

Record Number: 840

Author, Monographic: Demard, H.//Dartois, J.//Gauvin, M.//Leblanc, H. N.//Mackey, P.//Mercier, R.//Potvin, L.//Tremblay, B.//Rousseau, L.

Author Role:

Title, Monographic: Méthodologie d'analyse des situations d'agresseur par les substances toxiques

Translated Title:

Reprint Status:

Edition:

Author, Subsidiary:

Author Role:

Place of Publication: Québec

Publisher Name: INRS-Eau

Date of Publication: 1977

Original Publication Date:

Volume Identification:

Extent of Work: vi, 263

Packaging Method: pages

Series Editor:

Series Editor Role:

Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche

Series Volume ID: 84

Location/URL:

ISBN: 2-89146-082-0

Notes: Rapport annuel 1977-1978

Abstract: Rapport rédigé pour les Services de protection de l'environnement du Québec
40.00\$

Call Number: R000084

Keywords: rapport/ ok/ dl

METHODOLOGIE D'ANALYSE DES
SITUATIONS D'AGRESSEUR PAR LES
SUBSTANCES TOXIQUES

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 84
Septembre 1977

Rapport rédigé pour le compte des
Services de protection de l'environnement du Québec

PAR

Demard, H. (INRS-Eau); Dartois, J. (INRS-Eau); Gauvin, M. (SPEQ);
Leblanc, H.N. (Environnement Canada); Mackey, P. (SPEQ); Mercier, R. (SPEQ);
Potvin, L. (INRS-Eau); Tremblay, B. (MIC); Rousseau, L. (INRS-Eau)

AVANT-PROPOS

A la suite du rapport intitulé "Le mercure au Nord-Ouest québécois - aspects environnementaux", les Services de Protection de l'environnement ont mis sur pied un Comité d'intervention regroupant les ministères des Affaires Sociales, des Richesses Naturelles, de l'Industrie et du Commerce, du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche ainsi que des représentants de l'Hydro-Québec, de SEBJ, et de l'INRS-Eau.

Le premier travail de ce Comité fut d'élaborer la problématique des substances toxiques au Québec et une stratégie d'intervention; pour ce faire, neuf (9) sujets furent traités dont celui-ci.

Les auteurs de ces textes sont soit du milieu gouvernemental, du milieu universitaire ou à titre de consultant. Le Haut Comité sur les substances toxiques leur a confié ce travail de par leur compétence dans le secteur étudié et leur expérience antécédente relative au sujet traité.

L'ensemble de la problématique comporte les sujets suivants:

TOME I	L'agression toxique.	J.L. Sasseville INRS-Eau
TOME II	Eléments d'une approche rationnelle aux problèmes environnementaux.	Bernard Bobée & J.L. Sasseville INRS-Eau
TOME III	Méthodologie d'analyse des situations d'agresseur par les substances toxiques.	Hubert Demard INRS-Eau

- TOME IV Les substances toxiques présentes dans l'environnement. Aristide Bouchard & Roland St-Jean S.P.E.Q.
- TOME V L'inventaire sommaire des activités dans le domaine des substances toxiques dans l'environnement. Hélène Weber & Daniel Barbeau S.P.E.Q.
- TOME VI La planification prospective et la méthode des scénarios pour les problèmes de contaminants toxiques dans le milieu québécois. Michel Leclerc INRS-Eau
- TOME VII Les moyens d'intervention face à la présence des substances toxiques dans l'environnement. Yves Descôteaux A.G.I.R.
- TOME VIII Les substances toxiques dans le fleuve St-Laurent. André Caillé Comité d'étude sur le fleuve St-Laurent
- TOME IX Le St-Laurent maritime et les toxiques - éléments de problématique. F.-Robert Boudreault M.I.C.

RESUME

Par quelques exemples, le présent document tente de développer trois approches permettant d'analyser des situations d'agression par les substances toxiques en vue d'en déterminer les causes et les conséquences.

La première approche, développée pour le plomb et les BPC, correspond à une situation où, la substance à aborder étant connue, on cherche à établir un bilan et un plan d'intervention.

La seconde approche, appliquée à la pollution atmosphérique urbaine, est requise lorsqu'on connaît seulement les conditions d'agression.

La troisième approche dérive des cas où l'agresseur est connu; on doit alors déterminer les diverses substances toxiques en présence et leur cheminement. Le milieu naturel, les activités forestières, le milieu urbain et les industries manufacturières ont été abordées dans ce cadre.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
TABLE DES MATIERES	i
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	vi
INTRODUCTION	1
PROBLEMATIQUE	2
METHODOLOGIE	2
1. L'AGRESSEUR	4
1.1 <u>L'émission de substances toxiques en milieu urbain: par P. MCKAY, R. MERCIER et H. DEMARD</u>	4
1.2 <u>Contribution du milieu naturel géologique à l'émission de substances toxiques: par L. POTVIN</u>	5
1.2.1 Les sources naturelles de métaux toxiques	10
1.2.2 Les mécanismes naturels de libération des éléments toxiques	22
1.2.3 Le cycle naturel des métaux dans l'environnement	28
1.2.4 Modifications aux mécanismes naturels de libération des métaux toxiques	32
1.2.5 Recommandations	32
1.3 <u>L'émission de substances toxiques au cours des activités forestières: par H.N. LEBLANC et L. ROUSSEAU</u>	35
1.3.1 La forêt québécoise: ses caractéristiques et son exploitation	37
1.3.2 Les facteurs d'altération du milieu forestier	56
1.3.3 Recommandations pour une approche intégrée à la mise en valeur du milieu forestier	66

1.4	<u>Le système agresseur : cas de l'industrie manufacturière:</u> par M. GAUVIN, H. DEMARD et B. TREMBLAY	72
1.4.1	Caractères de l'émission	73
1.4.2	Agresseur et système de relations	75
1.4.3	Propositions concernant le système de relations	77
2.	LES AGENTS D'AGRESSION PAR J. DARTOIS	79
2.1	<u>L'approche par agent d'agression</u>	79
2.2	<u>Cas du plomb</u>	80
2.2.1	Propriétés du plomb et de ses dérivés	80
2.2.2	Sources naturelles	81
2.2.3	Sources anthropogéniques	81
2.2.4	Devenir du plomb dans l'environnement	96
2.2.5	Conséquences de la présence de plomb dans l'environnement	99
2.2.6	Potentiel d'intervention	102
2.3	<u>Cas des biphényles polychlorés (BPC)</u>	108
2.3.1	Origine et propriétés physicochimiques	108
2.3.2	Les activités humaines comme sources de BPC	108
2.3.3	Devenir des BPC dans l'environnement	116
2.3.4	Conséquences de la présence de BPC dans l'environnement	118
2.3.5	Potentiel d'intervention	121
3.	L'AGRESSION TOXIQUE ET SES CONSEQUENCES: ANALYSE DE L'AGRESSION ATMOSPHERIQUE EN MILIEU URBAIN PAR H. DEMARD ET P. MCKAY	126
3.1	<u>Caractères de l'agression atmosphérique</u>	126
3.2	<u>Effets directs de l'agression atmosphérique</u>	127
3.3	<u>Conséquences de l'agression atmosphérique</u>	128
3.4	<u>Les interventions et leurs conséquences</u>	131
3.5	<u>Recommandations</u>	133

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEXE 1: Produits toxiques introduits dans le traitement de l'eau de consommation et des eaux usées par R. MERCIER, SPEQ.
- ANNEXE 2: L'industrie manufacturière au Québec (situation économique sectorielle) par B. TREMBLAY, MIC.

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>	
1.1	Classification des éléments d'après leur toxicité	9
1.2	Concentrations de quelques éléments dans différents matériaux naturels	11
1.3	Concentrations typiques de Hg et As dans les roches	13
1.4	Données sommaires pour le Hg, le C, le S et le Zn, dans les shales du Précambrien; le Hg dans les shales du Paléozoïque et les roches de l'Archéen	16
1.5	Concentrations de mercure dans quelques minerais	18
1.6	Concentrations de mercure dans les eaux, les sols et l'air	20
1.7	Concentrations de mercure dans les dépôts fossilisés (en ppb)	23
1.8	Mercure dans l'air et dans les émanations volcaniques; (en nanogramme par mètre cube; 1 nanogramme = 10^{-9} g.)	26
1.9	Pesticides utilisés en foresterie	62
1.10	Herbicides utilisés en foresterie	63
1.11	Sylvicides utilisés en foresterie	64
2.1	Production et consommation de plomb au Canada en 1970	83
2.2	Mines québécoises produisant du plomb	85
2.3	Principales utilisations du plomb	86
2.4	Répartition par secteur du plomb consommé	87
2.5	Emissions atmosphériques de plomb au Québec et au Canada en 1970	90
2.6	Teneur en plomb de l'air intérieur de certaines usines	92
2.7	Libération de plomb à la consommation	93

2.8	Facteur d'enrichissement maximum dans les organismes marins et concentrations maximums retrouvées dans différents organismes	98
2.9	Ingestion humaine de plomb en $\mu\text{g}/\text{jour}$	100
2.10	Teneur en plomb des eaux de surface	103
2.11	Usages (passés et actuels) des BPC et des TPC	111
2.12	Répartition des différents types de BPC et TPC selon les usages	112

LISTE DES FIGURES

		<u>PAGE</u>
1.1	Origine et cheminement des agents d'agression reliés au milieu urbain	6
1.2	Localisation des sites d'échantillonnage des shales de l'Archéen et de l'Aphébien indiquant la teneur moyenne en mercure dans chaque localité	14
1.3	Les effets du pergélisol sur les processus de libération d'un métal	25
1.4	Schéma du cycle biogéosphérique du mercure	29
1.5	Description schématique du cycle du mercure	30
1.6	Cycle géochimique des métaux lourds	31
1.7	Géologie du bassin du lac Mistassini	33
1.8	Grandes régions floristiques du Québec	38
1.9	Zones de végétation forestière du Québec	39
1.10	La tenure des terres forestières en 1976	40
1.11	Cheminement des produits et interventions (cas de l'industrie manufacturière)	74
1.12	Lignes de force des relations des dernières années	76
2.1	Cycle du plomb naturel	82
2.2	Libération du plomb résultant des activités humaines et devenir dans l'environnement	91
2.3	Concentrations moyennes en plomb dans l'eau, le biota et les sédiments	97
3.1	Conséquences des dommages matériels causés par l'agression atmosphérique	130

INTRODUCTION

La compréhension des phénomènes reliés à la présence de substances toxiques est à la base de toute intervention. Le concept le plus évident est certainement celui de l'effet où se manifeste la toxicité de la substance envers un organisme vivant. Malheureusement dans la plupart des cas il est impossible d'attendre de connaître en détail les mécanismes de toxicité avant de passer à des interventions. Comme par ailleurs on peut soupçonner les grandes lignes de ces mécanismes, la structuration des interventions doit alors se baser sur l'évaluation des causes et des conséquences de la présence de substances toxiques.

