas nécessairement l'importance des rejets.

2: Benzo (a) anthracène Benzo (j) fluoranthène Benzo (b) fluoranthène
 Benzo (k) fluoranthène 7-12-diméthylbenzo (a) anthracène Benzo (a) pyrène
 Dibenzo (a,h) anthracène 3 - méthylcholanthrène Indéno (1,2,3,-cd) pyrène
 Dibenzo (a,i) pyrène Dibenzo (a,h) pyrène Dibenzo (a,l) pyrène

Modifié de Laliberté 1991.

3.2.5 LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES DE DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂) ET D'OXYDE D'AZOTE (NO_x)

Du dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux (SO₂) est un gaz produit principalement lors de la combustion des anodes. Le soufre provient du coke de pétrole, constituant des anodes, qui en contient environ 3 % (Québec 1997). Le SO₂ est aussi émis lors de la préparation de l'alumine, de la fabrication des anodes et de la coulée des lingots (Savard 1989). La diminution de la teneur en soufre du coke et des huiles a permis de diminuer ces émissions. Le NO_x est produit lors de l'utilisation du gaz naturel et les émissions sont fonction de cette utilisation.

Les normes concernant la qualité de l'air ambiant pour le SO₂ sont de:

- 500 ppb (ou 1 310 µg/m³) pour une heure ;
- 110 ppb pour 24 heures ;
- 20 ppb pour un an.

Au Québec, les émissions de SO₂ provenant des usines d'aluminium représentent 10 % des émissions totales (AIA 1997). Selon la Figure 6 et Québec (1997), les normes d'air ambiant sont respectées par les usines d'Alma et Laterrière. Larouche et Larrivée (1998) mentionnent le respect de la norme de 24 heures à une station de mesure située à Arvida pour 99,9 % du temps en 1990. Les données pour les autres usines ne sont pas incluses dans les rapports environnementaux disponibles ou bien le sont dans des unités non comparables. Selon l'AIA (1997), les mesures effectuées autour des usines indiquent un respect complet des normes.

3.2.6 LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES DE POUSSIÈRES ET DE PARTICULES EN SUSPENSION

Des poussières sont émises à différentes étapes, dont celles de la fabrication et de la cuisson d'anodes, de l'électrolyse et de la manutention des matières premières en vrac, dans les ateliers de broyage, de réfection des creusets et de brasquage, lors du refroidissement des écumes, à la fonderie et lors de la combustion du gaz naturel. Pour contrer ces émissions, on peut par exemple recouvrir les convoyeurs, installer des dépoussiéreurs, ou maintenir en pression négative les ateliers de broyage, de réfection des creusets et de brasquage (Alcan Aluminium Ltée 1997a, 1998b).

Les normes d'air ambiant sont :

- retombées de poussières en milieu urbain: 7,5 tm/km²/30jours ;
- émissions de particules totales en suspension selon le *Règlement sur la qualité de l'atmosphère*: maximum de 150 µg/m³ par jour et 70 µg/m³ annuelle ;
- il n'y a pas de critère pour les particules respirables dans l'air ambiant, mais des concentrations maximales de 25µg/m³ et 15 µg/m³ par jour pour les particules PM-10 et PM-2,5, soit les particules de diamètre inférieur à 10 et 2,5 microns a été proposées à l'échelle canadienne (Québec 1997). Au États-Unis, le règlement de l'Environmental Protection Agency (EPA) fixe les normes à 150 et 65 ug/m³ sur 24 heures.

La Figure 6 montre l'évolution des émissions totales annuelles et les retombées de poussière et/ou de particules en suspension selon les données (moyenne des différentes stations d'échantillonnage) des rapports environnementaux des usines. Il y aurait eu des dépassements occasionnels annuels et journaliers pour les particules en suspension au niveau des stations d'échantillonnage du MEF ces dix dernières années à La Baie, aucun à Jonquière entre 89 et 94 (Larouche et Larrivée 1998), et aucun dans la région d'Alma (Québec 1997). Les dépassements à La Baie ont lieu lorsqu'il y a de grands vents provenant du Saguenay. Les particules et les poussières sont donc bien contrôlées.

3.2.7 LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

3.2.7.1 Le gaz carbonique (CO₂)

Le dioxyde de carbone, ou gaz carbonique (CO₂), provient de la combustion des anodes; puisque les anodes des cuves d'électrolyse sont faites de coke de pétrole et de brai (combustibles fossiles), leur combustion génère des émissions de CO₂ (AIA 1997).

Il n'y a pas de règlement concernant les émissions de CO₂. Cette substance fait cependant l'objet d'un programme de réduction dans le cadre des conventions sur les changements climatiques. Le remplacement des cuves Söderberg à goujons horizontaux réduirait de 20 % les émissions de CO₂ par la diminution de la consommation d'anode. L'utilisation du gaz naturel comme combustible au lieu du mazout a permis également de réduire de plus de 30 % les émissions de CO₂ (Alcan Aluminium Ltée 1998b).

3.2.7.2 Les perfluorocarbones (PFC)⁹

Les PFC, et plus spécifiquement le CF₄ (tétrafluorométhane) et le C₂F₆, (hexafluoroéthane) sont des gaz très stables et non toxiques qui ont une très longue durée de vie (AIA 1997). Ils ne provoquent aucune réaction chimique lorsqu'ils sont en contact avec la majorité des solides, des liquides ou des gaz présents dans l'environnement. Ils contribuent à l'effet de serre et au réchauffement potentiel de la planète mais n'affectent pas la couche d'ozone. Le potentiel de réchauffement du CF₄ est 6500 fois plus élevé que celui du CO₂ et celui du C₂F₆, l'est 9200 fois (IPCC 1996).

Les émissions de CF₄ et de C₂F₆ provenant de l'industrie de l'aluminium sont reliées à un phénomène spécifique et intermittent du procédé d'électrolyse appelé "effet d'anode". Ce phénomène se produit lorsqu'il y a survoltage dans les cuves d'électrolyse à la suite d'un manque d'alumine (Québec 1997). Dans le cas de l'usine d'Isle-Maligne, la fréquence des effets d'anodes a augmenté de 0,5 à 0,75 de 1986 à 1990, pour ensuite décroître et se maintenir sous 0,65 (Bélanger et Courtemanche 1997). L'effet d'anode est maintenant mieux contrôlée (diminution du nombre, de leur fréquence et de leur durée); d'importants programmes de mesure et de recherche ont permis de réduire l'émission de ces gaz de près de 25% depuis 1990, avec comme objectif une réduction de plus de 40% avant l'an 2015 (Ellefsen 1999).

⁹ Tiré de AIA 1997 et Québec 1997.

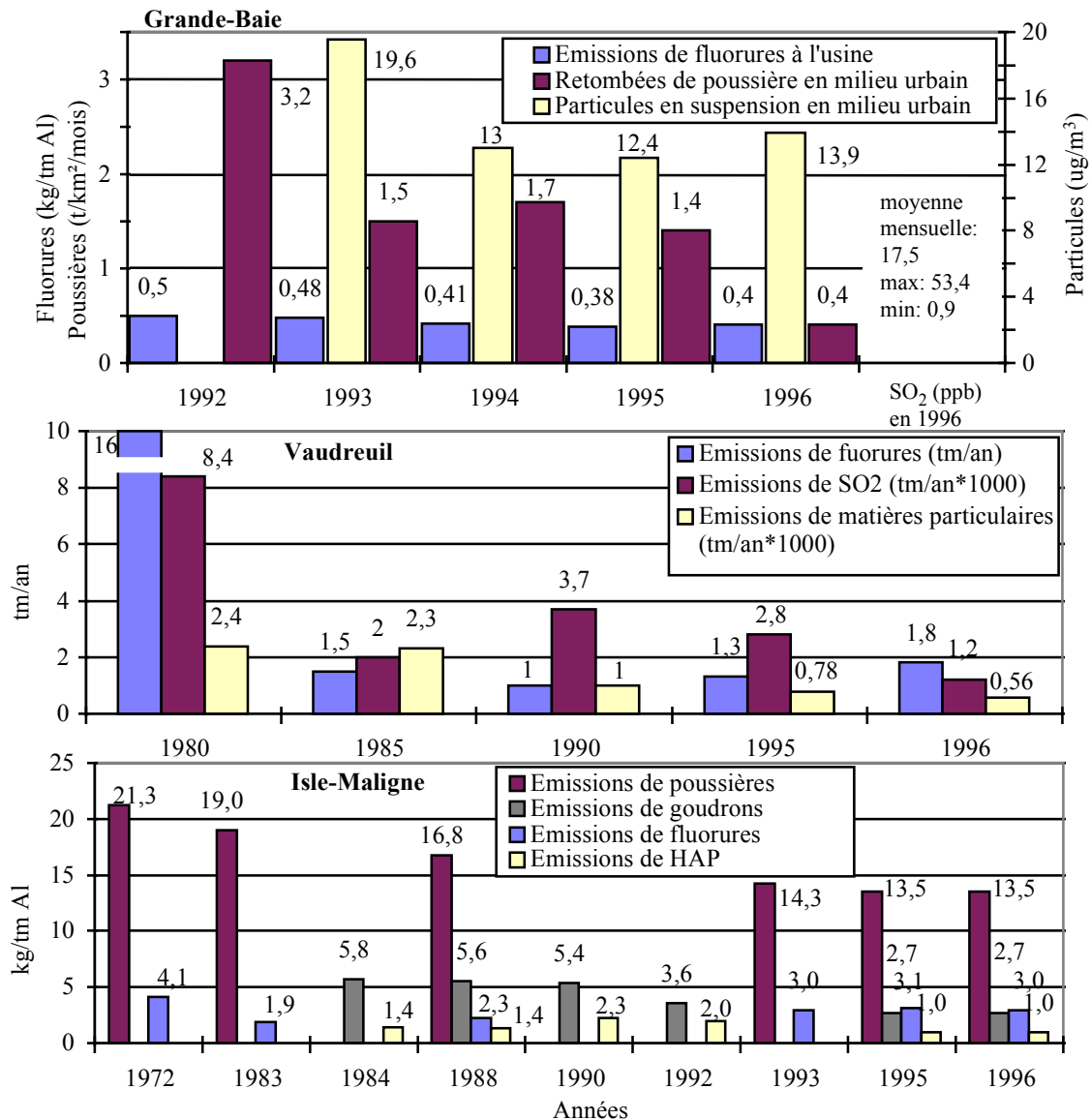


Figure 6. Caractéristiques des émissions atmosphériques annuelles des usines de l'Alcan du Saguenay-Lac-Saint-Jean (modifiés de Ayotte *et al.* 1997 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Carson et Gagnon 1995 dans Comité ZIP-Saguenay 1998 ; Carson *et al.* 1997 ; Gagnon *et al.* 1997 et Sécal 1997).

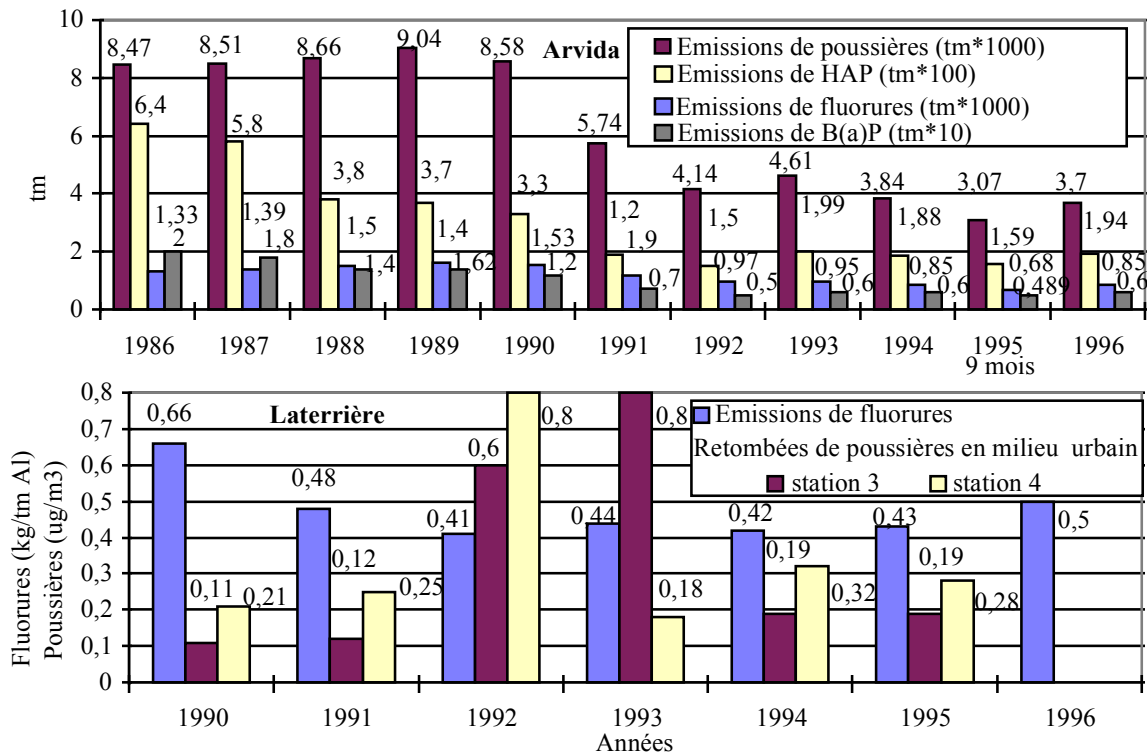


Figure 6 (suite). Caractéristiques des émissions atmosphériques annuelles des usines de l'Alcan du Saguenay-Lac-Saint-Jean (modifiés de Ayotte *et al.* 1997 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Carson et Gagnon 1996 , Carson *et al.* 1997 ; Gagnon *et al.* 1997 et Sécal 1997).