La détermination de la nature et la hiérarchisation des causes de la présence de substances toxiques dans le milieu nécessitent que l'on fasse appel aux caractères de ces causes:

- . de naturelles (mercure) à anthropogéniques (biphényles polychlorés)
- . de volontaires (usage de pesticides) à involontaires (impuretés dans un produit fini)
- . d'accidentelles (erreur humaine) à systématiques (procédé chlore-alcali)
- . de connues à inconnues en passant par soupçonnées

De la même façon on peut caractériser les conséquences découlant de la présence de substances toxiques suivant qu'elles sont:

- . reliées ou non à des effets réels; il peut en effet arriver que la connaissance de la présence de substances toxiques soit suffisante pour entraîner des conséquences même en l'absence d'effets
- . connues ou inconnues
- . exercées sur la santé de l'homme, sur son comportement, sur ses activités économiques, ou sur son système de valeurs.

De plus les interventions elles-mêmes entraînent également des conséquences suivant des caractéristiques de même nature que l'agression toxique.

PROBLEMATIQUE

En l'absence de préoccupations spécifiques de la part de l'organisme chargé de la protection de l'environnement, les problèmes se manifestent dans l'opinion publique sous forme de dossiers qui mûrissent sous l'impulsion de travaux ponctuels dans le temps et, souvent, également dans l'espace. Une autre caractéristique de ces dossiers est qu'ils sont généralement centrés sur des effets et qu'il devient alors très long et très complexe de les analyser et d'y répondre. Une analyse des causes et des conséquences est alors un élément important de la stratégie d'intervention.

Par ailleurs toute démarche visant à implanter des programmes d'intervention ne peut se passer d'un approfondissement des effets mais, comme nous l'avons déjà souligné, la durée de telles études est généralement incompatible avec l'établissement de priorités d'intervention; aussi doit-on aussi procéder à une évaluation des causes et des conséquences non seulement de l'agression toxique elle-même mais également de l'intervention. Dans ce cadre là, il est évident que les conditions dans lesquelles se déroule l'intervention sont beaucoup mieux contrôlées que dans le premier cas.

METHODOLOGIE

Dans l'élaboration d'une stratégie d'intervention orientée tant vers la réponse à des problèmes spécifiques ponctuels dans le temps et dans l'espace que vers l'implantation de programmes, trois types de situation sont rencontrés:

- une substance toxique est identifiée comme source de problème; les agresseurs ne sont pas toujours connus. On doit en plus d'accumuler des connaissances sur ses effets, recher-

cher ses causes et ses conséquences en vue d'établir un programme d'intervention

- une situation d'agression atteint un niveau où l'on constate (ou soupçonne) la gravité des conséquences. Les agents d'agression et les agresseurs sont souvent non identifiés
- les agresseurs sont connus (telle type d'industrie par exemple); les agents d'agression le sont moins, la situation d'agression est soupçonnée et l'on cherche à établir un programme d'intervention.

Ne connaissant pas a priori l'importance relative de chacune de ces situations et soupçonnant en plus que les trois seront nécessairement rencontrées, nous nous sommes attachés à analyser chacune d'elles en constituant quelques dossiers en fonction des personnes-ressources disponibles. C'est ainsi qu'on retrouvera dans ce document un dossier sur :

- . les agents d'agression: cas du plomb et des biphényles polychlorés
- . les situations d'agression: cas de la pollution atmosphérique urbaine
- . les agresseurs: cas du milieu naturel, des activités forestières, du milieu urbain, des industries manufacturières.

1. L'AGRESSEUR

L'opinion publique est, à tort ou à raison, souvent tentée de pointer du doigt un certain nombre des principaux responsables des nuisances. Le cas du mercure dans le Nord-Ouest Québécois a prouvé que la mise en scène est jusqu'à un certain point la même dans le cas des substances toxiques. La tendance à l'approche par catégorie d'agresseur correspond donc à une inclinaison quasi naturelle. Comme par ailleurs les nuisances ont été traditionnellement envisagées par les organismes protecteurs de l'environnement suivant le même schéma (voir Environnement Industriel au Québec), on est donc tenté de monter par secteur d'activité des dossiers regroupant l'ensemble des substances toxiques.

Si le dossier peut être assez complet au niveau des causes premières, les effets sont cependant beaucoup plus difficiles à cerner dans ce type d'approche et, partant de là, les conséquences seront encore plus délicates à évaluer. Par contre, dans la mesure où les programmes d'intervention ont nécessairement cette dimension, l'analyse des conséquences des interventions sur l'agresseur sera facilitée.

Nous nous sommes donc contentés d'étudier les causes premières dans le cas du milieu naturel, des activités forestières et du milieu urbain et les conséquences des interventions dans le domaine de l'industrie manufacturière.

1.1 L'EMISSION DE SUBSTANCES TOXIQUES EN MILIEU URBAIN (P. McKay, SPEQ; R. Mercier, SPEQ; H. Demard, INRS-Eau)

Outre les activités reliées à notre travail, nos loisirs, le milieu de vie que nous qualifierons de domestique (alimentation exclue) fait désormais appel volontairement ou non, accidentellement ou non, à un ensemble de substances toxiques ou susceptibles de le devenir à la suite de leur utilisation. L'urbanisation est traditionnellement tenue pour responsable d'une part de la naissance et de l'augmentation des besoins en activités ou en biens utilisateurs et émetteurs de substances toxiques, et d'autre

part constitue le cadre physique où s'exerce une partie des effets (Ward, 1976) qui en découle. L'industrialisation et l'avènement d'une société de production sont par ailleurs considérés comme les autres phénomènes à l'origine de la situation actuelle (Valanskakis, 1976).

Dans ce cadre nous nous sommes livrés à un exercice qui, pour simple qu'il est, n'en est pas moins révélateur de la quantité et de la diversité des substances toxiques qui interviennent dans notre vie domestique. On retrouvera dans la figure 1.1 les utilisations et le cheminement de quelques substances toxiques dont une évaluation plus complète pourrait être menée à bien en considérant le bilan de l'ensemble des biens qui entrent et sortent d'une ville type. Chaque fois que ceci a été possible, une évaluation sommaire des quantités de substances toxiques mise en jeu est fournie.

Ce niveau d'analyse pertinent à une visualisation globale des causes élémentaires est certainement insuffisant pour fournir matière à une action spécifique. Aussi avons-nous tenté d'approfondir un cas particulier, celui des produits toxiques introduits par la désinfection au chlore des eaux de consommation et des eaux usées (ANNEXE 1).

1.2 CONTRIBUTION DU MILIEU NATUREL GEOLOGIQUE A L'EMISSION DE SUBSTANCES TOXIQUES (L. Potvin, INRS-Eau)

Les éléments qui sont générés par le milieu naturel géologique, c'est-à-dire par la lithosphère et la pédosphère, consistent essentiellement en métaux et métalloïdes tels que le plomb, le cuivre, le zinc, le mercure, l'arsenic, etc... Ces éléments se retrouvent à l'état naturel dans l'écorce terrestre généralement à de faibles doses mais parfois, comme dans le cas du mercure, à des concentrations plus grandes. Tous ces éléments ont des propriétés toxiques, soit à l'état élémentaire, soit à l'état combiné. Certains sont indispensables aux organismes vivants car ils entrent dans la constitution d'enzymes: le zinc et le magnésium, par exemple. Cependant, si le milieu est surchargé en métaux, les végétaux et les animaux en absorbent plus qu'il le faut et cet excès devient toxique. Plusieurs

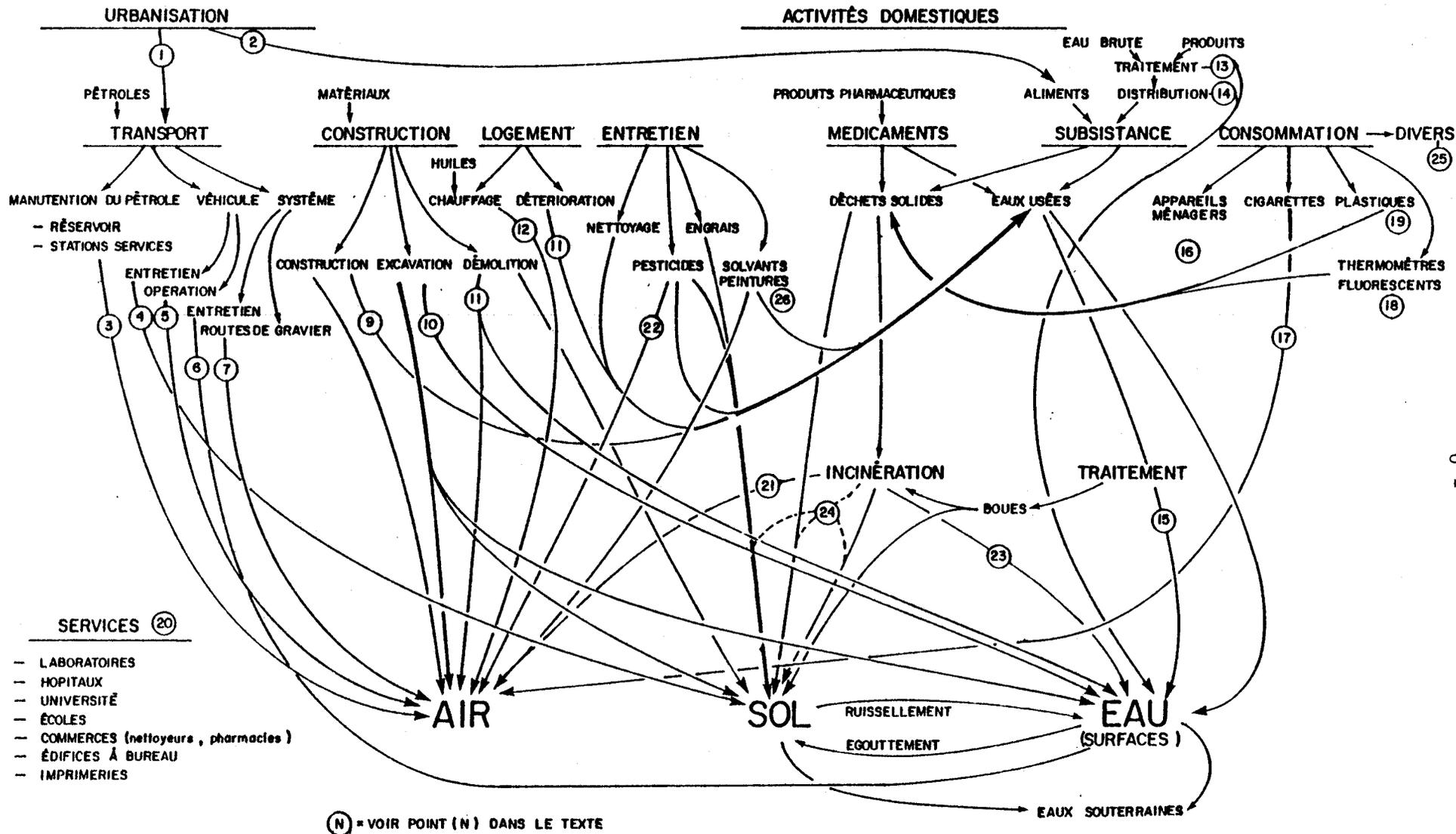


Figure 1.1. Origines et cheminement des agents d'agression reliés au milieu urbain.