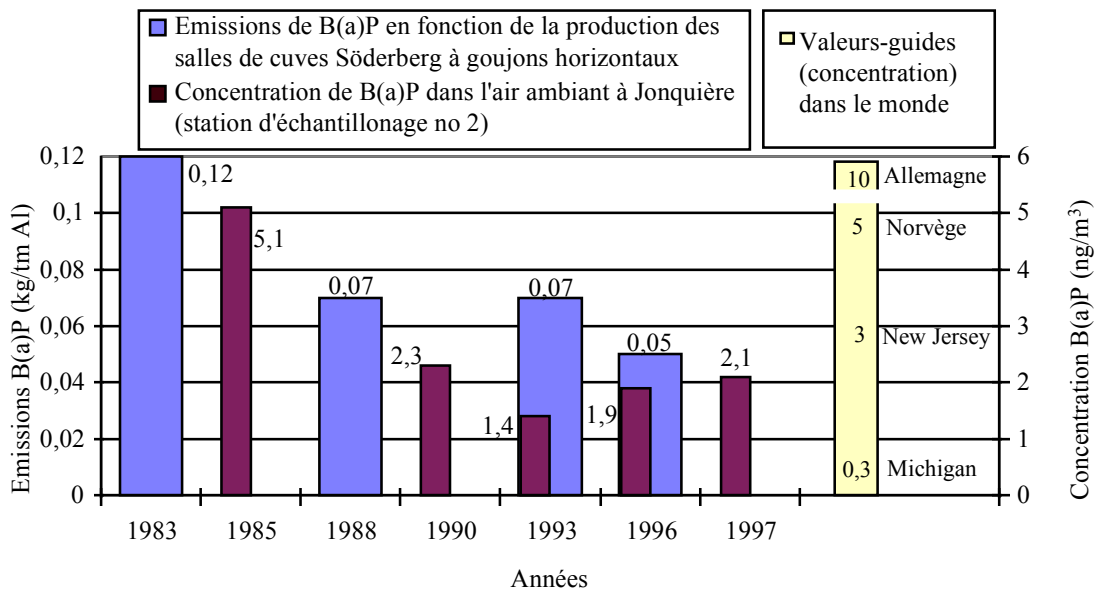
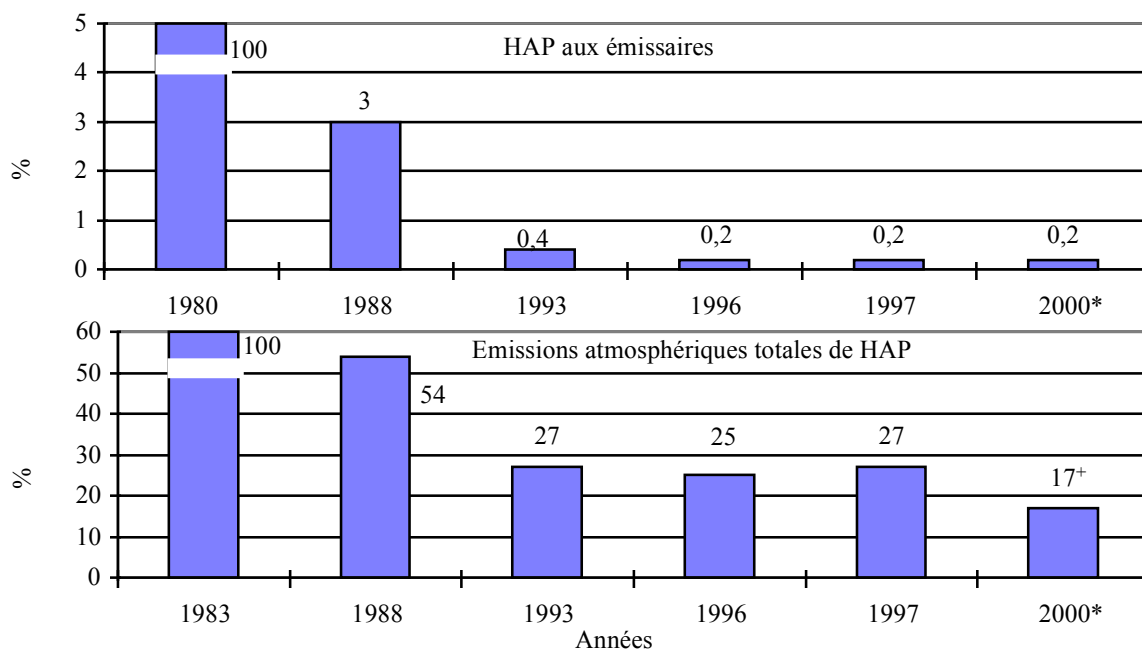


Figure 7. Émissions atmosphériques (moyenne géométrique) de B(a)P des usines de l'Alcan selon la production, concentration à la station d'échantillonnage urbain no 2 de Jonquière et valeurs-guides (moyenne arithmétique) dans le monde (modifié de Capano 1997, 1998).



*: Estimations

+: ne tient pas compte de la réduction supplémentaire des HAP qui proviendra de la fermeture des usines Söderberg à goujons horizontaux

Figure 8. Réductions des émissions atmosphériques et aux émissaires de HAP de l'ensemble des usines de l'ALCAN, 1983 à 1997 (modifié de Capano 1997, 1998).

3.2.8 LES DÉCHETS SOLIDES¹⁰

3.2.8.1 Les types de déchets solides

Les boues rouges

Il y a environ 675 000 tm/an de boues rouges, classées résidus non dangereux, produites lors de la production d'hydrate d'aluminium (Figure 1). Jusqu'au milieu des années 80, les boues rouges, qui contiennent surtout des oxydes de fer, de silicium et de titane, étaient entreposées dans de grands bassins de rétention qui, lorsque pleins, étaient asséchés et recouverts de sol végétal. Aujourd'hui, par un procédé mis au point et utilisé par Alcan, les boues rouges sont épaissies, ce qui accélère leur assèchement. L'empilage de cette boue épaissie requiert moins d'espace, diminue les risques d'infiltration dans le sol et les pertes de soda, et prolonge la durée de vie du site d'enfouissement.

Les anodes et les brasques

Les anodes et les cathodes que l'on retrouve dans les cuves d'électrolyse ont des vies utiles différentes. Les anodes se consomment et doivent donc être remplacées régulièrement par des

¹⁰ Tiré de AIA s.d..

anodes neuves. Les anodes usées - les mégots d'anodes - sont nettoyés, broyés et réutilisés entièrement dans la fabrication de nouvelles anodes. La fonte qui retient les anodes aux tiges est récupérée, refondue et réutilisée.

Quant aux blocs de carbone qui forment les cathodes dans les cuves d'électrolyse, ils doivent être remplacés après plusieurs années : ce sont les brasques. Les brasques usées, ou vieilles brasques, comprennent les blocs de carbone et les briques réfractaires qui composent le revêtement des cuves. Elles sont considérées comme déchet dangereux parce qu'elles contiennent des fluorures et des cyanures lixiviables¹¹. Ces brasques représentent 98 % des déchets dangereux dans la région.

Jusqu'au début des années 80, Alcan utilisait les vieilles brasques générées par ses usines du Québec comme matière première dans la fabrication de cryolithe. Dans son usine de Kitimat, en Colombie-Britannique, elles sont en partie réutilisées dans la fabrication de nouveaux brasquages.

Les brasques, 20 000 tm/an, sont maintenant entreposées au Complexe Jonquière. Depuis 1990 de nouveaux entrepôts ont été construits à cette fin, et il y a maintenant 400 000 tm d'entreposées. Il existe cependant une entreprise, Reynolds Metals Company, qui exploite commercialement un centre de traitement thermique des vieilles brasques aux États-Unis ; plusieurs alumineries du Québec y expédient leurs brasques pour traitement dans l'attente de la mise au point d'un traitement approprié. Mais les quatre producteurs québécois d'aluminium travaillent à un projet d'usine pour recycler les brasques. Alcan a récemment développé le procédé de traitement LCLL qui pourrait permettre le recyclage complet des différentes composantes des vieilles brasques. Ce procédé comporte les étapes suivantes, schématisées à la Figure 9 (Québec 1997) :

1. le broyage et le tamisage des brasques usées, où l'aluminium métallique est récupéré ;
2. la lixiviation, ou le lavage des brasques finement broyées, avec une solution de soude caustique diluée. Le carbone et les matières réfractaires sont alors récupérées par filtration alors que la solution caustique contenant des cyanures, des fluorures et de l'aluminate de sodium passe à l'étape suivante ;
3. la destruction des cyanures par chauffage sous pression et la cristallisation du fluorure de sodium par évaporation de l'eau présente dans la solution. Après filtration, le fluorure de sodium récupéré pourrait être vendu tel quel ou dirigé vers la prochaine et dernière étape. La solution concentrée obtenue est composée de soude caustique et d'aluminate de sodium. Cette solution, similaire à la liqueur Bayer, est un produit réutilisable dans la fabrication de l'alumine à partir de la bauxite ;
4. la caustification du fluorure de sodium par l'addition de chaux et d'eau. Le fluorure de calcium obtenu est récupéré par filtration et la liqueur caustique est réutilisée dans le procédé LCLL à l'étape de la lixiviation, soit l'étape 2.

¹¹ Lixiviation: Passage lent d'un solvant à travers une couche de substance pulvérisée qui en extrait les constituants solides (Le Petit Robert).

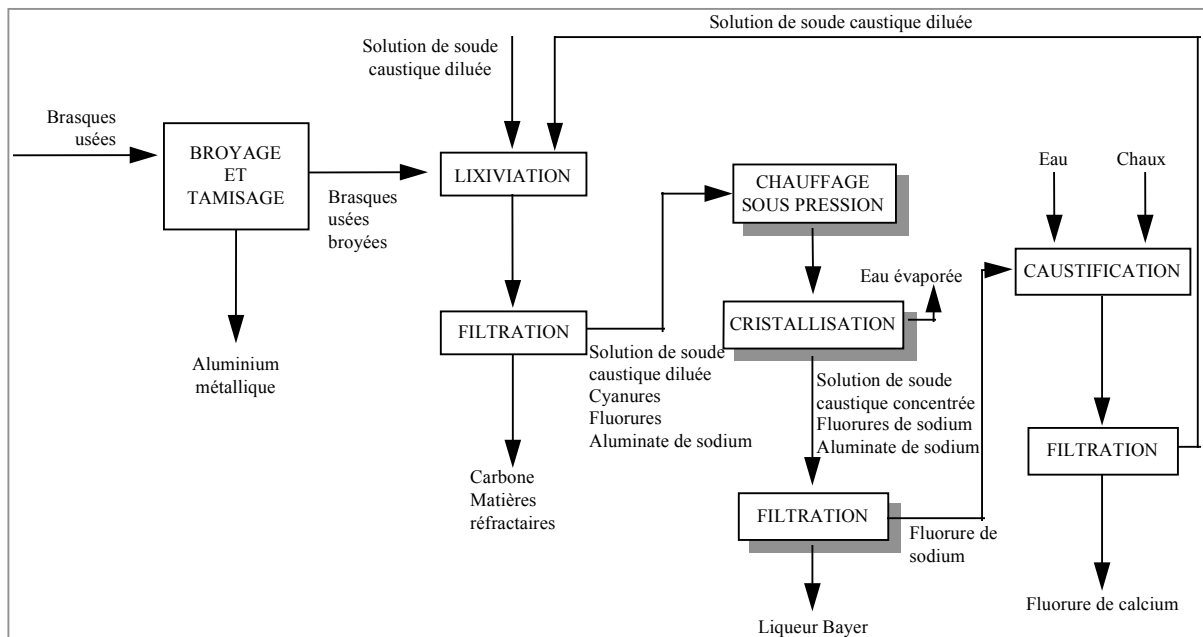


Figure 9. Principales étapes du procédé LCLL de recyclage des brasques usées (source Alcan Aluminium Ltée dans Québec 1997).

Les écumes

Avant d'être coulé, le métal liquide subit un traitement afin d'en retirer les impuretés qui pourraient s'y trouver. Il se forme alors des "écumes" à la surface de l'aluminium liquide, écumes contenant surtout de l'aluminium et différents électrolytes et métaux d'alliage (Rollin 1996). Les écumes chaudes sont collectées et refroidies rapidement sous cloche d'argon, un gaz inerte, pour éviter l'oxydation du métal, ce qui permet la récupération accrue du métal. À leur tour, les écumes refroidies sont traitées et une très grande partie de l'aluminium qu'elles contiennent est récupéré, tandis que les impuretés sont recyclées ou enfouies.

Par un nouveau procédé au plasma moins énergivore et plus efficace, l'usine Guillaume-Tremblay d'Alcan traite depuis 1990 les écumes de fonderie.

Dans les résidus de ce procédé on retrouve un sous-produit composé principalement d'alumine que l'on nomme NOVAL. Il y aurait environ 30 000 tm de NOVAL entreposé dans une dizaine d'entrepôts commerciaux de la région (Comité ZIP-Saguenay 1998). Mais ces dépôts seront utilisés par l'Usine Alumica de Thetford Mines pour produire de l'aluminate de calcium. Il faudra de 2 à 5 ans pour vider les entrepôts régionaux. En contact avec de l'eau le NOVAL génère des gaz principalement de l'ammoniaque; c'est la raison pour laquelle le NOVAL est entreposé sécuritairement dans des entrepôts.

Anhydrite (ou gypse)

L'anhydrite, qui ressemble à du gypse naturel, est le résidu solide de la production de fluorure d'aluminium (électrolyte), à l'usine Vaudreuil. Il y a 125 000 tm de gypse produit par année. Il

est utilisé pour contrôler les poussières pouvant être transportées par le vent sur les sites de dépôt des boues rouges.

Poussières d'alumine

Les poussières d'alumine générées par la production d'alumine sont maintenant récupérées à l'aide d'un granulateur, développé à Chicoutimi par STAS, et réutilisées (Anonyme 1994). Auparavant, elles étaient déposées dans des lacs de boues destinés à cet usage.

3.2.8.2 Gestion des déchets

Dans les années 80, Alcan utilisait six sites d'élimination des déchets (Savard 1989). En 1991, il y avait 7 sites, puis 10 en 1997 (Québec 1991 ; Martel et Aubé 1998). Ces sites sont présentés au Tableau 11. Des trois sites qui se sont ajoutés depuis 1997, il y a un nouveau site de déchets industriels (SDDI) utilisé par toutes les usines d'aluminium de la région mis en service en 1994, où les eaux de lixiviation sont toutes récupérées (Ayotte *et al.* 1997). Il y a aussi un nouveau site de dépôt de gypse faisant l'objet d'un programme de gestion et de restauration de 1994 à 1996 (Ayotte *et al.* 1997). Le troisième site est une cellule de confinement pour les sites d'amoncellement des brasques usées de Jonquière et de la rue Drake. Si on soustrait ces deux sites, remplacés par la cellule de confinement, le total des sites accueillant des déchets solides de Alcan se porte à 8.