FIGURE 1.1: Commentaires sur les liens exprimés sur le schéma

POINTS	COMMENTAIRES	POINTS	COMMENTAIRES
1	Le genre d'urbanisation influence la demande de déplacements. "Parmi les diverses raisons qui ont fait de l'automobile un mode de transport privilégié, M. Léonard (Ministre d'Etat à l'Aménagement) note plus particulièrement l'absence d'une politique d'aménagement urbain qui tienne compte de la nécessité de diminuer les besoins en transport. Les besoins de transport ont augmenté en grande partie en raison d'un manque de planification, souligne-t-il tout en insistant sur l'éloignement des zones commerciales, industrielles et résidentielles". (Le Devoir, 21 mars 77).		<p>Cd : 15 tonnes (résid. + comm.)</p> <p>V : 578 " "</p> <p>Pb : =20 " "</p> <p>Zn : = 5 " "</p> <p>Hg : = 3 " (huiles légères + partie huiles lourdes)</p> <p>Be : =500 lbs (résid. + comm.)</p>
2	La croissance des villes affecte la production et la distribution d'aliments. La banlieue offre des possibilités de jardinage, donc l'utilisation domestique de pesticides et engrais. L'extension des villes se fait surtout au détriment des meilleures terres arables. Les agriculteurs se voient repousser vers des sols moins propices où l'on doit faire des travaux de drainage (sédimentation et érosion) et où l'on compense la fertilité réduite par des engrais. Les zones agricoles plus éloignées engendrent des besoins accrus de transport et de conservation (donc additifs).	13	La réaction des composés organiques avec le chlore donne des organo-chlorés (ANNEXE 1). La réaction avec l'ozone ou le $KMnO_4$ n'est pas connue.
3	La manutention de pétrole résulte en des émissions d'hydrocarbures: 1250 tonnes par an attribuables aux stations services et 2,500 à 3,000 tonnes par an pour les réservoirs portuaires à Québec seulement (SPEQ, 1976). Au Québec, il y a perte de 2 tonnes de plomb annuellement qui vont dans l'atmosphère (Environnement Canada, 1973).	14	Plomb, Cuivre, PVC et Chlore libérés par les tuyaux.
4	En supposant que 25% de l'huile usée est brûlée, on obtient un chiffre de 40 tonnes/an de plomb émis dans l'atmosphère au Québec (Environnement Canada, 1973). Il y a également du plomb dans les batteries (en partie recyclé). Les carcasses d'auto et les pièces d'auto représentent un volume important de déchets pouvant contenir des toxiques.	15	La désinfection des eaux usées par le chlore conduit définitivement à la production d'organo-chlorés et d'aminochlorés; il y a aussi une possibilité de formation de biphényles polychlorés.
5	L'opération des véhicules de transport a résulté dans une émission atmosphérique de 65 tonnes de monoxyde de carbone, 62.3 tonnes d'hydrocarbures, 67 tonnes d'oxydes d'azote (NO_x) sur le territoire de la CUQ en 1972. Au Québec, il y a 3561 tonnes/an de plomb émis à l'atmosphère (Environnement Canada, 1973) par l'essence surtout d'automobiles. Il faut aussi compter sur une tonne/an de cadmium dO essentiellement à la marine (Environnement Canada, 1976), et environ 2 tonnes/an de mercure. L'huile émet du zinc et les pneus dégagent 234 tonnes/an de zinc dans l'atmosphère (Environnement Canada, 1976). Les freins dégagent 24 tonnes/an d'amiante (Environnement Canada, 1973), mais il est possible que l'amiante soit sous une forme inoffensive. Le transport de contaminants résulte également dans leur émission.	16	Par exemple: plomb dans les soudures.
6	Le déglacage des rues entraîne l'émission de calcium et indirectement de chrome, et de divers métaux provenant des carrosseries de voitures.	17	Une foule de produits cancérigènes.
7	Il existe des problèmes de poussières ou d'abat-poussières (ex.: plomb dans les huiles usées).	18	Emission d'environ 0.2 tonne/an de mercure provenant des fluorescents (Environnement Canada, 1973) ainsi que des biphényles polychlorés. Emission de mercure provenant des thermomètres.
9	Le recouvrement des toits en goudron libère des quantités d'hydrocarbures. L'installation d'isolants à l'amiante émet 0.4 tonnes/an dans l'air (Environnement Canada, 1973).	19	Plastifiants, chlore etc...
10	Production de sédiments au cours des opérations d'excavation; références: Anderson et McCall (1968), Thomas (1969).	20	Au Québec, émissions annuelles de 1.1 tonne de mercure (thermomètres d'hoûtiaux), 8 tonnes de plomb (imprimeries). Aux Etats-Unis, 9.7% des émissions d'hydrocarbures sont dues aux commerces (surtout nettoyage: cf perchlorethylène).
11	Mise en disponibilité de matériaux, comme le plomb des peintures, l'amiante des isolants.	21	Emissions annuelles (au Québec) résultant de l'incinération des déchets: (Environnement Canada): <p>Hg : 2 tonnes</p> <p>Zn : 30 tonnes</p> <p>Pb : 28 tonnes</p> <p>F : 1 tonne</p> <p>Mn : 2 tonnes</p> <p>Cd : 612 lbs (+ chlore et BPC.)</p>
12	Emission résultant du chauffage sur le territoire de la CUQ en 1972 (SPEQ, 1976): <p>particules : 431 tonnes</p> <p>SO_2 : 3,356 "</p> <p>SO_3 : 47 "</p> <p>HCHO : 83 "</p> <p>CO : 207 "</p> <p>HC : 124 "</p> <p>NO_x : 497 "</p> <p>Emissions annuelles au Québec, en supposant qu'environ 40% des huiles lourdes sont utilisées pour le chauffage (résidentiel et commercial):</p>	22	Emissions annuelles (au Québec) résultant de l'application de pesticides (Environnement Canada): <p>Hg : 0.3 tonne</p> <p>Zn : 1 tonne</p> <p>Pb : 1.3 tonne</p> <p>Mn : 2 tonnes</p> <p>As : 0.5 tonne</p> <p>Voir aussi: "Pollution and the Municipalities" (EPA, 1974)</p>
		23	Eaux de refroidissement contaminées.
		24	On exige que des pesticides soient étendus sur les sites de dépôts et d'enfouissement sanitaire. Les cendres d'incinérateurs contiennent des substances toxiques.
		25	Vanadium, fluor, plomb dans les céramiques; biphényles polychlorés dans le papier copie, les encres.
		26	Plomb des peintures. Mercure émis dans l'air lors de l'application de peinture: 1.2 tonne/an au Québec (Environnement Canada, 1973). Biphényles polychlorés.

métaux sont donc causes de maladies: l'arsenic, le cadmium, le plomb, le chrome, le cuivre, le zinc et le nickel (Dajoz, 1977). Ces métaux sont généralement libérés par les activités humaines en plus grande quantité que par la décomposition naturelle des roches-mères. Il n'en demeure pas moins que certains métaux concentrés à un haut degré puissent être libérés de façon naturelle.

Certains éléments naturels contenus dans l'écorce terrestre peuvent constituer des éléments toxiques pour les organismes vivants. Comme on l'a mentionné, ces éléments consistent presque essentiellement en métaux lourds et métalloïdes. Le tableau 1.1 fournit une classification des éléments de l'écorce terrestre d'après leur toxicité (Wood, 1976).

Une autre manière de classer les métaux présents dans la chaîne biologique serait de les diviser en trois groupes:

- les métaux légers: Na^+ et K^+ transportés généralement comme cations mobiles dans les solutions aqueuses
- les métaux de transition dont le rôle est essentiel dans la catalyse enzymatique: Fe, Co, Cu, Mo, Zn, Co
- les métaux lourds et métalloïdes: Hg, Pt, Au, Pb, Sn, Be, As, Se, Te, etc.. Ils peuvent parfois être nécessaires à la cellule mais sont toxiques même à faible concentration. Ce dernier groupe forme la deuxième colonne du tableau 1.1 (Wood, 1976).

Les métaux les plus toxiques sont ceux qui comme le mercure, l'étain, l'arsenic, etc. (tableau 1.1) peuvent donner lieu à des complexes organo-métalliques stables dans l'eau comme les alkyl-métaux; la plupart des alkyl-métaux sont en effet des poisons pour le système nerveux central. Nous verrons plus loin le rôle joué par les micro-organismes dans la synthèse des alkyl-métaux (Wood, 1976).

TABLEAU 1.1: Classification des éléments d'après leur toxicité

Les éléments encadrés sont ceux qui donnent des alkyl-métaux par réaction avec la vitamine B₁₂ méthylée; les éléments soulignés sont les métaux lourds.

A. Eléments inoffensifs	B. Eléments très toxiques et relativement accessibles	C. Eléments toxiques mais insolubles ou très rares
Na sodium	Be <u>béryllium</u>	Ti titane
K potassium	Co cobalt	Hf hafnium
Mg manganèse	Ni nickel	Zr zirconium
Ca calcium	Cu cuivre	W tungstène
H hydrogène	Zn zinc	Nb niobium
O oxygène	Ⓢn <u>étain</u>	Ta tantale
N azote	ⓐs arsenic	Re rhénium
C carbone	Ⓢe sélénium	Ga gallium
P phosphore	Ⓣe tellure	La lanthane
Fe fer	Ⓟd <u>palladium</u>	Os osmium
S soufre	Ag argent	Rh rhodium
Cl chlore	Cd cadmium	Ir indium
Br brome	Ⓟt <u>platine</u>	Ru ruthénium
F fluor	ⓐu or	Ba baryum
Li lithium	Ⓣg <u>mercure</u>	
Rb rubidium	Ⓣl thallium	
Sr strontium	Pb <u>plomb</u>	
Al aluminium	Sb antimoine	
Si silicium	Bi bismuth	

SOURCE: Wood, 1976

1.2.1 Les sources naturelles de métaux toxiques

Deux sources naturelles vont contribuer de façon majeure à la présence d'un métal dans une région donnée: 1^o la roche mère 2^o les minerais.

Les autres sources naturelles sont plus ou moins reliées aux deux premières, soit les matériaux de surface et les sols, le pergélisol, les sédiments lacustres et fluviaux et les dépôts fossilisés.

a) La roche mère

Le type de roche-mère, la période géologique pendant laquelle elle a été formée, les conditions géologiques qui ont prévalu lors de sa formation de même que ses propriétés chimiques et physiques sont autant de facteurs qui peuvent faire varier la concentration d'un élément dans une roche.

Le type de roche

L'écorce terrestre est constituée de roches ignées et métamorphiques représentant 95% des roches totales alors que les roches sédimentaires ne représentent que 5%. Malgré ce faible pourcentage, les roches sédimentaires et les sols qui en dérivent jouent un rôle important pour l'homme parce qu'elles forment une grande partie des roches exposées à la surface de la terre et parce qu'elles constituent les matériaux d'où les plantes et subséquemment les animaux tirent leur nourriture (Fleischer, 1974).

Les roches sédimentaires et en particulier les roches sédimentaires à grain fin tels les shales et les argiles à cause de leur grande capacité d'adsorption, vont concentrer les plus grandes quantités de métaux traces. Au tableau 1.2, apparaissent les concentrations de quelques éléments dans différents types de roches (Fleischer, 1974).