En 1980, les sites étaient classés de catégorie I, soit ayant un potentiel moyen de risques pour la santé et/ou un potentiel de risques élevé pour l'environnement (Savard 1989). En 1991, 6 sur 7 étaient classés I et un site classé II, soit ayant un potentiel de risque moyen pour l'environnement ou faible pour la santé publique (Québec 1991). En 1997, quatre sites sont encore classés I (Martel et Aubé 1998). Ces sites sont régis par la *Politique de réhabilitation des terrains contaminés*.

Tous les sites ont été restaurés et font l'objet d'un suivi. Les eaux souterraines des SDDI sont échantillonnées deux fois par an, pour un total de 125 puits (Ayotte *et al.* 1998). Il y a un programme de rationalisation des déchets dans chaque usine, qui fait en sorte que le volume de déchets dont on doit disposer a diminué depuis quelques années, comme par exemple à l'usine de Grande-Baie où il y a eu réduction de 60 % du tonnage depuis 1991.

Actuellement, les déchets solides sont gérés selon leur nature, par exemple tel que décrit subséquemment et au Tableau 10 (Ayotte *et al.* 1997, 1998 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Carson et Gagnon 1995 ; Comité ZIP-Saguenay 1998 ; Gagnon *et al.* 1997 et SLV2000 1996) :

Les matières dangereuses résiduelles

- Laterrière
 - * les briques réfractaires de creuset sont disposées dans un site autorisé de Laidlaw à Sarnia en Ontario,
 - * le débrasquage est effectué par l'usine de Grande-Baie ;
- Grande-Baie

- * les briques réfractaires de creuset et les résidus du procédé de carbone sont disposées dans des sites autorisés, soit Laidlaw à Sarnia en Ontario,
- * les brasques usées sont acheminées au complexe Jonquière pour entreposage ;
- Vaudreuil
 - * les diverses matières dangereuses résiduelles sont entreposées avant traitement ou disposition dans 29 sites spécifiques, la majorité de ces déchets (± 200 tm/an) sont des huiles usées faisant l'objet d'une valorisation énergétique.

Les déchets solides non dangereux

- Laterrière et Grande-Baie
 - * les déchets industriels et les poussières de carbone sont entreposées au SDDI de Jonquière ;
- Vaudreuil
 - * les boues rouges ($\pm 700\ 000$ tm/an) de l'usine d'hydrate et les surplus de gypse ($\pm 135\ 000$ tm/an) de l'usine de fluorure qui ne sont pas utilisés pour contrôler les poussières du site de disposition des boues rouges sont disposés à un site autorisé,
 - * les résidus industriels des opérations ($\pm 2\ 500$ tm/an) vont au SDDI de Jonquière,
 - * les alumines multi-phases sous forme de poussières fines sont retirées de l'alumine produite au centre de calcination ($\pm 7\ 000$ tm/an), une partie des 9 000 tonnes produites annuellement sont vendues, le reste (7 000 tm) est acheminé au site de disposition des boues rouges.

Les rebuts domestiques et sanitaires

- Laterrière
 - * lieu d'enfouissement sanitaire de la MRC du Fjord -du-Saguenay ;
- Vaudreuil
 - * résidus domestiques ± 200 tm/an disposés au site d'enfouissement régional.

Les matières recyclables

- Laterrière et Grande-Baie:
 - * cueillette sélective, réduction, réemploi ;
- Vaudreuil
 - * recyclage de résidus divers, pour un total de $\pm 4\ 000$ tm/an, comprenant le recyclage de briques et de béton pour la construction de digues au site d'empilage des boues rouge depuis 1994, ,
 - * le tartre d'hydrate, résidus du procédé Bayer, fait l'objet de travaux afin de le récupérer,
 - * recyclage de déchets industriels, diminution de 40 % des résidus acheminés au SDDI, soit environ 2 500 tonnes en 1996,
 - * les poussières de coke sous calcinées revalorisées comme combustible depuis 1996 ;

- Isle-Maligne
 - * 1 000 tm de résidus fluorés retournés au procédé,
 - * 20 tm de papier récupérés,
 - * 2 000 tm de métaux vendus à des tiers.

Tableau 10. Volume et type de résidus de certaines alumineries du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

Usine	Années	Type de résidus (tm)		
Vaudreuil	1996	Boues rouges: 675 000	Anhydrite: 125 000	Autres: 14 000 (décrits dans le texte)
Grande-Baie	moyenne 1992 à 1996	Dangereux: 1 142	Divers: 1 715	
Laterrière	moyenne 1992 à 1995 et 1997	Dangereux: 245 et 300	Industriels: 715 tm et 300 tm	Sanitaires: 165
Isle-Maligne	1996	Dangereux: 1 700 (éliminés 700, recyclés 1 000)	Industriels: 5 400 (éliminés 3 000, recyclés 2 400)	Sanitaires: 420 (éliminés 400, recyclés 20)

Sources: Ayotte *et al.* 1997 ; Bélanger et Courtemanche 1997 ; Carson et Gagnon 1997 ; Gagnon *et al.* 1997.

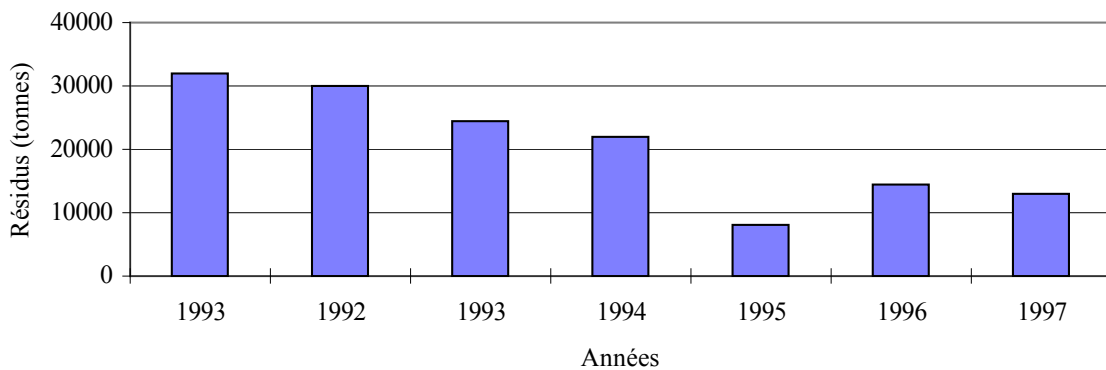


Figure 10. Volume des déchets des usines de l'Alcan du Saguenay–Lac-Saint-Jean déposé au site de déposition de déchets industriels (SDDI) de Jonquière de 1991 à 1997 (Capano 1998).

Tableau 11. Caractéristiques des sites d'élimination de déchets de la compagnie Alcan au Saguenay–Lac-Saint-Jean selon les inventaires de 1991 et 1997.

Localisation du site	Classe ¹ 1991→1997	Nature des déchets	Impacts potentiels
Dépôt de matériaux secs et de brasques, Alma	I→IIIR	Brasques et matériaux secs	Contamination sectorielle de la rivière Grande Décharge, contamination pour les dorés et les ouananiches
De 1943 à 1975, vieilles brasques entreposées temporairement sur le terrain de cette usine qui ont contaminé le sol. Alcan a effectué du remplissage et des vieilles brasques ont pu être éliminées avec les matériaux secs pour ensuite être recouverts de sable et gravier. Il y a environ deux hectares de résidus d'une épaisseur moyenne de neuf mètres. Les travaux effectués en 1995 ont modifié le classement de ce site.			
Dépotoir de déchets solides, Jonquière	I→IR	Matériaux secs divers, poussières de coke, résidus de nettoyage de filtre et possiblement du mercure	Contamination de deux ruisseaux tributaires de la rivière Saguenay, de la nappe d'eau souterraine et du Saguenay
Utilisé depuis plus de 40, restauré et situé à quelques centaines de mètres au sud-est du complexe industriel, il recouvre une superficie approximative de 18 hectares.			
Amoncellement de gypse, Jonquière	I→IR	Gypse acide (pH 3, sulfate de calcium, fluorure de calcium, acide sulfurique, acide fluorhydrique) et résidus d'aluminium (carbone, silice, fluorures, cyanures)	Contamination de ruisseaux tributaires de la rivière Saguenay, de la nappe d'eau souterraine et du Saguenay.
Utilisé depuis le début des années 50, et situé du côté nord du dépotoir de déchets solides. Les travaux visant à recouvrir le dépôt ont été terminés en 1988, et le site n'est plus utilisé. En 1990, deux bassins de captage ont été construits afin de récupérer les eaux en les acheminant dans les lacs des boues rouges. En 1993, des stations de pompage ont été installées pour récupérer ces eaux. Le volume d'eau à traiter est trop élevé pour les capacités des usines actuellement. La restauration s'est terminée en 1995.			
Amoncellement de vieilles brasques, Jonquière	I→D ²	Brasques (contaminées de cyanures et fluorures)	Contamination de ruisseaux tributaires de la rivière Saguenay, de la nappe d'eau souterraine et du Saguenay
et rue Drake, Jonquière	I→D	site ajouté à l'inventaire entre 1991 et 1997	
Cellule de confinement	IIIR→D	site ajouté à l'inventaire entre 1991 et 1997	Confinement de ces deux amoncellements de Jonquière
Le premier site est situé immédiatement au sud de l'usine. La compagnie y dépose depuis plus de 40 ans des brasques en deux amoncellements d'un volume total d'environ 60 000 tonnes. Une cellule à fond d'argile a été aménagée en 1985 afin d'entreposer les vieilles brasques. Des travaux correctifs ont dû être effectués à la cellule à l'automne 1989 afin de limiter les infiltrations d'eau et par conséquent diminuer les exfiltrations d'eau contaminée. Un suivi périodique des eaux souterraines et de surface au pourtour de la cellule et des anciens amas est effectué par Alcan. Les brasques des deux sites sont maintenant entreposées dans cette cellule.			
Lac de boues rouges, Jonquière	I	Boues rouges (fer, basiques) et blanches (plomb et d'arsenic), mercure, brasques et gypse	Contamination de deux ruisseaux tributaires de la rivière Saguenay, de la nappe d'eau souterraine et du Saguenay
Les lacs de boues rouges, au sud du complexe industriel, sont utilisés depuis plus de 40 ans et sont constitués de quatre bassins d'une superficie totale d'environ 100 hectares, dont deux encore utilisés, les bassins 4 et 5. Les deux autres ont été recouverts d'argile et l'un d'eux a été partiellement remis en végétation. Un pipeline relie un des bassins actifs à un autre lac de boues rouges situé à Laterrière. Les digues des bassins 2 et 3a ont été faites avec du gypse et des boues rouges et 15 000 kg de mercure ont été éliminés dans ces deux bassins avant 1976. Le pH du lac des boues rouges est très alcalin, ce qui diminue le potentiel de disponibilité du mercure dans le milieu récepteur. Les bassins 4 et 5 ont aussi reçu des boues blanches, contaminées de plomb et d'arsenic, proviennent du minerai			

Tableau 11. Caractéristiques des sites d'élimination de déchets de la compagnie Alcan au Saguenay–Lac-Saint-Jean selon les inventaires de 1991 et 1997.

Localisation du site	Classe ¹ 1991→1997	Nature des déchets	Impacts potentiels
de spath fluor brut utilisé de 1973 à 1976, et des boues noires provenant d'activités de récupération du fluor contenu dans les brasques. Comme le milieu touché est identique à celui des autres lieux d'Alcan à Jonquière et que les boues rouges contiennent plusieurs contaminants, ce lieu a été classé dans la catégorie I. Des doutes existent sur l'étanchéité des bassins 2 et 3a, et le lixiviat des boues noires éliminées dans les bassins 4 et 5 contamine le ruisseau Croft. Un procédé d'empilage de boues est utilisé depuis 1988. La caractérisation a été terminée en 1988. En 1990, des travaux ont été effectués afin de récupérer les eaux d'exfiltration des bassins.			
Lac de boues rouges, Laterrière	II	Boues rouges et blanches	Contamination de la nappe d'eau souterraine et contamination sectorielle du ruisseau Deschêne et d'un ruisseau tributaire de la rivière Chicoutimi
Utilisé durant une quinzaine d'années jusqu'en 1991, il est situé en milieu boisé et repose sur un socle rocheux constitué de granit, à 5 km des lacs de boues rouges de Jonquière. Un pipeline relie ces bassins vers ceux de Jonquière. Des essais indiquent une perméabilité due au réseau de fissures et de fractures présentes dans le massif rocheux. Le secteur immédiat est drainé à l'est par le ruisseau Jean Deschêne et à l'ouest par la rivière Chicoutimi. Les études hydrogéologiques ont montré des dépassements en fluorures dans l'eau souterraine; par contre le contexte géologique et les données ne permettent pas de conclure sur la provenance des fluorures. Un suivi des eaux souterraines est effectué périodiquement. La purification et la vidange contrôlée de l'eau des bassins ont été mis à l'essai avec succès de 1994 à 1996, les autorisations étaient à revoir en 1997.			
Zone remblayée sur le terrain de la société à Arvida	I	Résidus rougeâtres, résidus blanchâtres, bitume, résidus charbonneux, ciment, briques	Contamination de l'eau souterraine et de surface
Ce terrain est délimité par le quadrilatère des rues Mellon, Hall et Moritz. Il s'agit d'une dépression naturelle qui a été comblée par des débris de travaux de construction et de démolition et des activités de l'usine Alcan d'Arvida (estimé à 100 000 m ³). Ce terrain a fait l'objet de travaux de remblayage entre 1965 et 1981. L'analyse physico-chimique des sols effectuée en 1989 montre que les matériaux de remblayage sont sérieusement contaminés en HAP (teneurs supérieures au critère C de la Politique de réhabilitation des terrains contaminés). Des contaminations de l'ordre du critère B au critère C sont aussi observées pour plusieurs métaux, les huiles et les graisses et les fluorures. L'analyse des eaux souterraines relève que les eaux de la nappe phréatique au droit du site sont également contaminées en huiles et graisses, en fluorures, en toluène et HAP. Les résultats de l'analyse de l'eau prélevée dans le regard du ponceau canalisant le ruisseau de l'ancien ravin montraient en 1991 une contamination de l'ordre de la plage B-C pour les huiles et graisses et supérieure à C pour le mercure. L'écoulement des eaux souterraines semble régi par les points bas de l'ancien ravin. Un quartier résidentiel se trouve à moins de 100 m à l'ouest du terrain, ce dernier ayant une vocation récréative(terrain de balle). Un projet de construction d'un centre commercial est prévu après la caractérisation et la mise en oeuvre d'éventuelles mesures correctrices sur le site.			
Dépotoir de déchets industriels, rue Drake à Jonquière	II	site ajouté à l'inventaire entre 1991 et 1997	

1: Classe: lieu présentant un potentiel de risque I: pour la santé publique ou élevé pour l'environnement ; II: moyen pour l'environnement ou faible pour la santé publique ; III: faible pour l'environnement mais aucun pour la santé publique ; IR: lieu de classe I ayant fait l'objet d'une réhabilitation totale ou substantielle et dont le suivi environnemental post-réhabilitation n'est pas encore réalisé ou dans les cas présents, n'a pas encore démontré les effets de l'atténuation des impacts ; IIIR: lieu ayant fait l'objet d'une réhabilitation totale ou substantielle et dont l'évaluation des impacts le place dans la classe III ; déclassé: lieu déclassé après intervention lorsque le rapport de caractérisation, de réhabilitation ou de suivi environnemental permet de conclure que les risques de

Tableau 11. Caractéristiques des sites d'élimination de déchets de la compagnie Alcan au Saguenay-Lac-Saint-Jean selon les inventaires de 1991 et 1997.

Localisation du site	Classe ¹ 1991 → 1997	Nature des déchets	Impacts potentiels
----------------------	------------------------------------	--------------------	--------------------

contamination directe ou indirecte de la population ou de l'environnement sont insuffisants pour le retenir dans l'une ou l'autre des classes, mais peuvent contenir encore des sols contaminés.

2: D: déclassé et inscrit dans un autre inventaire, car il y a eu réhabilitation par des cellules de confinement étanches à sécurité accrue des résidus industriels ou des sols contaminés.

Sources: Ayotte *et al.* 1997, 1998 ; Carson *et al.* 1997; Québec 1991 ; Martel et Aubé 1998.

3.3 L'ALUMINIUM ET SES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ HUMAINE

Les effets des principaux polluants associés à la production de l'aluminium sont discutés plus en détail dans cette section. Ces polluants peuvent avoir des effets sur la santé des organismes vivants, dont l'homme. Par exemple, il a été démontré que les travailleurs exposés aux émissions des divers polluants des salles de cuve de type Söderberg dans la région présentaient deux fois plus d'obstruction de type chronique des voies respiratoires (asthme) (Martin 1987, 1988). Il a aussi été démontré que les travailleurs des salles de cuves Söderberg et à anodes précuites développaient plus de maladies cardio-vasculaires, en association possible avec la présence de CO et de SO₂ dans leur environnement de travail (Thériault et Tremblay 1986).

Le niveau de rejets des micro-polluants et de particules dans l'air pouvant affecter la population en général est généralement conforme aux normes. Mais des résultats récents de recherche suggèrent des impacts sur la santé à long terme pour des seuils courants d'exposition, surtout de SO₂ et de particules (Larouche et Larrivée 1998).

3.3.1 FLUORURES¹²

Les fluorures inorganiques pénètrent dans l'environnement en quantité ou en concentration ou dans des conditions qui peuvent avoir des effets nocifs sur l'environnement, mais ne constituent pas un danger pour l'environnement essentiel à la vie humaine.

Les effets cancérigènes, mutagènes et tératogènes (Québec 1997) et les effets sur la reproduction, le développement, le système nerveux central ou immunitaire n'ont pas été démontrés chez l'homme. Les principaux effets observés des fluorures sur les humains et les animaux sont la fluorose dentaire et la décalcification osseuse (Tableau 12). La fluorose dentaire rend l'alimentation difficile. Les fluorures se fixent dans les dents ainsi que dans les os où il est libéré graduellement. Les fluorures représentent davantage un risque pour la végétation et les animaux s'alimentant de pâturage (Larouche et Larrivée 1998), ce pourquoi il y a des normes pour leur concentration dans le fourrage.

Les animaux aquatiques sont eux aussi sensibles aux fluorures (mortalité, retard de croissance, altération de la reproduction). Pour les plantes, les effets sont la nécrose, chlorose et la diminution du taux de croissance, en particulier dans les tissus en croissance par le fluorure d'hydrogène. Même si dans l'ensemble les normes sont respectées, les concentrations retrouvées dans l'air pourraient occasionner des dommages à la végétation, ceci en considérant que l'objectif canadien souhaitable concernant les fluorures dans le fourrage serait de 35 ppm/kg mensuellement (Larouche et Larrivée 1998).

¹² Tiré de Canada 1993.

Puisque l'absorption par les voies respiratoire est très faible compte tenu des concentrations retrouvées dans l'air, la principale source de contamination pouvant entraîner des effets sur la santé de la population en général est l'ingestion (Québec 1997) ; la source la plus importante étant l'eau lorsque du fluor est ajouté à l'eau potable, et les aliments lorsqu'il n'y a pas de fluor ajouté (Tableau 13).

Les effets sur la santé humaine se manifestent après une exposition à long terme à des concentrations élevées, alors qu'il n'y a pas d'effet négatif à faible dose. Les effets négatifs du fluorure sur les os sont susceptibles d'apparaître avec des apports de plus de 200 µg/kg de poids corporel par jour, ce qui est supérieur à l'absorption de la population en général selon le Tableau 13. Dans le cas des populations exposées à des sources industrielles, les apports ne semblent pas dans l'ensemble être de beaucoup supérieurs à la population en général.

Les intoxications au fluorure dans la région sont associées à des pratiques médicales, tandis que des fluoroses dentaires faibles ont été retrouvées chez des enfants consommant de l'eau naturellement trop fluorée à Saint-Méthode (Larouche et Larrivée 1998). Il n'y aurait pas de cas de fluoroses osseuses chez les travailleurs (Québec 1997). Pour les animaux, les bovins sont suivis régulièrement et aucun effet n'a été démontré (Carson *et al.* 1997).

Tableau 12. Les niveaux de références pour les fluorures dans l'air ambiant établis pour la protection de la santé humaine, de la santé animale et de la végétation.

Protection de:	Niveaux de référence (µg/m ³)
Effets sur la santé humaine	
Seuil d'odeur	20-200
Irritation des yeux et de la peau	>900 idem
Irritation des voies respiratoires	>2 100 idem
Décalcification osseuse (exposition de 8 heures par jour)	>1 780
Effets sur la santé animale (mammifères)	
Décalcification osseuse (exposition continue)	>7 000
Protection de la végétation (niveaux de référence)	
24 heures	1,1
7 jours	0,5
30 et 90 jours	0,4
Valeurs mesurées dans l'air ambiant en divers endroits au Canada et aux États-Unis	0,01-1,65*

*: soit des concentrations de 100 à 100 000 fois inférieures à celles ayant des effets par voie d'inhalation.
Source Québec 1997.

Tableau 13. Estimation de l'apport quotidien de fluorure inorganique chez la population canadienne.

	Apport calculé chez divers groupes d'âges ($\mu\text{g}/\text{kg p.c./j}$)				
	0-6 mois	7 mois-4 ans	5-11 ans	12-19 ans	20 ans et +
<i>Hypothèses</i>					
pooids	7 kg	13 kg	27 kg	57 kg	70 kg
volume inspiré d'air	2 m ³	5 m ³	12 m ³	21 m ³	23 m ³
consommation de lait maternel ou maternisé	750 ml	-	-	-	-
consommation d'eau		0,8 l	0,9 l	1,3 l	1,5 l
consommation de terre (mg)	35 mg	50 mg	35 mg	20 mg	20 mg
<i>Voie d'exposition</i>					
Air ambiant ^a	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Aliments ^b	13,6-91,5	22,30	16,44	13,64	30,08
Lait humain ^c	0,47-1,05	-	-	-	-
Terre ^d	0,03-1,55	0,02-1,19	0,01-0,40	0,002-0,11	0,002-0,09
Eau potable « fluorée » ^e	-	44,92-76,92	24,33- 41,67	16,65- 28,51	15,64-26,79
Eau potable « non fluorée » ^f	-	3,08-12,92	1,67-7,00	1,14-4,79	1,07-4,50
Produits domestiques ^g	-	20,00-60,00	8,15-20,00	2,46	1,14
<i>Apport total</i>					
Nourrissons nourris exclusivement au sein	0,51-2,61	-	-	-	-
Nourrissons nourris exclusivement au lait maternisé	13,64-93,06	-	-	-	-
Personne consommant de l'eau « fluorée »	-	87,25- 160,42	48,94- 78,52	32,76- 44,73	46,87-58,11
Personne consommant de l'eau « non fluorée »	-	45,41-96,42	26,28- 43,85	17,25- 21,01	32,30-35,82

Basé sur une concentration moyenne de fluorure inorganique:

a: (gazeux et solide) dans l'air ambiant de 0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pour la région de Toronto, et en supposant que cette concentration est la même dans l'air à l'intérieur et à l'extérieur.

b: 0-6 mois nourris au lait maternisé: 0,127 mg/l dans les laits maternisés en vente aux États-Unis pour les formules prêtes à l'emploi à base de lait et de 0,854 mg/l pour les formules en poudre à base de soja (préparées avec de l'eau potable renfermant 1 ppm de fluorure), et en supposant que les nourrissons sont nourris exclusivement avec du lait maternisé et qu'ils en consomment 750 ml par jour. Population en général: concentrations mesurées dans 109 aliments différents au Canada (et aux États-Unis), choisis dans les groupes suivants: 0,01-0,80 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les produits laitiers, 0,12-1,02 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les céréales, 0,01-0,58 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les fruits, 0,01-0,68 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les légumes, 0,04-4,57 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les viandes, les poissons et les oeufs, 0,05-0,13 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les matières grasses, 0,11-0,35 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les noix et les légumineuses, 0,02-0,86 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les aliments renfermant surtout du sucre, 0,41-0,84 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les soupes, 4,97 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans le thé ; et l'apport quotidien de chacun de ces aliments par les divers groupes d'âges de la population canadienne.

c: dans les échantillons de lait maternel prélevés chez des mères vivant dans des localités consommant de l'eau « non fluorée » (4,4 ng/g) et « fluorée » (9,8 ng/g), en supposant que la densité du lait maternel est égale à 1,0 g/ml.

d: Basé sur une gamme de concentrations de fluor inorganique total variant de 6 ppm ($\mu\text{g}/\text{g}$), dans de la terre de Terre-Neuve,) 309 ppm ($\mu\text{g}/\text{g}$) [concentration moyenne dans la couche de terre superficielle au Canada (0-130 cm de profondeur)].

e: sur une gamme de concentrations moyenne dans l'eau potable « fluorée » variant de 0,73 mg/l, déterminée à partir de la concentration de fluorure mesurée dans 3 localités de Terre-Neuve et du Labrador, à 1,25 mg/l mesurée dans 2 localités au Yukon.

f: sur une gamme de concentrations moyennes de fluorure inorganique dans l'eau potable « non fluorée » variant d'au moins 0,05 mg/l (mesurée dans 3 localités en Colombie-Britannique).

g: dans la plupart des dentifrices de 1 000 ppm ($\mu\text{g}/\text{g}$) et sur un apport calculé de dentifrice de 0,26-0,78 g/j pour les enfants de 7 mois à 4 ans, de 0,22-0,54 g/j pour les enfants de 5 à 11 ans, de 0,14 g/j pour les adolescents de 12 à 19

Tableau 13. Estimation de l'apport quotidien de fluorure inorganique chez la population canadienne.

ans, et de 0,08 g/j pour les adultes de 20 ans et plus, en supposant 2 brossages quotidiens en moyenne.
Modifié de Canada 1993.

3.3.2 HAP

Une étude effectuée par Environnement Canada conclut que les HAP pénètrent dans l'environnement en quantité ou en concentration ou dans des conditions qui peuvent avoir des effets nocifs sur l'environnement (Canada 1994). On juge que les HAP ne constituent pas un danger pour l'environnement essentiel à la vie humaine, à l'exception de cinq composés dont le benzo(*a*)pyrène, qui peuvent constituer un tel danger¹³.

Les HAP sont absorbés par certains organismes aquatiques via la chaîne alimentaire, ou par absorption des HAP en solution (Germain *et al.* 1993). Les plantes terrestres ne sont affectées surtout à leur surface que par de hautes concentrations de HAP qu'elles absorbent surtout par l'air. Pour la faune terrestre, la contamination est possible via la chaîne alimentaire par les herbivores.

Contrairement aux invertébrés, les vertébrés tels que les poissons et les mammifères n'accumulent pas les HAP dans leurs tissus (Canada 1997a). Ils possèdent en effet un système enzymatique leur permettant d'éliminer les HAP ou de les dégrader en diverses substances (métabolites) solubles dans l'eau et qui peuvent s'associer à l'ADN¹⁴ ou aux protéines des organismes vivants. On pense que certains métabolites¹⁵ peuvent interférer dans les processus biochimiques cellulaires. Cette interférence pourrait conduire, selon la dose d'exposition, à des anomalies dans le développement ou à l'induction de cancers par modification de l'ADN. Une recherche est en cours sur le risque pour les populations exposées aux HAP émis par les alumineries utilisant le procédé Söderberg (Comité ZIP-Alma-Jonquière 1998). Cette recherche porte sur la caractérisation de la toxicité, de l'exposition et du risque.

Le B(*a*)P, l'un des HAP identifiés comme étant cancérigène, a été détecté chez le Béluga et le Phoque commun du Saint-Laurent qui sont présentement les seuls mammifères marins fréquentant régulièrement le Fjord du Saguenay (Comité ZIP-Alma-Jonquière 1998). Comme ils se situent en haut de la chaîne alimentaire, ils nous indiquent la contamination du milieu aquatique.

Une proportion importante de la population régionale, particulièrement au Saguenay, demeure exposée de façon particulière aux HAP dans l'air ambiant au voisinage de zones

¹³ Les composés constituant un danger pour la santé humaine sont en plus du benzo(*a*)pyrène, le benzo(*b*)fluoranthène, le benzo(*j*)fluoranthène, le benzo(*k*)fluoranthène et l'indéno(*1,2,3-cd*)pyrène.

¹⁴ ADN: acide désoxyribonucléique, porteur du code génétique.

¹⁵ Métabolite: substance qui est formée dans l'organisme au cours des transformations métaboliques, soit dans le cas présent les substances dérivées des HAP à la suite des réactions chimiques et physico-chimiques des organismes.

industrielles depuis des décennies (Larouche et Larrivée 1998). Des modèles mathématiques de dispersion ont été développés à partir de données atmosphériques. De part et d'autre du Complexe Jonquière, la dispersion des HAP s'effectuerait selon l'axe des vents dominants (Larouche et Larrivée 1998). Il y aurait donc 42 940 personnes qui seraient exposées à 15 ng/m³ et plus de B(a)P, et plus de 76 972 qui pourraient être exposées à des concentrations de 2 à 15 ng/m³.