TABLEAU 1.2: Concentrations de quelques éléments dans différents matériaux naturels (en ppm)

	Cadmium	Chrome	Cuivre	Fluor	Iode	Plomb	Lithium	Molybdstène	Sélénium	Zinc
Roches ignées ultrabasiques (a) (b)	0.05 (0-0.2)	1800 (1000-3400)	15 (2-100)	- -	0.7 (0.05-0.3)	1 -	0.5 -	0.3 -	0.05 -	40 -
Roches ignées basaltiques (a) (b)	0.2 (0.006-0.6)	220 (40-600)	90 (30-160)	360 (20-1060)	0.5 -	6 (2-18)	20 (3-50)	1.5 (0.9-7)	0.05 -	110 (48-240)
Roches ignées granitiques (a) (b)	0.15 (0.003-18)	20 (2-90)	15 (4-30)	870 (20-2700)	0.5 -	18 (6-30)	35 (10-120)	1.4 (1-6)	0.05 -	40 (5-140)
Shales et argiles (a) (b) (c)	1.4 (0-11)	120 (30-590)	50 (18-120)	800 (10-7600)	5(?) (212-380)	20 (16-50)	80 (4-400)	2.6 -	0.6 -	90 (18-180)
Shales noirs (forte teneur en carbone) (d)	1.0 (0.3-8.4)	100 (26-1000)	70 (20-200)	- -	- -	20 (7-150)	- -	10 (1-300)	- -	100(?) (34-1500)
Argiles de mer profonde (a) (b)	0.5 (0.1-1)	90 -	250 -	1300 -	35(?) (11-50)	80 -	57 -	27 -	0.17 -	165 -
Calcaires (a) (b) (c) (e)	0.05 -	10 -	4 -	220 (0-1200)	5 (0.4-29)	9 -	7 (5-10)	0.4 -	0.08 -	20 -
Grès (a) (b) (c)	0.05 -	35 -	2 -	180 (10-880)	1.7 -	7 (1-31)	30 (7-90)	0.2 -	0.05 -	16 (2-41)
Phosphorites (f)	30 (0-170)	300 (30-3000)	30 (10-100)	31,000 24000-41500	- -	10 (10-30)	- -	30 (3-300)	18 (1-100)	50 (20-300)
Charbon (cendres) (a)	2 -	20 (10-1000)	15 (2-40)	80 (40-480)	4 (1-11)	15 (2-50)	50 (2-300)	5 (0.2-16)	2 (0.4-3.9)	50 (7-108)

(a) Turekian et Wedepohl (1961)

(d) Vine, J.D. et Tourtelot, E.B. (1970)

(g) U.S. Geological Survey (1972)

(b) Parker (1972)

(e) Wedepohl (1970)

(c) Becker *et al.* (1972)

(f) Gulbrandsen, R.A. (1966)

Note: Les valeurs entre parenthèses représentent la gamme des concentrations couramment rencontrées

On constate que les roches sédimentaires riches en matière organique, notamment les shales noirs carbonés, concentrent en plus grande quantité que les autres roches, des éléments tels que le cadmium, le zinc, le cuivre, le plomb, le molybdène, etc...

Le tableau 1.2 indique également que des concentrations très élevées en certains éléments, tel le cadmium, se retrouvent dans les phosphorites mais ce type de roche sédimentaire est inexistant au Québec. Par ailleurs, on peut noter que le chrome se concentre d'avantage dans les roches ignées ultrabasiques, telles que la péridotite (serpentine) et la pyroxénite; ces dernières roches se rencontrent au Québec dans les Appalaches, notamment dans les Cantons de l'Est.

Allan, Cameron et Jonasson (1974) ont évalué les concentrations en mercure et en arsenic dans différentes roches rencontrées au Canada (tableau 1.3). Ils ont constaté que les plus hautes concentrations en mercure soit de 100 à 3250 ppb, se trouvaient dans des roches sédimentaires: shales noirs et shales pyritiques que l'on rencontre notamment sur le Bouclier Canadien. Parmi les roches ignées, les roches feldspathoïdes riches en alcalins et les roches ultrabasiques présentaient les concentrations les plus élevées, soit respectivement 40 à 1400 ppb et 7 à 205 ppb; ces concentrations sont nettement inférieures à celles des roches sédimentaires. Quant à l'arsenic, les teneurs les plus élevées ont été observées dans les formations ferrifères et les sédiments riches en fer de même que dans les shales noirs et pyritiques (tableau 1.3).

La période géologique

Cameron et Jonasson (1972) ont mesuré la teneur en mercure en différents sites du Bouclier Canadien et notamment dans le Nord-Ouest québécois. La figure 1.2 localise la région d'étude ainsi que les différents sites d'échantillonnage. Cette région est composée de roches du Précambrien datant de l'Aphébien et de l'Archéen; les roches de ces deux périodes sont d'origine volcanique et sédimentaire. Les

TABLEAU 1.3: Concentrations typiques de mercure et d'arsenic dans les roches

Type de roche	Mercure (ppb)		Arsenic (ppm)	
	Gamme de valeurs	\bar{X}	Gamme de valeurs	\bar{X}
IGNEES				
Roches ultrabasiques (péridotite, pyroxénite, dunite, kimberlite, etc.)	7 - 205	168	0.034 - 15.8	1.5
Roches basiques extrusives (basalt, etc.)	5 - 40	20	0.18 - 113	2.3
intrusives (gabbro, diabase, etc.)	5 - 84	28	0.061 - 28	1.5
Roches intermédiaires extrusives (latite, trachyte, andésite, etc.)	20 - 200	66	0.5 - 5.8	2.7
intrusives (granodiorite, syénite, diorite, etc.)	13 - 64	38	0.091 - 13.4	1.03
Roches acides extrusives (rhyolite, etc.)	2 - 200	62	3.2 - 5.4	4.3
intrusives (granite, aplite, etc.)	7 - 200	62	0.18 - 15.0	1.29
Roches feldspathoïdes (nephéline, syénite, phonolite, etc.)	40 - 1,400	450	n.d.	n.d.
SEDIMENTAIRES				
Grès, arkose, conglomérat	<10 - 300	55	0.6 - 120	4.1
Shale et argilite	5 - 300	67	0.3 - 500	14.5
Shales, shales noir et shales pyritiques (Helikien), Labrador Nord, Bouclier Canadien	100 - 3,250	437	<3 - 500	17
Calcaire, dolomite, etc.	<10 - 220	40	0.1 - 20.1	2.6
Formations ferrifères et sédiments riches en fer	n.d.	n.d.	1 - 2,900	-
EVAPORITES				
Gypse et anhydrite	<10 - 60	25	0.1 - 10	3.5
Phosphorite	n.d.	n.d.	3.4 - 100	14.6
Halite, Sylvite, etc.	20 - 200	30	n.d.	n.d.
METAMORPHIQUES				
Marbre, roche cristalline,	10 - 100	50	n.d.	n.d.
Cornéennes	30 - 400	225	0.7 - 11	5.9
Quartzite	10 - 100	53	2.2 - 7.6	5.5
Ardoise et phyllite	n.d.	n.d.	0.5 - 143	18.1
Schiste	10 - 1000	100	0.0 - 18.5	1.1
Gneiss	25 - 100	50	0.5 - 4.1	1.5
Amphibolite et roche verte	30 - 90	50	0.4 - 45	6.3

Notes: \bar{X} : la moyenne arithmétique; n.d.: non disponible

SOURCE: Allan, Cameron et Jonasson, 1974.

Le mercure dans les shales précambriens du Bouclier Canadien

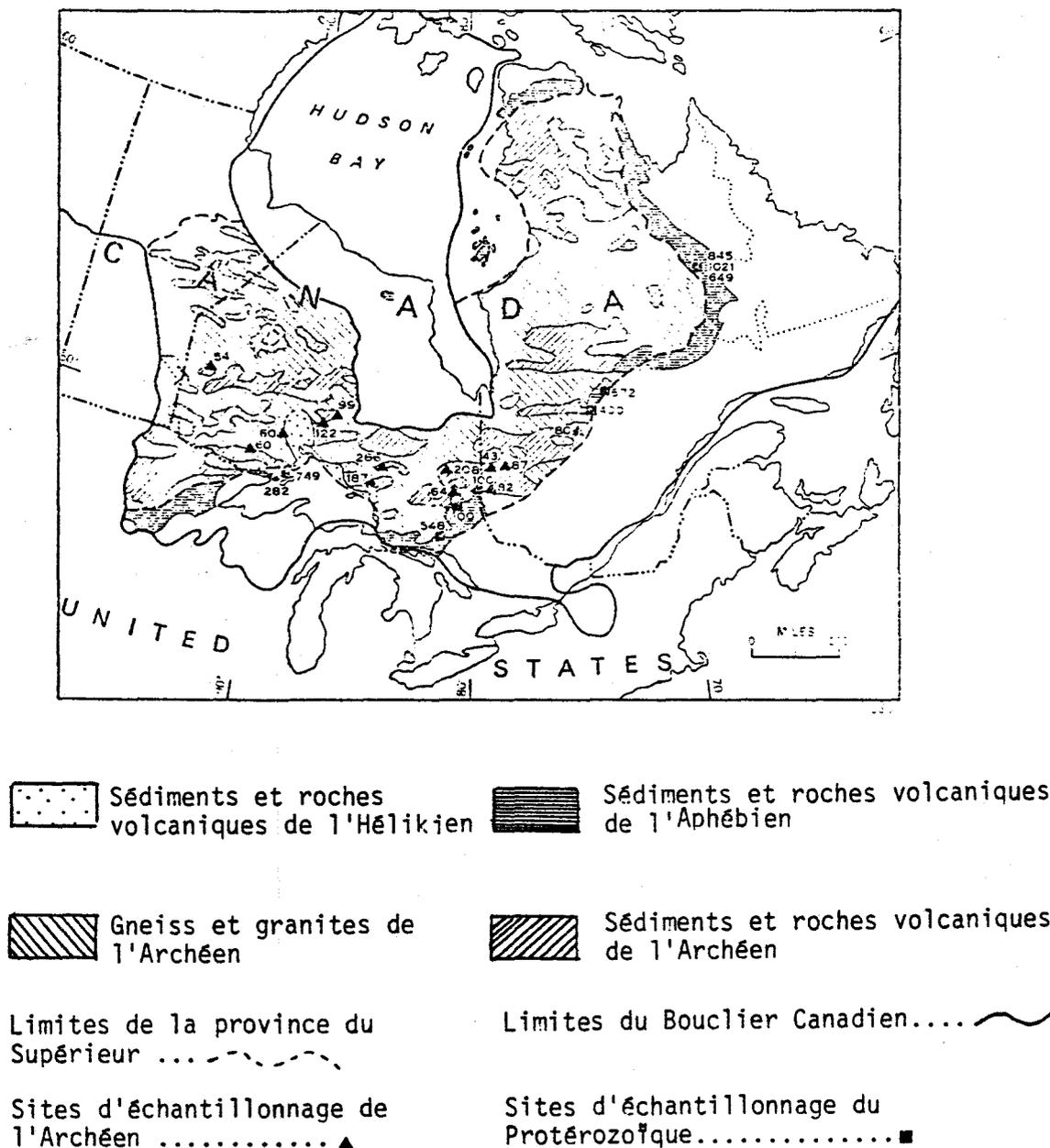


Fig. 1.2: Localisation des sites d'échantillonnage des shales de l'Archéen et de l'Aphébien indiquant la teneur moyenne en mercure dans chaque localité. Les noms des localités sont obtenus en se référant aux données du tableau 1.4.