L'exposition actuelle au HAP est insuffisante pour constituer un risque pour la santé humaine en général, bien qu'il soit difficile d'établir la relation de cause à effet entre les effets des HAP et la santé humaine parce que plusieurs facteurs doivent être pris en compte. Mais des études de mortalité par cancer du poumon et de la vessie chez les travailleurs exposés au B(a)P ont démontré une relation entre une exposition de l'ordre du µg/m³ et ces maladies. D'autres études ont montré que le B(a)P a aussi des effets cancérigènes sur la peau et le tractus digestif à très haute dose).

3.3.3 LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂) ET LES PARTICULES EN SUSPENSION¹⁶

Le SO₂ contribue aux pluies acides et a des effets toxiques sur les plantes et les animaux (Canada 1996). Le SO₂ est un gaz acide qui, en présence d'humidité, interagit avec les particules en suspension dans l'air pour former des sulfates. Ces sulfates sont généralement de diamètre inférieur à 4 microns, faisant en sorte qu'ils peuvent avoir des effets irritants et contribuer à aggraver les cas d'asthme et de maladies respiratoires. Le SO₂ peut aussi faire augmenter l'incidence des bronchites chroniques et des nasopharyngites.

Puisque les concentrations rencontrées en milieu urbain respectent les normes, les poussières ne représentent pas un risque majeur pour la santé de la population en général. Mais ces normes ne tiennent pas compte des particules de petites dimensions qui sont plus facilement absorbées. Les particules de moins de 10 µm de diamètre sont les plus susceptibles d'affecter la santé humaine. Des études ont associé la mortalité, la morbidité (surtout les personnes âgées ayant des problèmes respiratoires et cardio-vasculaires), l'augmentation des admissions dans les services de santé et la fréquence des plaintes pour des symptômes respiratoires aux particules en suspension. Il y a réduction de la fonction respiratoire des enfants exposés à des doses supérieures à 180 µg/m³ de particules en présence de SO₂.

3.3.4 L'ALUMINIUM¹⁷

L'aluminium est un neurotoxique et fait l'objet d'une controverse depuis plusieurs années concernant son rôle dans la maladie d'Alzheimer. Les études, parce que contradictoires, n'ont pas démontré le lien entre cette maladie et la présence d'aluminium dans l'eau potable. Bien que le lien entre l'aluminium et la maladie d'Alzheimer n'ait pas été

¹⁶ Tiré de Larouche et Larrivée 1998.

¹⁷ Tiré de Gauthier 1998a, Gruszow 1997.

démontré, l'Organisation mondiale de la Santé suggère une limite tolérable d'ingestion de 7 mg d'aluminium par kilogramme de poids corporel et par semaine, soit 420 mg pour un adulte de 60 kg. Une étude internationale pourrait voir le jour (Anonyme 1997). Si un lien est découvert, cela signifie l'imposition de normes strictes quant à la concentration d'aluminium dans l'eau potable et la modification des traitements utilisant de l'aluminium pour éliminer les particules de l'eau potable (Anonyme 1997).

L'aluminium, tout comme beaucoup d'autres métaux, est présent dans l'eau, l'air et le sol sous différentes formes et associé à d'autres molécules en fonction des caractéristiques physico-chimique du milieu. Selon la forme chimique de l'aluminium, il est plus ou moins bien absorbé par l'organisme. L'absorption se fait par ingestion, par l'air ou par l'utilisation de produit en contenant (les médicaments comme les antiacides qui contiennent jusqu'à 400 mg d'hydroxyde d'aluminium et les déodorants). Il ne semble pas y avoir de lien entre l'absorption d'aluminium par le biais de médicaments et la maladie d'Alzheimer, mais un lien est possible pour les déodorants. L'exposition importante par l'air est surtout d'ordre professionnel, mais les résultats des études sont discutables puisque les données ne sont pas toutes accessibles.

La population en général absorbe donc de l'aluminium surtout par le biais des aliments (Figure 11) ; 9 à 14 mg/d sous forme peu absorbable. L'usage de batterie de cuisine en aluminium non recouvert ajouterait 2 mg d'aluminium par jour lors de la cuisson en utilisation intensive (Thériault 1999). Mais la principale source d'aluminium sous forme absorbable par l'organisme est l'eau, en particulier lorsque l'eau est acide ($\text{pH} < 5$) ou selon la forme chimique de l'aluminium. Par exemple, la présence de silice dans l'eau limiterait son absorption, puisque la silice se lie avec l'aluminium. L'aluminium est généralement éliminé par les reins, mais peut être accumulé dans certains tissus, dont le cerveau, lorsque les reins ne l'éliminent pas, ou lorsque l'absorption est importante et prolongée. Les mécanismes d'absorption et de métabolisation ne sont pas très bien connus.

Gauthier (1998a) suggère dans une étude effectuée dans la région que la maladie d'Alzheimer serait liée à la forme monomérique organique de l'aluminium. Cette forme est naturelle et omniprésente dans les eaux régionales en amont des alumineries d'Alcan mais l'aluminium étant probablement un cofacteur et n'agirait pas seul ; il jouerait un rôle lorsqu'il serait en association avec d'autres facteurs de risques (socio-économiques, génétiques et présence de cas familiaux).

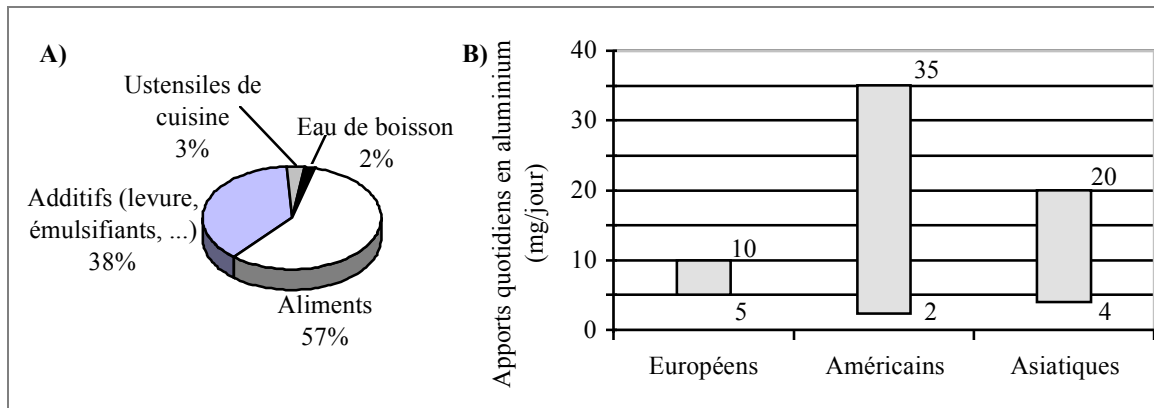


Figure 11. Les principales sources d'aluminium (A) et les apports quotidiens moyens en aluminium des Européens, Américains et Asiatiques (B) (modifié de Gruszow 1997).

3.4 LA NOUVELLE ALUMINERIE D'ALMA

Cette section présente les caractéristiques générales de l'usine qui est présentement en construction à Alma.

Caractéristiques de l'usine

La nouvelle aluminerie remplacera celle d'Isle-Maligne. Cette usine est située sur un terrain de 95 hectares, à 2,5 kilomètres à l'ouest de l'usine actuelle, soit à environ 4 km du centre ville d'Alma. L'usine disposera (Alcan Aluminium Ltée 1998a):

- d'un poste d'électricité ;
- d'installations de déchargement et d'entreposage des matières premières ;
- d'un atelier de rebrasquage des cuves et d'un atelier de fabrication d'anodes ;
- d'un centre de coulée ;
- d'un centre d'expédition de métal liquide, d'un système de circulation d'eau de procédé en circuit fermé ;
- et d'équipements de contrôle et de protection de l'environnement.

Outre l'usine elle-même, le projet comporte les infrastructures et équipements connexes suivants (Alcan Aluminium Ltée 1998b):

- une route d'accès en continuité de la rue Des Pins ;
- une extension de la voie ferrée existante desservant l'usine Isle-Maligne pour permettre le transport de deux convois de 25 wagons par jour ;
- une ligne de transport d'énergie de 161 kV pour alimenter l'usine, qui originera du Centre de conduite du réseau d'Alcan situé à Delisle ;
- une extension par Gaz Métropolitain du gazoduc desservant Alma qui longera la route d'accès et fournira l'usine en gaz naturel ;
- un réseau d'alimentation en eau et un réseau d'égouts sanitaires reliés aux réseaux de Ville d'Alma ;

- un bassin de rétention des eaux de ruissellement du site et un émissaire de rejet de l'excédent des eaux pluviales.

Émissions atmosphériques

Les émissions atmosphériques seront sous les normes actuelles selon les estimations (Tableau 14). Elles seront comparables aux émissions d'autres alumineries de technologies récentes (Québec 1997). Puisque certaines espèces de végétaux sont plus sensibles aux fluorures que d'autres, il est prévu que les zones susceptibles d'être affectées à long terme (dans la zone d'influence de l'usine) seront revégétalisées avec des espèces tolérantes. Le taux d'émission de PFC de la future aluminerie sera dix fois moindre que celui de l'Usine Isle-Maligne grâce à un contrôle plus efficace des effets d'anode.

Tableau 14. Comparaison des charges annuelles et des taux d'émissions de contaminants atmosphériques de l'usine Isle-Maligne et de ceux estimés pour la nouvelle aluminerie à Alma.

Contaminant	Taux d'émissions (kg/tm Al)		Émissions totales par année (tonnes)	
	Usine Isle-Maligne	Usine projetée	Usine Isle-Maligne (capacité de 73 000 tm)	Usine projetée (capacité de 370 000 tm)
Fluorures	3,02	0,75	227	278
HF	0,59	0,50	43	185
HAP	1,05	0,013	77	4,7
SO ₂	21,5	22,5	1 579	8 400
Particules	13,6	0,94	999	348
CO ₂ et équivalents CO ₂			300 000	710 000

Modifié de Québec 1997

Eaux usées¹⁸

Les eaux usées sanitaires, évaluées à 220 m³/d, seront rejetées dans le réseau d'égout municipal. Le système de traitement de la municipalité sera en mesure de traiter ce volume supplémentaire lorsqu'il sera fonctionnel (voir le chapitre sur l'urbanisation).

Pour les eaux usées de procédé, on note :

- Pour l'eau utilisée comme agent de refroidissement (centre de coulée, fabrication de la pâte, scellement des anodes et des cathodes, épurateurs des fours de cuissons d'anodes) ou de nettoyage dans le procédé de fabrication, la quantité nécessaire pourra varier de 460 à plus de 600 m³/d en moyenne. Les systèmes de refroidissement du procédé opéreront en circuit fermé et n'occasionneront aucun rejet à l'environnement à l'exception de la purge du circuit de coulée (eau de type

¹⁸ Tiré de Alcan Aluminium Ltée 1998b et Québec 1997.

végétale biodégradable) qui sera évacuée au bassin pluvial . Aucun drain de plancher ne sera installé dans les aires de procédé.

- Les purges des eaux de refroidissement seraient peu fréquentes, et ces eaux seraient réutilisées pour le refroidissement des gaz ou récupérées par une firme spécialisée. Il n'y aurait donc éventuellement pas de rejets à l'émissaire .
- Les eaux de lavage des véhicules seront acheminées vers un séparateur d'huile et graisse, puis elles seront recueillies dans un réservoir d'eaux contaminées. De là, elles pourront soit servir à refroidir les gaz d'épurateur du four à cuisson des anodes, soit être gérées conformément aux règlements en vigueur.

Pour les eaux pluviales, on note:

- À l'aide d'un système de drainage d'une superficie d'environ 80 hectares, les eaux pluviales du site de l'usine seront dirigées vers un bassin de sédimentation. Le volume utile du bassin sera d'environ 40 000 m³.
- Les eaux de drainage des fondations des salles de cuves seront elles aussi acheminées au bassin de sédimentation par ce système de drainage. Elles représenteront 120 m³/d (7 % de 1 720 m³/d) du volume des eaux drainées.
- Les purges éventuelles d'eau non contact seront aussi acheminées dans ce bassin de sédimentation.
- Les sources potentielles de contamination des eaux pluviales sont les émissions atmosphériques et les déversements accidentels.

À la sortie du bassin, le trop-plein sera dirigé vers la rivière Petite Décharge à un point qu'il reste à déterminer, tandis que les boues de sédimentation seront enfouies à un site d'enfouissement autorisé. Le point de rejet dans la rivière Petite-Décharge est situé en aval de la baie Trépanier et en amont du marais Saint-Georges, mais ces zones sont considérées comme sensibles. Certains considèrent que le débit de la Petite-Décharge est insuffisant pour assurer une dilution suffisante de l'effluent plusieurs mois par année (Comité ZIP Alma-Jonquière 1997). Mais selon la compagnie, les normes technologiques de la nouvelle usine d'Alma seront respectées, ce qui assure que les charges de contaminants seront minimums.

L'effluent provenant du bassin de sédimentation pourrait contenir le même type de produit que les autres usines. Pour les MES, les fluorures et les huiles et les graisses, les concentrations dans l'effluent devraient être inférieures aux normes technologiques du Ministère de l'Environnement pour les alumineries modernes. Ces normes sont (Labrie 1999) :

- les matières en suspension : 30 mg/L sur 24h et 10 mg/L pour la moyenne mobile annuelle,
- les fluorures : 20 g/tm Al pour la moyenne mobile annuelle,
- les hydrocarbures C₁₀-C₅₀ : 1 mg/L sur 24h,
- l'aluminium : 4 g/tm Al pour la moyenne mobile annuelle,
- et absence de toxicité aigue pour la truite arc en ciel en tout temps.

Nappe phréatique¹⁹

Il y aura un effet sur la recharge de la nappe d'eau souterraine. Puisque l'ensemble des précipitations de la zone d'exploitation seront dirigées vers un bassin de rétention, la nappe sera dès lors privée d'une portion de l'eau qui contribue à sa recharge. Une étude hydrogéologique a été effectuée afin d'évaluer dans quelle mesure l'implantation de l'usine aura un effet sur la baisse du niveau d'eau (rabattement) de la nappe souterraine. Les résultats de l'étude (effectuée à l'aide d'un modèle mathématique selon Québec 1997) sont les suivants :

- Un rabattement maximum de 4,5 mètres sous l'usine ;
- un abaissement possible de 50 centimètres du niveau de la nappe pourra être ressenti sur la section du rang Mistook près de l'intersection avec le chemin de la Traverse. Aucun puits privé n'est présent dans ce secteur ;
- Dans le secteur du chemin de la Dam-en-Terre, où se trouvent les puits domestiques, l'effet deviendra nul.

Un suivi régulier des eaux souterraines sera effectué. Des mesures sur quelques puits privés avant l'opération de l'usine ont montré des teneurs élevées en fluorures .

Les déchets solides²⁰

Environ 95% des résidus d'opération seront recyclés ou réutilisés. Le quelque 5 % excédentaire sera acheminé pour enfouissement dans des sites autorisés. L'usine d'Alma se dotera également d'un plan de réduction des déchets et d'une base de données pour faire le suivi sur chacun d'eux. Sur le site de la future aluminerie, un atelier permettra de récupérer annuellement quelque 150 000 tonnes de résidus accumulés autour des anodes lors de l'électrolyse et de recycler 70 000 tonnes d'anodes usées. Ainsi, une fois terminée la vie utile des anodes, les résidus qui l'entourent seront enlevés, broyés, tamisés et entreposés dans des silos. Ces résidus seront ensuite retournés au procédé ou ensachés et vendus à d'autres alumineries. Quant aux anodes, elles seront recyclées pour en fabriquer de nouvelles. Les résidus solides qui ne seront ni recyclés ni réutilisés seront déposés dans un lieu d'enfouissement sanitaire. Il s'agit principalement de déchets domestiques et de briques réfractaires non fluorée provenant des fours à cuisson. Au besoin, Alcan pourra avoir recours aux sites autorisés de dépôt de matériaux secs de la région.

Les matières résiduelles qui ne seront pas réutilisées ou recyclées représenteront un volume total de près de 15 000 tonnes/an. Ce volume est principalement constitué de brasques usées (10 000 tonnes) qui devrait être recyclées dans l'avenir (cf. section 3.2.7). Le reste sera constitué de résidus provenant des secteurs de (Québec 1997):

¹⁹ Tiré de Alcan Aluminium Ltée 1998b et Québec 1997.

²⁰ Tiré de Alcan Aluminium Ltée 1998b.

- l'électrolyse: briques réfractaires des creusets (325 tm), charbonnaille (300 tm), sacs d'épurateurs et déchets fluorés (50 tm), déchets brasquage (25 tm) ;
- carbone: résidus de grenailage de mégots (1 000 tm), de réfractaires de four à cuisson (500 tm), de balayures du carbone (150 tm), de grenailage de fonte (40 tm) et de réfractaires de scellement (75 tm) ;
- centre de coulée: réfractaires (100 tm) ;
- général: déchets domestiques (2 000 tm), huiles usées (75 tm), glycol usé (25 tm) et boues du traitement d'eau (100 tm).

Les impacts sonores²¹

Des mesures sont prévues pour minimiser les impacts sonores afin de respecter la réglementation municipale et les limites suggérées par le ministère de l'Environnement et de la Faune. Tout d'abord, les équipements générateurs de bruit tels les ventilateurs d'épurateurs à sec, les compresseurs d'air et les génératrices seront installés dans des bâtiments fermés et dotés d'éléments acoustiques et de réduction de bruit. Ensuite, un talus de quatre à six mètres de haut sera aménagé autour de l'usine afin d'agir comme écran sonore pour les sources de bruit situées près du sol. Les bruits de l'exploitation de la future aluminerie seront peu audibles le jour puisqu'ils se confondront aux bruits actuels. Ils seront par contre perceptibles la nuit dans les secteurs à proximité immédiate de l'usine, soit ceux du chemin Dam-en-Terre et du Rang Melançon. Toutefois, dans ces mêmes quartiers, la contribution de l'usine sera comparable au bruit ambiant du complexe Dam-en-Terre la nuit, c'est à dire 40 dBA (Tableau 15).

Pour les sources mobiles, la plus importante sera le transport. Le nombre de véhicules (automobiles et camionnettes) des employés, visiteurs et entrepreneurs passera de 230 à 330. Le métal en fusion produit à la nouvelle aluminerie sera acheminé dans des creusets dotés de couvercles étanches vers le centre de coulée situé à l'Usine Isle-Maligne et dans d'autres usines Alcan au Saguenay. Ceci nécessitera chaque jour environ 40 camions, soit 26 de plus qu'actuellement: 17 se rendront au centre de coulée de l'Usine Isle-Maligne sur une distance d'environ 2,5 kilomètres et les autres emprunteront la route régionale pour se rendre aux installations d'Alcan dans la région.

La fréquence des passages de train passera de 2 le jour entre midi et 20 heures la semaine et 0 la fin de semaine à 4 tous les jours de la semaine entre 7 et 22 heures. Ces trains de 25 wagons transporteront à l'usine les matières premières et repartiront avec l'aluminium coulé dans des gueuses. Le convoi empruntera la voie ferrée menant à l'Usine Isle-Maligne, traversera le chemin de la Dam-en-Terre et longera le chemin d'accès menant à la nouvelle usine. Comme mesure d'atténuation, il est prévu d'installer de nouveaux rails soudés afin de réduire le niveau sonore.

²¹ Tiré de Alcan Aluminium Ltée 1998b.

Des mesures de sécurité très strictes et approuvées par Transport Canada encadreront le transport du métal en fusion. Les transporteurs, quant à eux, feront l'objet d'un programme de formation et de prévention.

Tableau 15. Les niveaux sonores prévus des sources fixes et mobiles de la nouvelle aluminerie à Alma.

Point	Description	Période ¹	Niveau sonore en dBA				Impact sonore ²
			Limites du MEF	Limites de la municipalité	Niveau ambiant initial	Niveau prévu	
Sources fixes							
1	Complexe touristique de la Dam-en-Terre	jour	52 ³	-	49	37	faible
		nuit	40	45	39	37	faible
2	Rang Melançon (intersection chemin de la Traverse)	jour	51 ³	-	32	38	faible
		nuit	40	45	26	38	moyen-fort
3	Quartier Saint-Georges	jour	45	-	39	35	faible
		nuit	40	45	25	35	moyen
4	Chemin de la Dam-en-Terre	jour	45	-	30	37	faible-moyen
		nuit	40	45	26	37	moyen
5	Quartier Delisle	jour	59 ³	-	50	25	faible
		nuit	50 ³	45	36	25	faible
Sources mobiles							
1	Complexe touristique de la Dam-en-Terre		55		51	37	faible
2	Rang Melançon		55		50	37	faible
3	(intersection chemin de la Traverse)		55		51	43	faible
4	Chemin de la Dam-en-Terre		55		48	26	faible
5	Quartier Delisle		55		57	20	faible

1: Jour: 7 h à 19 h, nuit 19 h à 7 h.

2: L'impact sonore est évalué en comparant le niveau sonore prévu au niveau initial:

<u>Augmentation en dBA:</u>	5	10	15	20
<u>Impact:</u>	Faible	Moyen	Fort	Très fort

3: Niveau initial plus élevé que 45 dBA

Source: Québec 1997.

L'impact visuel

Les installations de la future aluminerie et ses trois cheminées de 40 mètres de hauteur auront un impact visuel. Pour les résidents des rangs Melançon et Mistook, la topographie vallonnée et les boisés matures réduiront la perturbation visuelle. Pour ceux de la rive sud de la Grande Décharge et du rang Scott, l'impact de la présence de l'usine sera faible puisque les éléments naturels dissimuleront en grande partie les bâtiments et les cheminées. Quant aux résidents et utilisateurs de l'ensemble des berges nord, est et ouest de la Grande Décharge, ils auront une vue lointaine de l'usine, qui sera par ailleurs visible du centre hospitalier d'Alma et du site de Tour Alma.

Alcan prévoit maximiser l'intégration de l'usine à son environnement par un choix approprié de matériaux et de couleurs, par l'aménagement paysager de ses abords ainsi que par la plantation et le maintien d'une bande de bois forestier. Une attention particulière sera apportée à l'éclairage des installations, pour que celui-ci, tout en étant sécuritaire, ne perturbe pas le voisinage.

L'aluminerie sera alimentée en énergie à partir des postes Delisle et Isle-Maligne. Le tracé privilégié empruntera les corridors de transport d'énergie existants pour se prolonger jusqu'à la nouvelle usine. Entre les postes Delisle et Isle-Maligne, une nouvelle ligne remplacera celles existantes. Entre le poste Isle-Maligne et l'usine Alma, deux nouvelles lignes de transport situées côte-à-côte seront construites et remplaceront l'ancienne ligne de transmission électrique. Le déboisement est prévu seulement pour l'élargissement du couloir actuel et son prolongement. Cette nouvelle ligne de transport sera visible à l'intersection du chemin de la Dam-en-Terre et à certains endroits autour du site.

Démantèlement de l'usine d'Isle-Maligne

Les trois séries de cuves Söderberg seront mises hors services progressivement lors du démarrage de la nouvelle usine. Les étapes suivantes sont prévues (Alcan Aluminium Ltée 1997a):

- mise hors service progressive des cuves de façon permanente ;
- démolition des épurateurs et des conduits de ventilation ;
- récupération des cuves des lignes 403 et 404 qui seront installées dans les usines Arvida, Shawinigan et Beauharnois, car ces usines sont semblables à Isle-Maligne ;
- les cuves de la salle 406 seront démolies et la brasque entreposée au centre de gestion de la brasque du Complexe Jonquière.

Conclusion du BAPE

Pour les conclusions du BAPE pour la nouvelle aluminerie d'Alma on note (Québec 1997):

- Qualité de l'air:
 - * la performance de l'usine sera comparable aux alumineries les plus récentes ;
 - * les normes actuelles et celles prévues dans le projet de modification *du Règlement sur la qualité de l'atmosphère* devraient être respectées pour le fluorure ;
 - * il y aura une augmentation des émissions de SO₂, émissions qui demeureront sous les normes, mais l'utilisation de coke de pétrole à basse teneur en soufre devra être favorisée ;

- * il y aura augmentation des émissions de gaz à effet de serre liée à une production plus élevée (combustion des anodes) ;
- * les émissions de HAP, particules et sulfates seront réduites par l'utilisation de technologies récentes.
- Qualité de l'eau:
 - * l'apport excessif de matière en suspension dans le réseau hydrographique devra être prévenu ;
 - * si le rejet des eaux pluviales s'effectue dans la rivière Petite-Décharge, la concentration en aluminium devra respecter les critères environnementaux en tout temps ;
 - * la qualité de l'eau souterraine et des puits devrait être suivie.
- Les normes pour les niveaux sonores devraient être respectées.

3.5 POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE DE ALCAN²²

SÉCAL a adopté une politique environnementale en 1989 et Alcan Limitée en 1991. Un Comité sur l'environnement issu du conseil d'administration a également été créé en 1992. Alcan a revu sa politique en octobre 1998. Celle-ci a comme principes directeurs:

1. Travailler en collaboration avec les fournisseurs et les clients pour concevoir et fabriquer des produits qui tirent le meilleur parti des propriétés de l'aluminium au cours de leur vie utile.
2. Utiliser des pratiques de classe mondiale dans les établissements existants et intégrer aux nouvelles usines et aux nouveaux procédés des technologies qui répondent aux exigences sociales, économiques et environnementales.
3. Communiquer avec les employés, les consommateurs, les communautés, les entreprises et les gouvernements afin d'approfondir la compréhension de l'environnement.
4. Se conformer aux exigences des lois et, s'il y a lieu, établir des normes internes plus strictes fondées sur l'expertise d'Alcan.
5. Faire une utilisation efficace des systèmes de gestion environnementale (SGE) afin d'améliorer continuellement les résultats par rapport aux objectifs fixés.
6. Répondre efficacement aux urgences environnementales grâce à des équipes d'intervention hautement qualifiées et à des ententes avec d'autres intervenants.

L'engagement environnemental d'Alcan repose sur la recherche d'une harmonisation de ses activités d'opérations avec l'environnement. L'entreprise s'engage à prendre les moyens nécessaires pour réduire au minimum les impacts de ces activités sur l'environnement. Parmi ces moyens on retrouve la mise en place de systèmes de gestion environnementale propre à chacune des installations (engagement interne) et un principe de responsabilité totale à l'égard du produit (engagement externe). Le premier vise à garantir que les procédés de fabrication sont compatibles avec l'environnement, tandis

²² Tiré de Alcan Aluminium Limitée 1997b.

que le second exige que l'on tire le meilleur parti possible de la valeur inhérente de l'aluminium sur le plan environnemental. Les priorités pour atteindre les objectifs environnementaux d'Alcan sont l'engagement des employés envers l'amélioration continue, la volonté de tirer parti des propriétés de l'aluminium et l'intégration totale de la performance environnementale aux objectifs d'affaires d'Alcan.

La mise en oeuvre du système global de gestion de l'environnement, et ce pour chaque usine spécifiquement, comporte une étape de planification:

- identification des activités susceptibles de nuire à l'environnement, tant sur le plan des intrants que des extrants ;
- classement des risques environnementaux selon diverses catégories ;
- évaluation du degré d'acceptabilité des technologies de contrôle de la production et de la pollution en fonction des dépenses en immobilisation proposées ou des changements envisagés dans les procédés ;
- évaluation du rendement en fonction du cycle de vie des principaux procédés.

L'étape de la mise en oeuvre et du fonctionnement du système s'effectue à l'aide d'un document établie spécifiquement par chaque usine et abordant les sujets suivants:

- pratiques d'exploitation ;
- formation des employés ;
- communication, planification d'urgence ;
- conservation de l'énergie et des matières ;
- réduction des déchets au minimum ;
- vérification et correctifs (surveillance et mesure, incidents de non-conformité, examens de conformité et lettres de représentation).

Quant à la responsabilité totale à l'égard du produit, elle exige que les entreprises assument la responsabilité de leurs produits «de leur conception à leur réincarnation», soit la conception, la récupération et le recyclage, donc la recherche et le développement.