SOURCE: Cameron et Jonasson, 1972.

roches volcaniques consistent en andésites et rhyolites métamorphisés qui furent déposés sur d'anciens sédiments marins et recouverts par la suite de sédiments maintenant métamorphisés en shales, shales carbonés (charbonneux) et schistes ardoisiers. Le tableau 1.4 indique que les concentrations en mercure des formations de l'Aphébien sont plus élevées que celles des roches plus anciennes de l'Archéen. Ainsi, la teneur moyenne pour tous les shales de l'Aphébien s'élève à 0.513 ppm avec un maximum de 0.672 ppm dans la formation de Témiscamie alors que la teneur moyenne des shales de l'Archéen est de 0.124 ppm. Par comparaison, les shales plus récents de l'ère paléozoïque provenant des Maritimes ne contiennent que 0.042 ppm de mercure confirmant ainsi l'hypothèse que les plus hautes teneurs sont présentes dans les roches de l'ère précambrienne (Archéen et Aphébien).

Les conditions géologiques liées à la formation de la roche

Cameron et Jonasson (1972) expliquent que les teneurs élevées de l'Archéen semblent reliées aux émanations volcaniques et à d'autres processus de dégazage de la terre qui ont marqué cette période. Dans les shales de l'Archéen, le Hg montre une corrélation positive avec le zinc, le carbone et le soufre (tableau 1.4).

Dans les shales de l'Aphébien une telle corrélation entre le mercure et le zinc n'existe pas. La présence de mercure semble ici d'avantage liée à la fraction carbonée de la roche qu'à des émanations volcaniques. Dans les deux formations, le mercure s'est fixé dans la matière carbonée consistant principalement en graphite. La pyrite qui s'est formée durant la diagenèse des sédiments boueux en shales, contient aussi une grande proportion de mercure. La présence de la pyrite oxydante dans les roches favorise la libération du mercure.

Cameron et Jonasson (1972) concluent donc que la présence de grandes étendues de métasédiments carbonés et pyritiques du Précambrien et particulièrement ceux de l'Aphébien, constitue un facteur significatif pouvant servir à déterminer des niveaux de base élevés en mercure dans les sédiments dans les eaux et subséquemment dans le biota des lacs et des rivières.

TABLEAU 1.4: Données sommaires pour le mercure, le carbone, le soufre et le zinc dans les shales du Précambrien; le mercure dans les shales du Paléozoïque et les roches de l'Archéen

	Hg, ppb							
	N	\bar{X}	G	M	S	$\bar{X}C\%$	$\bar{X}S\%$	$\bar{X}Zn$ ppm
ARCHEEN								
Red Lake	12	54	52	54	15	1-73	4-6	177
Atikokan	27	60	59	57	12	0-20	0-22	101
Lac des Iles	48	60	53	51	30	0-21	0-35	93
Beardmore	7	122	120	110	27	0-10	0-10	132
Geralton	48	99	94	89	33	0-10	0-15	106
Michipicoten	7	187	181	172	47	1-76	10-3	192
Oba	5	286	254	255	55	7-6	10-9	765
Timmins	141	208	141	120	386	1-27	1-93	633
Matachewan	9	64	62	59	15	0-48	0-74	134
Larder Lake	47	100	89	78	57	0-19	0-17	122
Kenojevis Rv.	11	82	80	76	19	0-16	0-14	100
Desmeloizes	6	43	42	39	12	0-12	0-28	93
Amos-Barraute	9	87	79	63	44	0-39	0-10	105
Chapais	29	80	76	79	24	0-30	0-16	91
ARCHEEN TOTAL	406	129	94	86	238	0-74	1-25	300
APHEBIEN								
Whitewater	16	543	367	251	463	1-83	0-29	86
Gowganda	24	100	88	72	57	0-10	0-15	115
Gunflint	46	749	599	598	581	1-90	2-02	39
Rove	137	282	231	226	186	0-77	0-47	173
Albanel	38	400	308	274	391	5-1	3-71	20
Temiscamie	14	672	628	617	285	0-73	1-29	47
Attikamagen	50	649	545	496	415	2-05	2-07	52
Ruth	10	1021	1017	1030	97	1-09	0-12	49
Menihek	61	845	770	745	367	1-57	1-83	125
APHEBIEN TOTAL	396	513	368	408	426	1-61	1-37	106
SHALES PALEOZOIQUES DES PROVINCES MARI- TIMES								
	48	42	17	19	80	-	-	-
ROCHES VOLCANIQUES DE L'ARCHEEN Noranda, Qué.								
	98	8.4	7.2	5.5	6.0	-	-	-

Note: C représente le carbone organique; \bar{X} , la moyenne arithmétique; G, la moyenne géométrique; M, la médiane; S, l'écart-type; N, le nombre d'échantillons.

SOURCE: Cameron et Jonasson, 1972.

Les propriétés physiques et chimiques de la roche

De façon générale, la nature chimique de la roche qui est soit acide, soit alcaline affecte la libération d'un élément dans les eaux de surface. De plus, la structure de la roche qui peut être massive, poreuse ou fracturée joue un rôle dans le processus de libération d'un élément.

b) Les minerais

Dans le milieu naturel, les métaux se trouvent généralement sous trois formes:

- sous forme d'élément pur ou natif, ce qui est extrêmement rare
- sous forme de minerai, surtout de sulfures; ex: le cinabre (HgS)
- associé à un autre élément dans un minerai (sulfure); ex: le mercure peut être associé au zinc dans la sphalérite (ZnS).

La majeure partie des métaux se rencontrent donc sous forme de sulfures ou dans des sulfures. Ainsi, le mercure est principalement concentré dans le cinabre, (HgS) mais il se rencontre dans d'autres sulfures: tétrahédrite ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_1\text{S}_{13}$), sphalérite (ZnS), pyrite (FeS_2) galène (PbS), chalcopyrite (CuFeS). etc. Le tableau 1.5 indique la teneur en mercure mesurée dans différents minerais métalliques.

Dans le Nord-Ouest québécois, les roches du Bouclier contiennent plusieurs minerais sulfurés. Ainsi dans les régions de Chibougamau, Matagami, Val d'Or et Noranda, on trouve des sulfures de cuivre, de zinc et de plomb. Maclatchy et Jonasson (1974) ont observé que la teneur en mercure était généralement associée à celle du zinc, ce qui signifie qu'une grande partie du mercure se présente sous forme de sphalérite (ZnS). La teneur en mercure dans les concentrés de zinc varie de 2 ppm (région de Matagami) à 20 ppm (région de Noranda) et peut atteindre 150 ppm dans la région de Val d'Or. Le mercure est toutefois moins abondant dans les concentrés de cuivre, habituellement de 1 à 10% de la quantité trouvée dans les concentrés de zinc. Notons également que les sulfures de fer

TABLEAU 1.5: Concentrations de mercure dans quelques minerais.

Minéraux	Composition	Concentrations usuelles* (ppm)	Concentrations maximales** (en %)
Tétrahédrite	$Cu_{12} Sb_{14} S_{13}$	10 - 1,000	17.6 ; 21
Minerais de cuivre gris	$(CuAsSb)_x S_y$	5.0 - 500	14
Sphalérite	ZnS	0.1 - 200	1
Wurtzite	ZnS	0.1 - 200	0.03
Stibnite	$Sb_2 S_3$	0.1 - 150	1.3
Réalgar	AsS	0.2 - 150	2.2
Pyrite	FeS_2	0.1 - 100	2
Galène	PbS	0.04 - 70	0.02
Chalcopyrite	$CuFeS_2$	0.1 - 40	-
Bornite	$Cu_5 FeS_4$	0.1 - 30	-
Bournonite	$PbCuSbS_3$	0.1 - 25	-
Chalcocite	$Cu_2 S$	0.1 - 25	-
Marcasite	FeS_2	0.1 - 20	0.07
Pyrrhotite	$Fe_{1-x} S$	0.1 - 5	-
Molybdénite	MoS_2	0.1 - 5	-
Arsenopyrite	FeAsS	0.1 - 3	-
Orpiment	$As_2 S_3$	0.1 - 3	-
Or natif	Au	1.0 - 100	60
Argent natif	Ag	1.0 - 100	30
Barite	$BaSO_4$	0.2 - 200	0.5
Cérosite	$PbCO_3$	0.1 - 200	0.1
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	0.1 - 50	-
Fluorite	CaF_2	0.01 - 50	0.01
Calcite	$CaCO_3$	0.01 - 20	0.03
Aragonite	$CaCO_3$	0.01 - 20	3.7
Sidérite	$FeCO_3$	0.01 - 10	0.01
Calcédoine et silice opaline	$SiO_2 \cdot nH_2O$	0.01 - 10	-
Quartz	SiO_2	0.01 - 2	-
Pyrolusite	MnO_2	1.0 - 1,000	2
Oxydes de fer hydratés	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	0.10 - 500	0.2
Graphite	-	0.5 - 10	0.01
Charbon	-	0.05 - 10	2
Gypse	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	0.01 - 4	-

* Les concentrations rapportées dans cette colonne proviennent de la littérature et représentent les valeurs les plus couramment citées pour la teneur en mercure de ces minerais, quel que soit le type de dépôt.

** Les concentrations maximales citées ici ne sont pas nécessairement les plus élevées possible selon les principes de substitution isomorphe ou de formation de solutions solides, mais sont les valeurs maximales rapportées dans la littérature. En général, ces teneurs ne sont rencontrées que dans les cas où le minéral en question coexiste avec des dépôts de cinabre, de métacinabre ou d'autres composés mercuriques. Les teneurs inférieures à 0.01% ne sont pas rapportées ici.

SOURCE: Jonasson et Boyle (1972).

(pyrite) dans les roches du Précambrien peuvent expliquer la présence de mercure dans les eaux souterraines et de surface.

L'arsenic est un autre élément que l'on retrouve rarement ailleurs que dans des minerais sulfurés. Une forte proportion d'arsenic est présente dans la pyrite mais on le rencontre aussi dans tous les autres minerais sulfurés du Bouclier: chalcopryrite, sphalérite, galène, etc...

De façon générale, tous les minerais sulfurés ont un point commun: ils sont situés dans ou près des zones de failles ou de fractures.

c) Les dépôts de surface et les sols

Il convient de noter le rôle important des argiles et des sols organiques qui vont concentrer une grande quantité de métaux. Ainsi, la teneur en mercure est élevée dans les sols riches en matière organique, telles que les tourbières, et cet élément s'accumule d'avantage dans la couche superficielle du sol, soit l'horizon "A". En plus de leur haute teneur intrinsèque en mercure, les sols reçoivent du mercure venant de l'absorption des gaz volatilisés à partir de la roche-mère ou des dépôts minéraux et à partir des débris organiques résultant de la décomposition de la végétation. Le tableau 1.6 montre la concentration en mercure mesurée dans différents types de sol; on constate que celle-ci est particulièrement élevée dans l'horizon "A" des sols provenant de zones minéralisées.

d) Le pergélisol

Le pergélisol que l'on retrouve dans les régions nordiques et désertiques du Bouclier joue un rôle important dans la migration des métaux traces provenant des roches vers les sédiments d'un lac ou d'un cours d'eau. Ce rôle est relié aux effets du gel-dégel. Il a été démontré que la couverture neigeuse et les couches superficielles du sol accumulent des traces solubles d'ions métalliques qui peuvent migrer à travers le sol à partir des couches gelées de pergélisol. Lors du dégel, les couches supérieures du sol sont lessivées de leur métaux traces accumulés durant l'hiver.

TABLEAU 1.6: Concentrations de mercure dans les eaux, les sols et l'air.

Description	Gamme de valeurs	Moyenne
Eaux (ppb)		
Eau de pluie	0.05 - 0.48	0.20*
Neige	<0.005 - 0.05	0.01
Eaux de ruisseau, rivière et lac	0.01 - 0.10	0.03
Mers et océans	0.03 - 5.0	0.20*
Sources d'eau chaude et certaines eaux minérales	<0.01 - 2.5	0.10
Eaux souterraines	0.01 - 0.10	0.05
Mine de charbon, champ pétrolier et eaux de saline	0.1 - 230	
Sols (ppb)		
Sols (arctiques, tempérés et tropicaux)	20 - 150	70
Till, argile glaciaire, sable, etc.	20 - 100	50
Sols des zones minéralisées		
Horizon A	60 - 200	161
Horizon B	30 - 140	89
Horizon C	25 - 150	96
Croûtes altérées (limonitiques, latéritiques, etc.)	50 - 200	100
Air (ng par m³)		
Atmosphère	0.2 - 10	----
Atmosphère au-dessus des dépôts de mercure	30 - 1600	----
Sol au-dessus des dépôts de mercure	<1 - 2000	----
Emanations volcaniques	100 - 9600*	----
Condensés volcaniques et précipités (ppb)		
Condensés	0.2 - 72	----
Précipités	moins de 0.2%	----

* Nanogrammes par mètre cube

Certains métaux traces sont rapidement mobilisés sous une forme soluble et subséquemment emmenés vers les sédiments des lacs et ruisseaux par les eaux de fonte (Allan *et al.* 1974).

e) Les sédiments lacustres et fluviaux (d'après Allan *et al.* 1974)

Comme la plupart des régions du Bouclier ne sont à peu près pas habitées, on peut donc supposer, que les concentrations de métaux dans ces lacs ne peuvent être reliées directement aux activités humaines, à l'exception de certains éléments comme le plomb, qui peut être présent à cause du transport atmosphérique à longue portée. La teneur en éléments toxiques tels le mercure et l'arsenic de ces lacs représente une excellente indication sur les quantités dans lesquelles ces éléments sont présents dans des milieux non contaminés.

Les concentrations moyennes mesurées dans des sédiments sont habituellement supérieures à celles de la roche en place avoisinante. Les sédiments lacustres accumulent des métaux lourds en fonction des sources métalliques se trouvant dans la roche en place principalement parce que les sulfures disséminés qui renferment la majeure partie des métaux sont altérés de façon sélective. Notons que l'accumulation des métaux par les sédiments peut être accentuée par la présence de certaines matières colloïdales organiques.

Un échantillonnage des sédiments de deux petits lacs de la province géologique de Grenville (Bouclier canadien) indique clairement que les formations géologiques sous-jacentes et avoisinantes influencent la nature et la quantité de métaux traces trouvés dans les sédiments. La présence d'une accumulation importante de sédiments organiques a produit des teneurs plus élevées de mercure et d'arsenic que sur les régions avoisinantes ne contenant pas de matière organique. Les matériaux organiques constituent donc les principaux agents de transport et de "nettoyage" des métaux lourds. Ce sont des processus analogues à ceux qui conduisent à l'accumulation de métaux dans les horizons "A" humiques des sols.

f) Dépôts fossilisés

Des concentrations très variables de mercure peuvent se trouver dans les huiles brutes, dépendant de la géologie régionale.

Les charbons contiennent eux aussi une foule de contaminants dans des concentrations très variables et au moins la moitié des éléments connus y ont été décelés dont le mercure (tableau 1.7).

1.2.2 Les mécanismes naturels de libération des éléments toxiques

Les métaux lourds peuvent être libérés dans l'hydrosphère, l'atmosphère ou la biosphère par divers mécanismes naturels tels que l'altération chimique et mécanique des roches et des minerais, les effets du permafrost, les émissions volcaniques, la volatilisation, la sublimation, le dégazage des sols et l'action des micro-organismes.

a) L'altération chimique des roches et des minerais

Les roches superficielles ou situées près de la surface de la terre sont soumises à l'attaque chimique des eaux atmosphériques ou souterraines. L'eau, le CO₂, l'oxygène et les composés organiques sont les principaux réactifs et les réactions sont influencées par la composition des roches originales, le pH, le potentiel redox, l'activité des plantes, des animaux et des microbes. Les minéraux constituant des roches originales peuvent être altérés par d'autres minéraux ou peuvent être dissous partiellement ou complètement soit pour précipiter ailleurs, soit pour être transportés vers l'océan (Fleischer, 1974).

Les ions de certains éléments, tel le mercure, sont libérés des sulfures par les eaux souterraines ou de surface contenant des oxydants naturels tels les ions ferriques.

L'acidité est par ailleurs responsable de la dissolution du mercure et les plus fortes concentrations de mercure dans les eaux souterraines sont associées à la plus forte acidité. (Jonasson et Boyle, 1972).

TABLEAU 1.7: Concentrations de mercure dans les dépôts fossilisés
(en ppb).

Dépôts fossilisés		
Tourbe	60 - 300	
Charbon	10 - 8,530	très variable
Charbon des aires mercurifères	20 - 300,000	Donbass, Donets, URSS
Huile brute	20 - 2,000	jusqu'à 30,000 dans les aires mercurifères
Bitume, asphalte, hydrocarbures solides	2,000 - 900,000	les idrialites peuvent contenir des pourcentages de mercure

SOURCE: Jonasson et Boyle, 1972.

La disponibilité en agents complexants organiques ou autres, est un autre facteur pouvant favoriser le processus de migration du mercure. Les ions mercure peuvent être fortement fixés aux groupes complexants tels l'ammoniac et les acides aminés dérivant de la décomposition des plantes et animaux et de la maturation de l'humus pour former des chélates et autres composés organo-métalliques. (Jonasson et Boyle, 1972).

b) Les effets du pergélisol (d'après Allan *et al.* 1974)

Le processus de base par lequel les ions migrent du pergélisol vers le haut est probablement un phénomène de diffusion ionique en solution. Il y a en outre une humidité suffisante dans le pergélisol pouvant permettre une migration par capillarité. La figure 1.3 illustre les effets du pergélisol sur le processus de libération d'un métal. En hiver, il y a une accumulation continue des cations métalliques et des anions dans les couches de sol supérieures. Au printemps lors du dégel, les eaux de ruissellement entraînent ces ions; le dégel survenant seulement de la surface vers le bas, ces processus peuvent alors prendre plusieurs semaines à lessiver les sols gelés. En été, le ruissellement cesse, mais la migration sous la surface peut continuer et apporter des matériaux dissous vers la surface où une accumulation d'ions peut se présenter si la sécheresse est longue. Les pluies d'automne complètent le cycle, en entraînant ces ions, ce phénomène pouvant être aussi intense que le dégel de printemps, sous certaines conditions.

c) Les émanations volcaniques

Les métaux toxiques peuvent être libérés dans l'atmosphère lors des émanations volcaniques. Ainsi, le mercure est un constituant des émanations volcaniques ainsi que des vapeurs fumerolliques et des sources d'eau chaudes associées aux émanations volcaniques. Le tableau 1.8 indique en effet que les concentrations moyennes les plus élevées atteignent 190 nanogrammes par mètre cube dans la région de Katmoncha en U.R.S.S. (Fleischer, 1974).

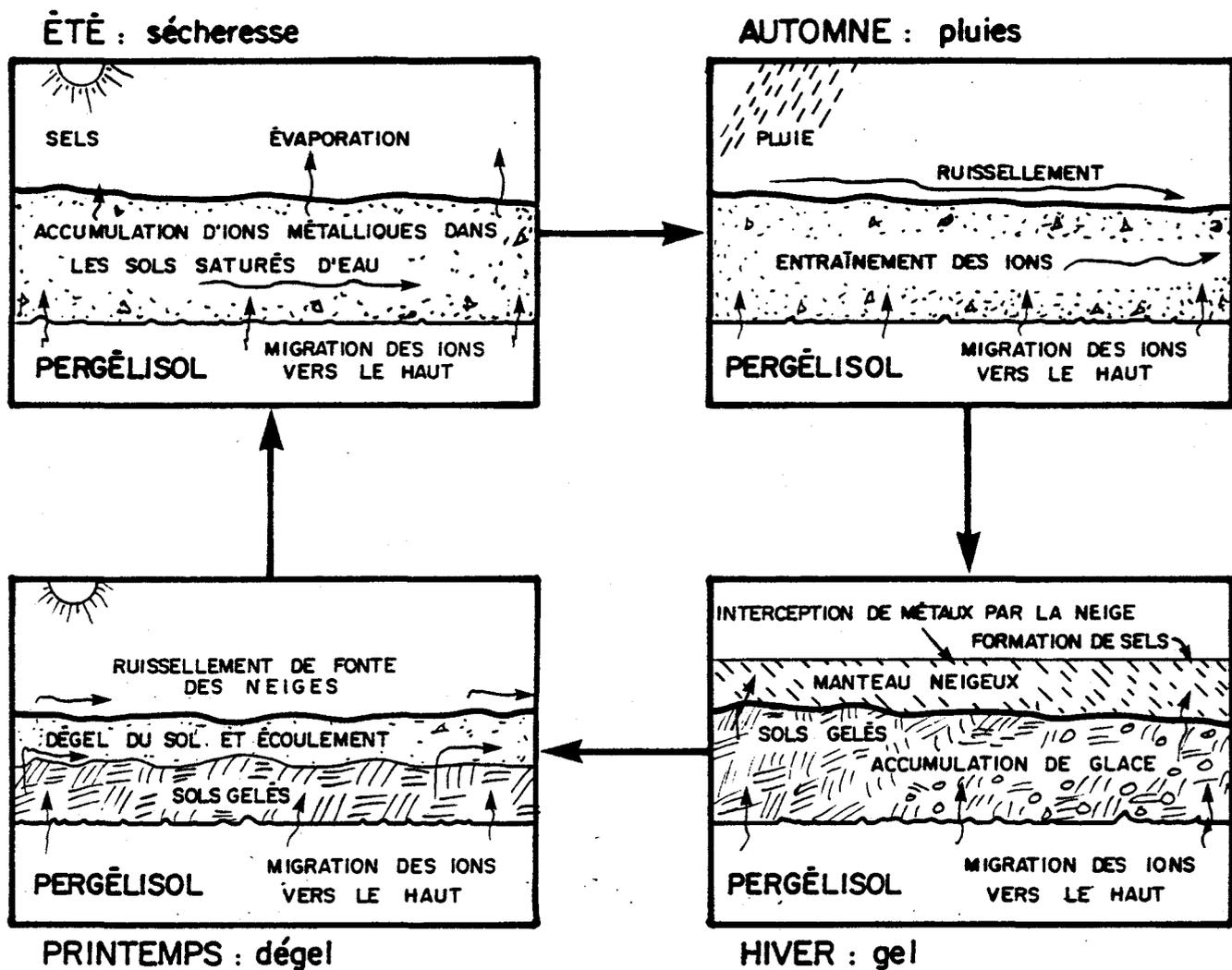


Figure 1.3 . Les effets du pergélisol sur les processus de libération d'un métal.
 Source : Allan, Cameron et Jonasson , 1974 .