Les principaux enjeux environnementaux sont, selon les secteurs:

Matières premières et produits chimiques

Extraction de la bauxite: extraction de la bauxite et l'utilisation future des sites d'exploitation épuisés ;

Affinage de l'alumine: disposition des boues rouges, la consommation d'énergie et les émissions atmosphériques, minimisation des pertes accidentelles ;

Énergie et affinage de l'alumine

Production d'énergie: gestion de l'eau et élimination des BPC (biphényles polychlorés) ;

Électrolyse: gestion des émissions atmosphériques, des effluents et des déchets solides ;

Émissions atmosphériques: gestion des émissions (HAP et PFC, fluorures, SO₂) issues du procédé d'électrolyse ;

Effluents: gestion des réservoirs (débits suffisants pour protéger l'habitat) ;

Déchets solides: l'élimination des déchets solides (brasque usée et écume) ;

Toute cette politique repose beaucoup sur l'implication des employés. Ces derniers sont sur la première ligne, et sont à même de réduire plusieurs types de pertes, par exemple en modifiant leurs comportements ou en identifiant les points à surveiller.

3.6 LÉGISLATION

Concernant l'industrie de l'aluminium, les principaux règlements et lois qui s'appliquent sont:

Provincial

- Lois sur la qualité de l'environnement
- *Règlement sur les matières dangereuses* ;
- *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* pour les émissions atmosphériques, les normes étant discutées dans le texte ;
- *Politiques de réhabilitation des terrains contaminés* pour les sites d'élimination des déchets, qui couvre un ensemble d'obligation de la part du propriétaire du site quant à la gestion des sites et à la protection de l'environnement. Les nouveaux sites de dépôts seront assujettis à la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*.
- *Loi sur l'utilisation des produits pétroliers*
- Gestion des huiles usées
- Politique sur les neiges usées
- Règlement sur les déchets solides
- Règlement sur les matières appauvrissant la couche d'ozone
- Règlement sur l'habitat faunique

Fédéral

- Transport de matières dangereuses
- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*

4. RÉSUMÉ DES TENDANCES

4.1 VERS L'ASSAINISSEMENT INDUSTRIEL

Depuis le début des années 70, Alcan travaille à l'amélioration de ses performances environnementales. Plusieurs éléments ont dû être modifiés ou améliorés, les alumineries étant des sources multiples de contaminants. La société a amélioré la qualité de l'air dans les usines par:

- des changements de matières premières comme l'utilisation de pâtes sèches contenant moins de brai, soit 16 % pour les anodes précuites comparativement à 25 à 30 % pour la pâte Söderberg (Lalonde *et al.* 1993), qui elle contient environ 2% moins de brai, implantation d'un brai à haut point de ramollissement pour les usines de Shawinigan, Beauharnois et Isle-Maligne (Ellefsen 1999) et augmentation du débit de ventilation des cuves ;
- par la fermeture de cuves à goujons horizontaux : par exemple le démantèlement de salle de cuve à Arvida à la suite de la construction de l'usine de Laterrière.

Les alumineries sont suivies par le Plan d'action Saint-Laurent/SLV 2000. Ce plan d'action vise la réduction des rejets liquides toxiques et l'élimination des rejets de substances toxiques persistantes et les apports par infiltrations ou autre dans l'eau sont réduits. La qualité des effluents s'est améliorée de façon notable. Le volume des résidus non recyclés diminue. Les sites d'entreposage ainsi que les lieux d'élimination des déchets sont plus sécuritaires au niveau environnemental. Tout ceci s'inscrit dans le cadre de la politique environnementale d'Alcan (cf. section 3.5).

Il y a dix ans, on notait une réduction importante des pertes de soda, des huiles et graisses, des cyanures et fluorures aux effluents, la réduction des poussières, fluorures, HAP, SO₂ dans l'air, ainsi que l'augmentation de la réutilisation et du recyclage (Savard 1989). Alcan prévoit d'autres réductions, dont celle de ses émissions de gaz à effet de serre de 35%, et ce, malgré une augmentation de sa capacité de production d'aluminium, la réduction des émissions de CO₂ par le remplacement des types de cuves, ainsi que de nouvelles diminutions de la quantité de brasques usées (de 10 à 15 %) dans quelques années (Alcan Aluminium Ltée 1998b, Québec 1997).

Il reste des efforts d'assainissement à faire si on veut atteindre des émissions minimales. Mais la «propreté environnementale» des alumineries est directement reliée aux technologies utilisées, comme pour les autres types d'industrie. Les techniques d'assainissement vont probablement aussi se développer, permettant d'améliorer la performance des vieilles alumineries. D'ailleurs, l'aluminium est un domaine où la recherche et le développement sont très actifs un peu partout, dont dans la région. Il y a au niveau régional le Centre des technologies avancées de l'aluminium et le Centre

québécois de recherche et développement de l'aluminium (CQRDA). Une chaire portant sur la transformation de l'aluminium en pièces d'automobiles pourrait venir s'ajouter à celles portant sur l'ingénierie des procédés et sur la solidification et métallurgie de l'aluminium à l'Université du Québec à Chicoutimi. Alcan possède également un centre de recherche (CRDA) important (230 personnes) au Saguenay dédié à l'amélioration des procédés et au développement de technologies propres.

Au niveau de la recherche et du développement reliés à l'environnement, on note (Alcan Aluminium Ltée 1997b):

Réduction de la consommation d'énergie

Double digestion dans les usines d'alumine pour maximiser l'extraction. Amélioration de l'efficacité énergétique et de l'efficacité des processus dans les usines d'électrolyse (depuis 1940, la quantité moyenne d'énergie requise pour produire un kilogramme d'aluminium a été réduite de moitié, passant de 27 kWh à 13,5 kWh). Nouvelle technologie de décapage pour le traitement des rebuts post-consommation.

Réduction de la consommation des matières

Amélioration des techniques et de la technologie de traitement des boues rouges dans les usines d'alumine. Améliorations de conception pour augmenter la durée de vie des revêtements de cuve dans les usines d'électrolyse. Perfectionnement de l'assurance-qualité pour prolonger la durée de vie des anodes dans les usines d'électrolyse.

Élimination, recyclage et traitement des sous-produits de fabrication

Amélioration du recyclage des liqueurs d'affinage de l'alumine. Hausse de la collecte et du recyclage des poussières d'alumine. Amélioration de la formulation de la pâte d'anode, permettant de réduire les émissions de HAP. Amélioration de la technologie de récupération de la brasque usée. Amélioration de la technologie des opérations de coulée pour réduire l'utilisation et les émissions de chlore. Amélioration du processus de récupération de l'écume, pour augmenter la quantité de métal récupéré et la valeur des sous-produits. Amélioration des processus et de la technologie de revêtement, pour réduire les émissions et les déchets. Amélioration de la technologie de séparation des rebuts, pour augmenter la récupération des rebuts d'aluminium.

Les usines de Alcan ont entrepris le processus de reconnaissance de la norme ISO 14001. Cette norme est similaire à celle de ISO 9001, mais au lieu de porter sur la qualité du produit, elle porte sur les performances environnementales.

Au niveau des usines, il y a eu des propositions d'intervention pour la qualité de l'environnement pour l'année 1998. Ces propositions sont (Comité ZIP-Saguenay 1998):

Usine Grande-Baie: poursuivre le projet de renaturalisation de la sablière de l'usine, informer le public des étapes et du taux de réussite du projet et appliquer à d'autres sites si les résultats sont positifs ; développer et exploiter davantage le potentiel récréatif du terrain de l'usine (~2 000 acres) pour permettre à la

communauté d'en profiter (ex.: aménager des sentiers, piste cyclable, sentier d'interprétation sur l'usine, etc.).

Usine Laterrière: suivi de la conformité à la norme pour les fluorures dans l'effluent, développement d'une technologie de détection instantanée des émissions de poussières fluorées par les épurateurs à sec ; utilisation d'une nouvelle technologie d'analyse par cassettes des fluorures gazeux.

4.2 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA BIODIVERSITÉ

Les secteurs pouvant être associés à l'industrie de l'aluminium dans le cadre des objectifs du Québec pour le développement durable et la biodiversité sont (Gauthier 1998b):

Mise en valeur industrielle des technologies et des services: inciter les gouvernements et les entreprises à adopter des politiques qui favorisent le développement durable, notamment:

- en minimisant les impacts environnementaux lors des phases d'implantation et d'expansion ;
- par l'amélioration des systèmes de production de biens et services tout en tenant compte des milieux récepteurs ;
- par l'amélioration de la durabilité des produits ;
- en favorisant la récupération et le recyclage de tous les produits ;
- par la sensibilisation et l'éducation des consommateurs aux caractéristiques environnementales des produits.

Le Saint-Laurent: assurer le développement durable du Saint-Laurent, notamment:

- par la réduction des contaminants en deçà de sa capacité d'auto-épuration ;
- par la concertation des intervenants.

Les éléments du cadre d'action de la Stratégie du développement durable de Ressources naturelles Canada sont présentés dans le chapitre sur la forêt. De ces éléments, des mesures à prendre reliées à certains des objectifs peuvent être associées à l'industrie de l'aluminium:

But 1. *Permettre aux Canadiens de prendre des décisions sensées concernant les ressources naturelles:* critères et indicateurs et réforme de la réglementation et innovation.

But 2. *Maintenir les retombées socio-économiques des ressources naturelles pour les générations actuelles et futures:* sciences et technologies pour la valeur ajoutée, utilisation sûre des minéraux dans le monde entier et mission commerciale internationale.

But 3. *Limiter le plus possible les répercussions de l'exploitation et de l'utilisation des ressources naturelles sur la sécurité des Canadiens et l'environnement:* mise à jour du Plan d'action nationale sur les changements climatiques du Canada, sciences et technologies pour réduire les gaz à effet de serre et

comprendre les changements climatiques et programme de recherche sur les métaux dans l'environnement.

Les stratégies canadiennes et québécoises pour le développement durable correspondent à la politique environnementale d'Alcan, et ce à l'échelle mondiale, Alcan étant une compagnie établie partout dans le monde. L'aluminium est directement concerné par les objectifs pour le Saint-Laurent, puisque les effluents des usines régionales se déversent dans le Saguenay, un des principaux tributaires du Saint-Laurent. Pour les objectifs de la mise en valeur industrielle, la politique environnementale d'Alcan reprend tous ces objectifs. Alcan doit démontrer actuellement, avec la construction de la nouvelle usine à Alma, sa capacité de respect envers l'environnement à toutes les étapes et le respect de sa propre politique.

L'aluminium en lui-même permet aux industries de s'intégrer à ces objectifs par le fait que le produit est durable est recyclable presque à l'infini. De plus, la production d'aluminium recyclé, ou aluminium de deuxième fusion, consomme énormément moins d'énergie (jusqu'à 95 %) et pollue moins que sa production. Ces caractéristiques sont mises de l'avant dans la promotion des produits dans l'optique d'une intégration au développement durable.

Alcan s'inscrit dans plusieurs courants au niveau du développement durable. Les entreprises membres de l'Association de l'industrie de l'aluminium, donc Alcan, participent au programme Défi-climat du Ministère des Ressources naturelles du Canada et elles endossent les objectifs du programme ÉcoGESTe, le plan d'action québécois de mise en œuvre de la convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (AIA 1997).

Alcan participe aussi au programme d'accélération de la réduction et élimination des toxiques (ARET) du gouvernement fédéral (cf. chapitre forêt). Dans le cadre de ce programme de mesures volontaires, certaines usines régionales se sont engagées à réduire leurs rejets d'ici l'an 2000 de substances toxiques par rapport à une année de référence de la liste A-1 (liste de substances respectant ou dépassant les critères de toxicité, de bioaccumulation et de persistance) et B-2 (liste de substances respectant ou dépassant les critères de toxicité et de persistance). Ces engagements sont présentés au Tableau 16.

Lors de l'Écosommet régional en 1996, Alcan s'est inscrit dans le plan d'action régional comme promoteur de divers projets, présentés au Tableau 17.

Tableau 16. Rejets (tonnes) et réductions (%) des substances visées par le programme ARET de certaines usines de l'Alcan du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

Usine	Année de base Rejets ¹	1993		1995		2000	
		Rejets	Réductions de la base	Rejets	Réductions de la base	Rejets prévus	Réductions de la base
Liste A-1							
Arvida	466	180	▼61	146	▼69	110	▼76
Isle-Maligne	150	80	▼47	75	▼50	50	▼67
Vaudreuil	0,57	0,010	▼98	0,010	▼98	0,010	▼98
Liste B-2							
Arvida	1,8	0,50	▼72	0,50	▼72	0,40	▼78
Vaudreuil	0,40	0,075	▼81	0,075	▼81	0,035	▼91

1 : L'année de base n'est pas définie, mais elle se situe entre 1987 et 1993 exclusivement. Les réductions sont calculées en fonction des données de l'année de base (réduction de la base).

Source Canada 1997b.

Tableau 17. Projets présentés par la société Alcan dans le plan d'action de l'Écosommet régional de 1996.

Orientation et titre du projet	Promoteur	Investissement	Emplois créés	Échéancier
<i>Agriculture</i>				
Projet de valorisation des terres agricoles sur les terrains de l'usine Grande-Baie	Sécal, usine Grande-Baie	250 000\$	0	
<i>Projet de location de terres cultivables</i>				
<i>Éducation</i>				
Développer une micro-entreprise dans école primaire	Sécal	?		
<i>La société de demain, j'y travaille</i>				
<i>Faune, flores, habitat</i>				
Favoriser la recherche	Alcan, Jonquière	250 000\$	12	
<i>Création d'un centre interuniversitaire de recherche sur le saumon atlantique</i>				
<i>Industrie et commerce</i>				
Favoriser une meilleure gestion	Sécal	100 000\$	2	
<i>Gestion intégrée de l'environnement chez Sécal</i>				
<i>Matières résiduelles, recyclage</i>				
Restaurer un site d'enfouissement	Sécal	?		
<i>Restauration d'un site de disposition et gestion des résidus</i>				
Restaurer les conditions originales de la couverture végétale de la sablière désaffectée	Alcan La Baie, Solution 3R, Les Scieries			
Restauration des sols de sablières après la fin de l'exploitation	Saguenay Ltée, et Abitibi Consolidated, Jonquière			

Source Écosommet régional

5. CONCLUSION

Comme plusieurs industries, l'industrie de l'aluminium doit se conformer à des normes qui n'existaient pas autrefois, et prévoir les normes à venir. Ces normes seront de plus en plus restrictives et les industries devront mettre en oeuvre les moyens pour les respecter. L'industrie a tout de même grandement diminué la charge de polluants qu'elle génère, qui sont, comme nous l'avons vu, de types et de sources multiples. Il y a donc des limites quant aux réductions réalisables dans les émissions de polluants. Alcan prévoit cependant le remplacement graduel des cuves du procédé Söderberg à goujons horizontaux par des cuves utilisant des procédés plus récents et moins polluants.