TABLEAU 1.8: Mercure dans l'air et dans les émanations volcaniques; (en nanogramme par mètre cube; 1 nanogramme = 10^{-9} g.).

Site d'échantillonnage	Gamme de concentrations	Moyenne
<u>AIR</u>		
Au dessus de l'Océan Pacifique (à 20 milles au large)	0.6-0.7	-
Arizona et Californie (zones non minéralisées)	3-9	5
Californie	1-50	-
Région de Chicago	3-39	9.7
Région de Moscou et Tula (URSS)	80-300	-
400 pieds au dessus de dépôts de cuivre porphyrique (USA)	7-53	27
400 pieds au dessus de dépôts de mercure (USA)	24-108	60
Au dessus de dépôts de mercure (URSS)	200-1200	-
<u>AIR et GAZ (régions volcaniques)</u>		
Air, région de Kamchatka (URSS)	-	190
Air, Honolulu (Hawaii)	40-910	-
Air (sulfur Banks, Volcan Kilauea)	21,400-23,300	-
Air s'échappant des brèches des volcans de boues (URSS)	300-700	-
Gaz (volcans de boues, URSS)	700-2000	-
Gaz (volcans Mendeleev et Sheveluch, URSS)	300-4000	-
Gaz émanant des sources chaudes (Kamchatka et Kuriles)	10,000-18,000	-

SOURCE: Fleischer, 1974.

d) Volatilisation, sublimation et dégazage des sols

Le degré de volatilisation d'un élément est lié à sa pression de vapeur. Dans le cas du mercure, la pression de vapeur est si haute que la volatilisation directe à l'atmosphère est significative. La vapeur de mercure est émise par une variété de minerais.

Dans les sols, le mercure peut se libérer sous forme de vapeur et d'ions à partir d'une profondeur considérable; ceci résulte de l'action des eaux souterraines ou des mouvements tectoniques dans les roches sous-jacentes. Des mesures sur la teneur de vapeurs de mercure ont été faites dans les gaz des sols au dessus de zones de minerais sulfurés et des anomalies en mercure y ont été observées (Karasik et Bolshakov, 1965; Mc Carthy *et al.* 1969).

e) L'action des micro-organismes

Les micro-organismes ou les bactéries ont la propriété de synthétiser des alkyl-métaux. Ainsi, le mercure inorganique en milieu aqueux peut être converti en composé organique de mercure (méthyl-mercure) par l'action microbienne.

Les micro-organismes ont plusieurs façons de métaboliser les substances naturelles. Les éléments toxiques circulent naturellement dans le milieu par la voie des cycles biogéochimiques. Les toxiques sortis des géo-cycles sont alors rendus disponibles pour les cycles biologiques et pénètrent dans les chaînes alimentaires à l'aide des micro-organismes.

L'étude du cheminement du cobalt, métal de transition, depuis son cycle géochimique jusqu'à l'homme illustre bien la manière dont des bactéries font entrer les éléments métalliques dans les cycles biochimiques. Le cobalt inorganique est fixé par certaines espèces primitives de bactéries et incorporé à la vitamine B₁₂. Il est alors transporté le long de la chaîne alimentaire jusqu'aux organismes supérieurs et jusqu'à l'homme (Wood, 1976).

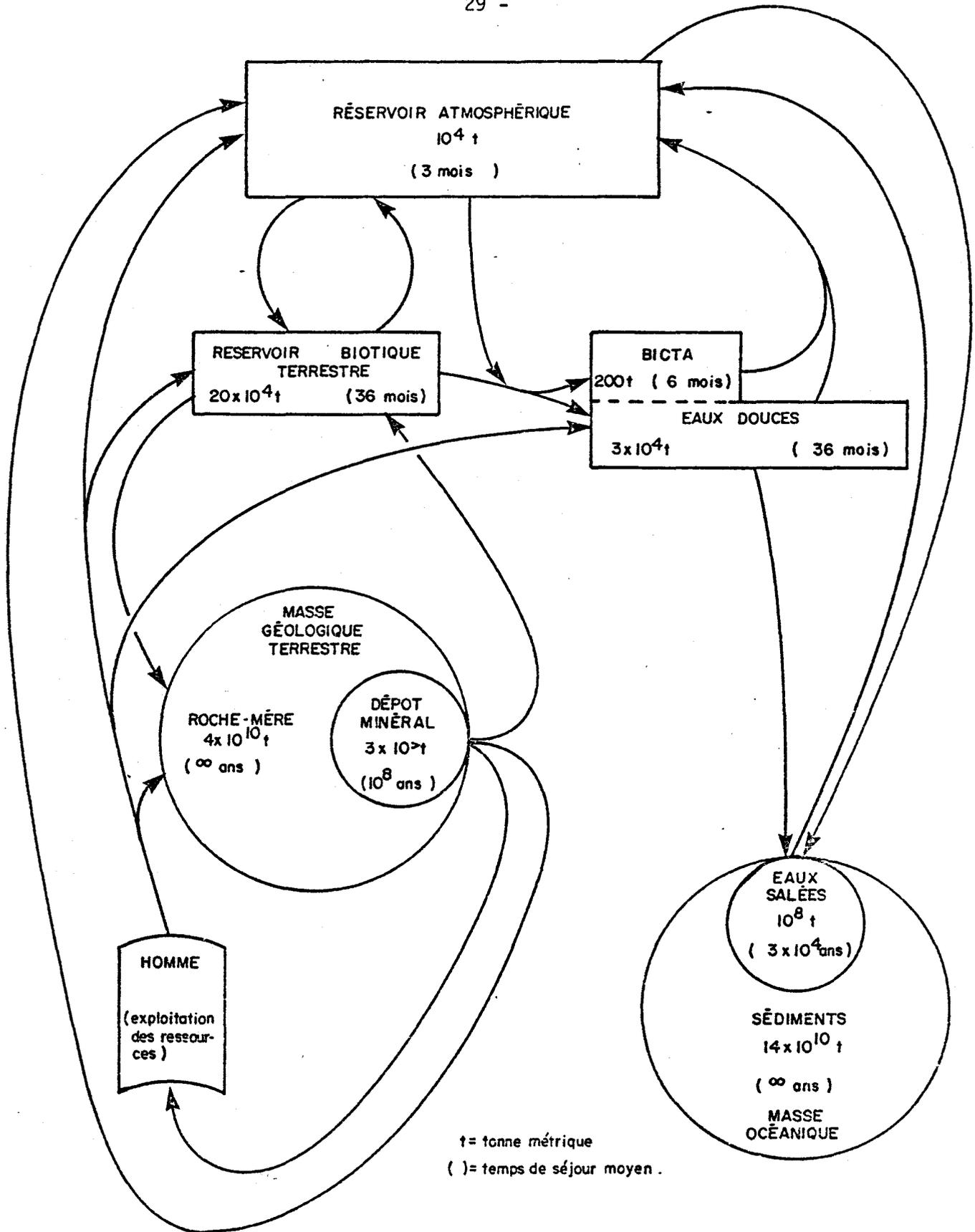
La molécule de méthyl B_{12} est d'une grande importance pour l'environnement car elle réagit avec des ions métalliques ou des sels de métaux lourds (arsenic et sélénium) pour former des alkyl-métaux qui s'accumulent biologiquement dans le système nerveux central des organismes supérieurs (Wood, 1976).

1.2.3 Le cycle naturel des métaux dans l'environnement

Trois schémas sont ici présentés pour illustrer le cycle naturel des métaux dans l'environnement. Les deux premiers concernent le cycle naturel du mercure dans l'environnement mais peuvent également s'appliquer à d'autres métaux.

Selon les deux premiers schémas proposés par le Comité interministériel sur le mercure (fig. 1.4 et 1.5) c'est la masse géologique terrestre qui est à l'origine du cycle du mercure; dans la géosphère, le mercure est surtout associé au soufre (sous forme de sulfure). Haute-ment volatile, le mercure en provenance de la masse géologique terrestre (le Hg disponible étant associé au sous-sol et aux aires de minéralisation) passe dans l'atmosphère directement (activités volcaniques, volatilisation ou sublimation) ou encore via les sols par volatilisation subséquente; une partie du mercure est cependant emmagasinée dans le biota terrestre, occasionnant un délai dans son relâchement (par transpiration) dans l'atmosphère ou une bifurcation vers les eaux de surface, via les processus d'érosion des sols et de la végétation sénile par le vent et la pluie. (Comité interministériel sur le mercure, 1976).

A la figure 1.6, est présenté le cycle géochimique indiquant les mouvements des métaux entre la lithosphère, la pédosphère, l'hydrosphère, la biosphère et l'atmosphère (Allan *et al.* 1974). L'altération des roches et des minerais contenant des métaux sert à mobiliser et à redistribuer les éléments dans toutes les phases de l'environnement. Un métal donné, tel le mercure, possède des propriétés uniques qui lui permettent de se libérer par des moyens chimiques ou physiques.



t = tonne métrique
 () = temps de séjour moyen.

Fig. 1.4: Schéma du cycle biogéosphérique du mercure (Kothny, 1971).
 SOURCE: Comité interministériel sur le mercure, 1976.