L'industrie de l'aluminium est un moteur économique très important dans la région. Même si elle est identifiée depuis longtemps comme étant un type d'industrie ayant des impacts environnementaux importants, la région est prête à accueillir encore ce type d'industrie. Elle doit cependant répondre aux attentes des gens, soit le respect strict des normes et des objectifs environnementaux des compagnies.

6. LISTE DES INTERVENANTS

- École Polytechnique de l'Université de Montréal
- Alcan et ses sociétés
- Association des industries de l'aluminium (AIA)
- Centre de haute technologie de Jonquière (CHT)
- Centre de recherche minérale du Québec (CRMQ)
- Centre des technologies avancées de l'aluminium
- Centre québécois de recherche et développement de l'aluminium (CQRDA).
- Chaires industrielles de l'Université du Québec à Chicoutimi
- Institut de génie des matériaux (IGM) du Conseil national des recherches du Canada
- Laboratoires de CANMET
- Ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF)
- Société des technologies de l'aluminium (STAS), de Chicoutimi

7. BIBLIOGRAPHIE

- AIAQ (Association de l'industrie de l'aluminium du Québec). S.d., série de fascicules sur l'aluminium, aussi disponible sur internet <http://www.aia.aluminium.qc.ca>.
- AIA (Association de l'industrie de l'aluminium). 1997, *L'industrie canadienne de l'aluminium et l'environnement*, site internet: <http://www.aia.aluminium.qc.ca>.
- ALCAN ALUMINIUM LTEE. 1997a, *Étude d'impact sur l'environnement, Projet d'aluminerie, Alma, Québec*, Résumé de l'étude déposée au Ministre de l'Environnement et de la Faune, Dossier n°600711, 26 p. et annexes.
- ALCAN ALUMINIUM LTEE. 1997b, site internet (page révisée le 14 juillet 1998) <http://www.alcan.com>.
- ALCAN ALUMINIUM LTEE. 1998a, *Projet aluminerie Alma ; Fiche technique*, site internet (page révisée le 25 novembre 1998) <http://www.alcan.com>.
- ALCAN ALUMINIUM LTEE. 1998b, *Projet aluminerie Alma ; Impact sur la communauté et l'environnement*, série de fiches sur le site internet, pages révisées le 17 juillet 1998.
- ANONYME. 1994, « Chicoutimi: une PME développe un procédé de récupération des poussières d'alumine », *Les Affaires* (10 décembre).
- ANONYME. 1997, « Alzheimer: La présence d'aluminium dans l'eau pourrait jouer un rôle », Chicoutimi, *Le Quotidien* (4 septembre).
- AYOTTE, André, BROUILLARD, Claude, GAGNON, Hélène, HARDY, Nicole et SAINT-PIERRE, Gilles. 1997, *Rapport annuel environnement 1996*, Jonquière, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, usine Vaudreuil, 24 p.
- AYOTTE, André, BROUILLARD, Claude, FRIEDRICH, Johann, HARDY, Nicole et SAINT-PIERRE, Gilles. 1998, *Rapport annuel environnement 1997*, Jonquière, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, usine Vaudreuil, 8 p.
- BÉLANGER, Jacques et COURTEMANCHE, Pierrette. 1997, *Rapport environnementale 1996*, Alma, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, usine Isle-Maligne, 12 p.
- CANADA (Gouvernement du). 1986, *L'oxyde sulfuré*, Service de la protection de l'environnement, Direction générale des programmes de protection de l'environnement, Direction des services techniques, Ministre des Approvisionnements et Services Canada, Collection Enviroguide, 104 p.

- CANADA (Gouvernement du). 1993, *Fluorures inorganiques*, Environnement Canada et Santé Canada, Ministre des Approvisionnements et Services Canada, Groupe Communication Canada–Edition, 104 p.
- CANADA (Gouvernement du), Pêches et Océans Canada. 1994, *Loi canadienne sur la protection de l'environnement ; liste des substances d'intérêt prioritaire: Hydrocarbures aromatiques polycycliques*, Ottawa, Ministre des Approvisionnement et Services Canada, 69 p.
- CANADA (Gouvernement du), Pêches et Océans Canada. 1997a, *Les HAP dans le Fjord du Saguenay*, feuillet d'information sur l'état de l'environnement marin du Saint-Laurent, Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada, Ministre des travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 8 p.
- CANADA (Gouvernement du), Environnement Canada. 1997b, *Leaders environnementaux 2 ; Accélération de la réduction/élimination des toxiques (ARET), rapport d'étape*, Ottawa, Travaux publics et Services gouvernementaux, 64 p., aussi disponible sur le site internet <http://www.doe.ca>.
- CAPANO, Mano. 1996, *Rapport environnement, révision février 1996*, Montréal, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, 15 p.
- CAPANO, Mano. 1997, *Rapport environnement, avril 1997*, Jonquière, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, 15 p.
- CAPANO, Mano. 1998, *Rapport environnementale 1997*, Jonquière, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, 15 p.
- CARSON, Mike et GAGNON, Hélène. 1995, *Rapport environnementale 1995*, Laterrière, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, usine Laterrière, dans: Comité ZIP-Saguenay, 1998, *Plan d'action et de réhabilitation écologique de la rivière Saguenay*, La Baie, Comité Zone d'intervention prioritaire (ZIP) Saguenay, 58 p. et annexes.
- CARSON, Mike, CYRENNE, Luc, et GAGNON, Hélène. 1997, *Rapport environnemental 1996*, Laterrière, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, usine Laterrière, 16 p.
- COMITÉ ZIP-ALMA-JONQUIÈRE. 1997, *Mémoire présenté à la commission d'enquête sur le projet d'aluminerie d'Alcan à Alma par le Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE)*, Alma, Comité Zone d'intervention prioritaire (ZIP) Alma-Jonquière, 12 p. et annexe.

- COMITÉ ZIP-ALMA-JONQUIÈRE. 1998, *Plan d'action et de réhabilitation écologique(PARE)*, fiches techniques, Alma, Comité Zone d'intervention prioritaire (ZIP) Alma-Jonquière, 91 p. et annexes, des fiches sont aussi disponibles sur le site internet <http://www.sagamie.org/zip>.
- COMITÉ ZIP-SAGUENAY. 1998, *Plan d'action et de réhabilitation écologique de la rivière Saguenay*, La Baie, Comité Zone d'intervention prioritaire (ZIP) Saguenay, 58 p. et annexes.
- ELLEFSEN, Johann. 1999, Communication dans le cadre de la révision du document, consultant, Alcan, Jonquière.
- GAGNON, Hélène, GAUTHIER, Stéphane et MUNGER, Guylaine. 1997, *Rapport environnemental 1996*, La Baie, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, usine Grande-Baie, 15 p.
- GAUTHIER, Éric. 1998a, *Incidence de l'exposition aux formes d'aluminium et aux pesticides sur le risque de développer la maladie d'Alzheimer*, Thèse Ph. D., Montréal, Université du Québec à Montréal, 184 p., bibliographie et annexes.
- GAUTHIER, Benoît. 1998b, *Cadre de référence théorique pour le développement durable et la biodiversité*, Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, 20 p.
- GRUSZOW, Sylvie. 1997, « L'aluminium et la maladie d'Alzheimer ; La preuve d'un lien entre l'exposition et la maladie n'a pas été apportée », Paris, *La Recherche*, no 304 (décembre), p. 36-39.
- GERMAIN, André, PERRON, Francine, et VAN COILLIE, Raymond. 1993, *Cheminements, écotoxicité et réglementations pour les HAP dans l'environnement*, Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, région du Québec, Montréal, 102 p.
- IPCC. 1996, United Nations, Framework Convention on Climate Change (FCCC), Geneva, Switzerland FCCC Secretariat, 25 June 1996.
- JOURDAIN, Anne, BIBEAULT, Jean-François et GRATTON, Nathalie. 1995, *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du Saguenay*, Environnement Canada - région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, 195 p.
- LABRIE, Jacques. 1999, Communication dans le cadre de la révision du document, Alan.

- LALIBERTÉ, Denis. 1991, *Teneurs en HAP dans les sédiments près de cinq alumineries du Québec en 1988*, Québec, Ministère de l'environnement du Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, rapport no QE-91-10, 90 p.
- LALONDE, GIROUARD, LETENDRE ET ASSOCIES. 1993, *Rejets de HAP à l'environnement au Canada - 1990*, Rapport préparé pour Environnement Canada, région du Québec, Montréal, pagination multiple.
- LAROUCHE, Léon, coordonateur, et LARRIVÉE, Denis. 1998, *Profil régional de la santé environnementale, région du Saguenay-Lac-Saint-Jean*, Document de travail, mise à jour du 6 avril 1998, Régie régionale de la santé et des service sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean, Direction de la santé publique, 87 p. et annexes.
- LAROUCHE, Léon. 1999, Communication personnelle, Régie régionale de la santé et des service sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean.
- MARTEL, Richard, et AUBÉ, Pierre. 1998, *Inventaire des lieux d'élimination de résidus industriels GERLED: évolution depuis 1983 et état actuel*, Collection Terrains contaminés, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec Les Publications du Québec, 62 p.
- MARTIN, Richard. 1987, *Prévalence d'obstruction chronique des voies aériennes chez les travailleurs de l'aluminium de l'Usine Isle-Maligne*, étude réalisée dans le cadre d'une entente tripartite entre la Fédération des Syndicats du Secteur Aluminium, de l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec et Alcan, brochure, 4 p.
- MARTIN, Richard. 1988, *Étude sur la physiopathologie de l'obstruction aiguë des voies respiratoires chez les travailleurs de l'aluminium du Complexe Jonquière*, étude réalisée dans le cadre d'une entente tripartite entre la Fédération des Syndicats du Secteur Aluminium, de l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec et Alcan, brochure, 4 p.
- QUÉBEC (Gouvernement du Québec), Ministère de l'Environnement du Québec. 1991, *Inventaire des lieux d'élimination de déchets dangereux au Québec: région 02: Saguenay-Lac-Saint-Jean*, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés, pagination multiple.
- QUÉBEC (Gouvernement du Québec). 1996, *Plan d'action québécois de mise en oeuvre de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques; État d'avancement des mesures et bilan des émissions de gaz à effet de serre*, Québec, Ministère des Ressources naturelles et Ministère de l'Environnement et de la Faune, 37 p.

- QUÉBEC (Gouvernement du Québec), Bureau des audiences publiques sur l'environnement. 1997, *Projet de construction d'une usine d'électrolyse à Alma, par Alcan Aluminium Ltée*, Rapport d'enquête et d'audience publique n°120, Québec, Bureau des audiences publiques sur l'environnement, 181 p.
- ROLLIN, André L. 1996, *Exemple d'implantation d'un système de management environnemental*, dans: Boutin, Chantale, Émard, Carole, Lalonde, Gilles, Lévesque, Alain, Robitaille, René, Rollin, André L. et Thibeault, Isabelle *ISO 14000 ; Système de management environnemental*, Collection Formation Continue, Montréal, Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, chapitre 2, p 7-20.
- SAVARD, Michel. 1989, *Pour que demain soit : L'état de l'environnement au Saguenay – Lac-Saint-Jean, pour un développement durable*, Ottawa, Les Éditions JCL inc., 331 p.
- SECAL (Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée). 1997, *Rapport annuel environnement 1996*, Usine Arvida, Jonquière, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, 13 p.
- SLV2000 (Saint-Laurent Vision 2000). 1996, *Les établissements industriels ; Faits saillants*, série de fiches sur les établissements industriels visés par le Plan d'action Saint-Laurent, Ottawa, Ministre des Approvisionnements et Services Canada.
- SLV2000 (Saint-Laurent Vision 2000). 1998, *Les établissements industriels ; Faits saillants*, série de fiches sur les établissements industriels visés par le Plan d'action Saint-Laurent, mise à jour de: *Fiche 77 sur la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, usine de Laterrière*, Ottawa, Ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, les fiches sont aussi disponibles sur le site internet <http://www.slv2000.qc.ec.gc.ca>.
- THÉRIAULT, Gaetane. 1999 Communication dans le cadre de la révision du document, Alcan.
- THÉRIAULT, Gilles, et TREMBLAY, Claude. 1986, *Résultats de l'étude sur les maladies cardio-vasculaires*, étude réalisée dans le cadre d'une entente quadripartite entre la Fédération des Syndicats du Secteur Aluminium, de l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Alcan et de l'Université McGill, brochure, 3 p.

8. LISTE DES ACRONYMES

ADN	Acide désoxyribonucléique (code génétique)
B(a)P	Benzo(a)pyrène, un HAP
BAPE	Bureau des audiences publiques sur l'environnement
BPC	Biphénils polychlorés
°C	Degré Celsius
C ₂ F ₆	Hexafluoroéthane
CF ₄	Tétrafluorométhane
cm	Centimètre
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV	Composés organiques volatils
dBA	Décibel audible
DCO	Demande chimique en oxygène
g	Gramme
g/tm Al	Gramme par tonne métrique d'aluminium produit
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HF	Fluorure d'hydrogène
kg	Kilogramme
kg/j	Kilogramme par jour
kg/tm Al	Kilogrammes par tonne métrique d'aluminium produit
kV	Kilovolt
kWh	Kilowatt par heure
LCLL	Procédé de traitement des vieilles brasques
m ³ /j	Mètre cube par jour
MEF	Ministère de l'Environnement et de la Faune
MES	Matière en suspension (dans l'eau ou une solution)
µg	Microgramme
µg/g	Microgramme par gramme
µg/kg	Microgramme par kilogramme
µg/m ³	Microgramme par mètre cube
mg	Milligramme
mg/l	Milligrammes par litre
ml	Millilitre
mm	Millimètres
ng	Nanogramme
ng/g	Nanogramme par gramme
NO _x	Oxydes d'azote
p.c.	Poids corporel
PFC	Perfluorocarbone
pH	Mesure de l'acidité d'une solution
ppb	Partie par billion, mesure de concentration
ppm	Partie par million, mesure de concentration
ppm/kg	Partie par million par kilogramme

Thème: L'aluminium

SDDI	Site de disposition de déchets industriels
Sécal	Société d'électrolyse et de chimie Alcan
SF ₆	Hexafluorure de soufre
SO ₂	Anhydride sulfureux ou dioxyde de soufre
tm	Tonne métrique
tm/an	Tonne métrique par année
tm/km ² /30 jours	Tonne métrique par kilomètre carré par jour
UV	Ultra-violet
ZIP	Zone d'intervention prioritaire (définie dans le plan d'action Saint-Laurent Vision 2000)