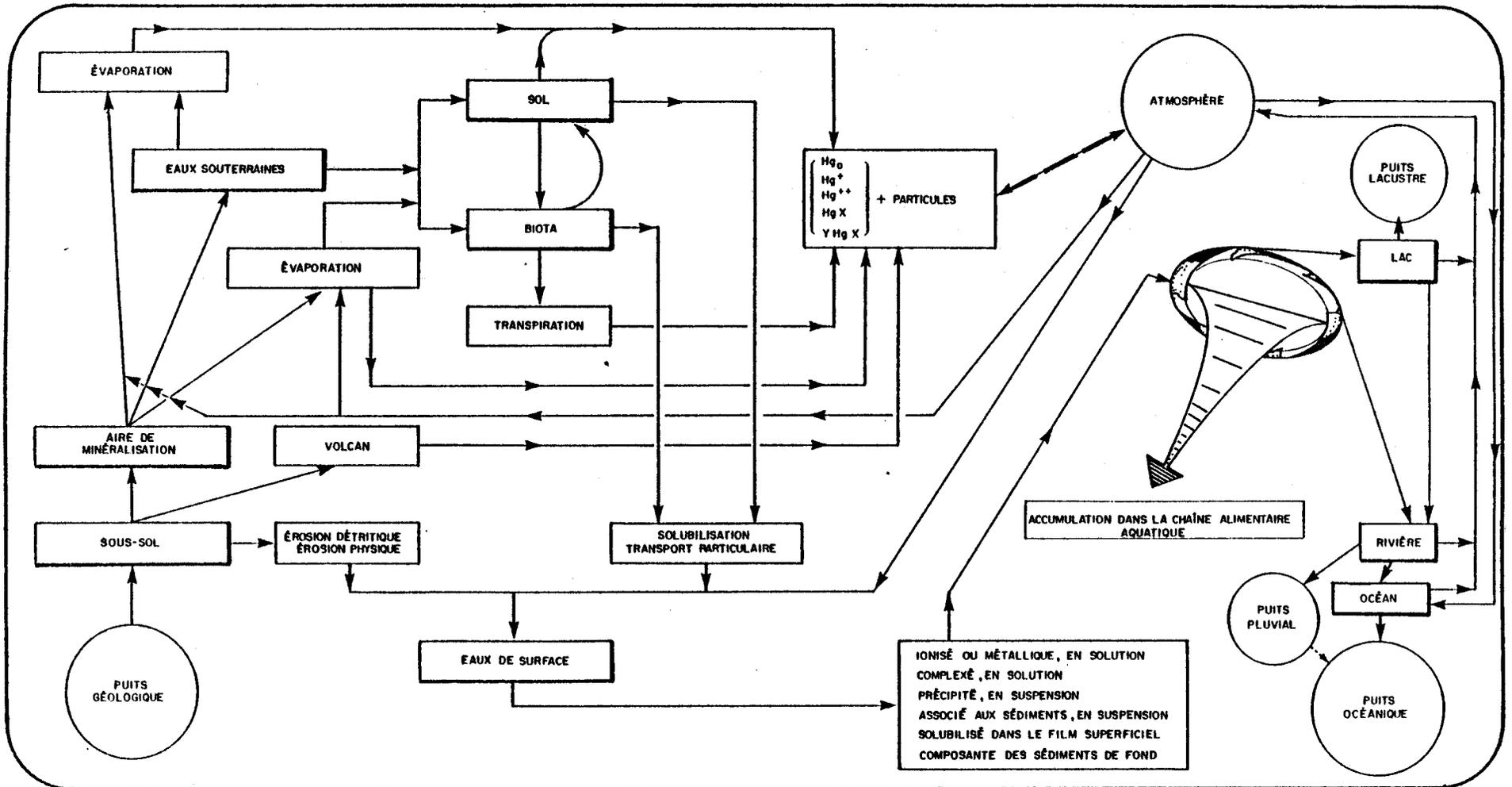


Fig. 1. 5. Description schématique du cycle du mercure .

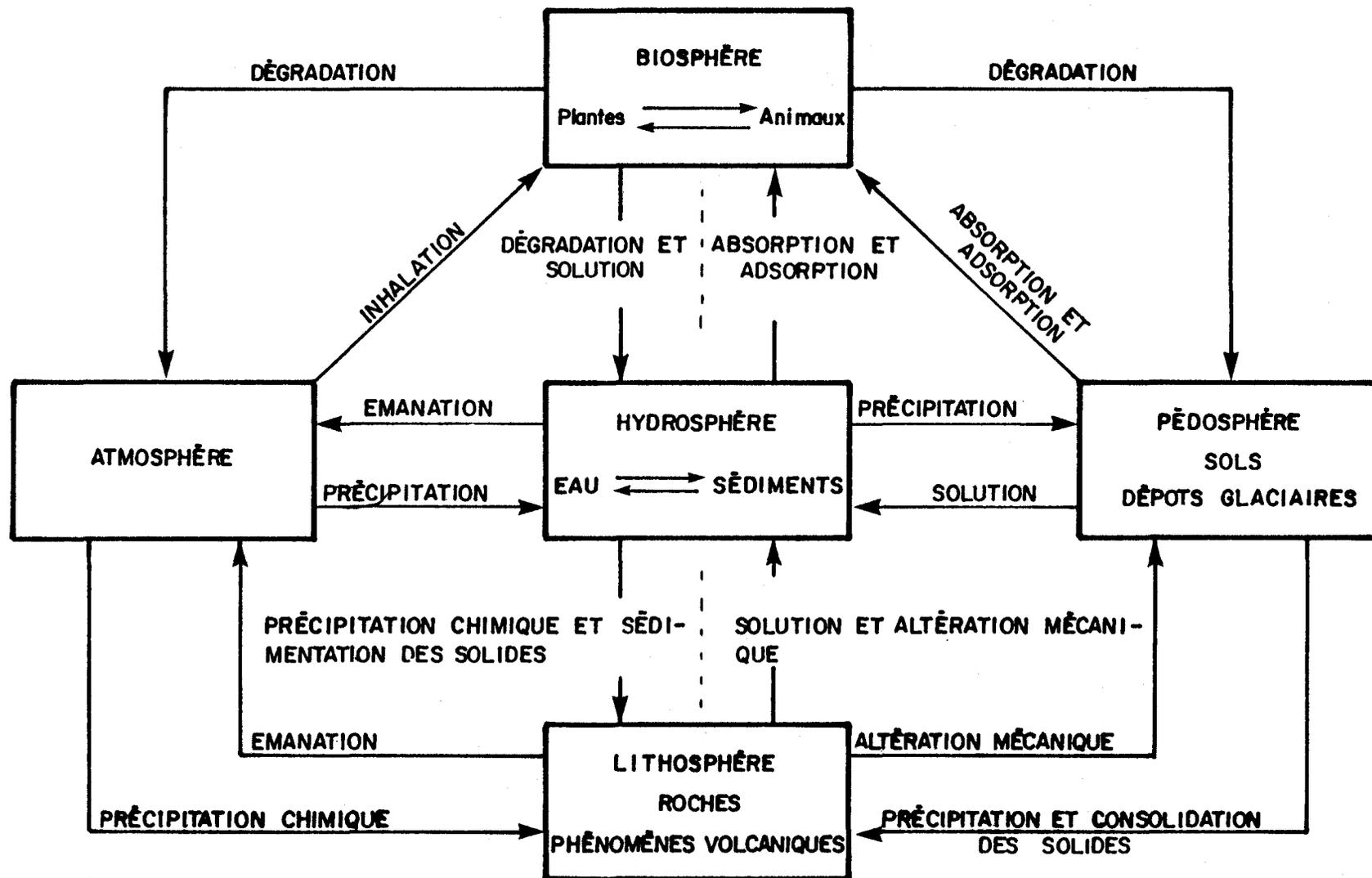


Figure 1.6 . Cycle géochimique des métaux lourds .Source : Allan, Cameron et Jonasson, 1974 .

1.2.4 Modifications aux mécanismes naturels de libération des métaux toxiques

Des modifications au cycle géochimique naturel dont certaines sont reliées indirectement aux activités humaines favorisent la libération de métaux toxiques dans l'environnement.

Ces modifications sont les suivantes:

- l'extraction minière;
- la déforestation: la coupe à blanc ou un feu de forêt peuvent mener à la libération brutale de métaux lourds;
- le transport de matériaux de surface et de sol lors de la construction d'ouvrages hydro-électriques;
- les effets des précipitations acides: l'acidité est causée par l'anhydride sulfureux présent dans l'atmosphère, provenant des activités humaines; la pluie acide accélère le phénomène d'altération chimique des roches et libère des métaux.

1.2.5 Recommandations

Les cartes géologiques renseignent sur les types de roche, leur âge de même que sur la localisation des failles et des aires de minéralisation. Par ailleurs, on a établi qu'il existe des liens entre la géologie et le niveau naturel de métaux lourds dans l'environnement. En conséquence, les cartes géologiques permettent de localiser les endroits où les concentrations naturelles de métaux lourds sont susceptibles d'être plus élevées. La carte géologique de la région du lac Mistassini représentée à la figure 1.7 est un exemple qui illustre les relations qui peuvent être établies entre la géologie et la présence de certains métaux lourds tel que le mercure. Notre première recommandation est à l'effet de colliger toutes les données géologiques disponibles et de tracer des cartes en faisant ressortir les sites où les concentrations naturelles sont susceptibles d'être élevées.

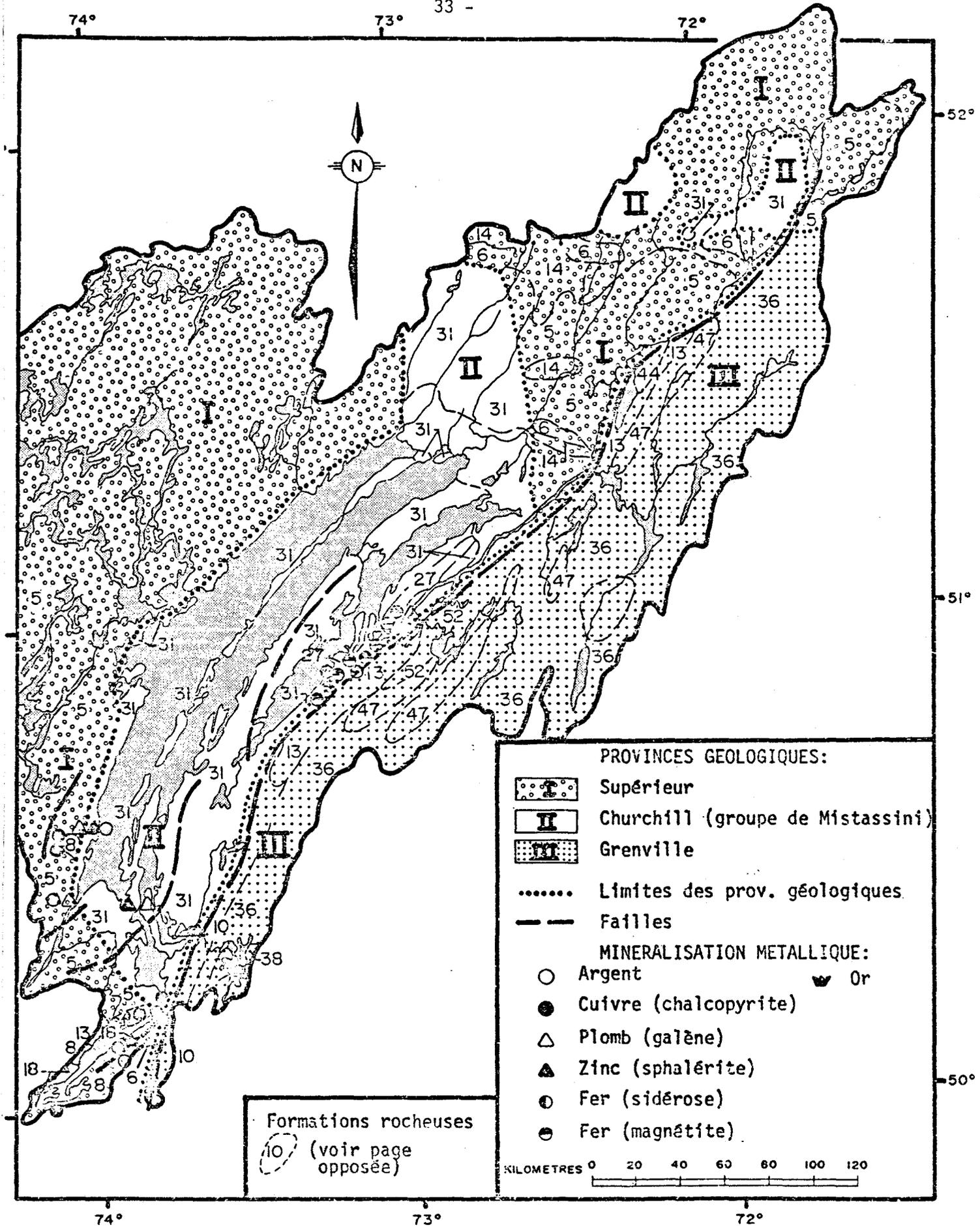


Fig. 1.7. Géologie du bassin du lac Mistassini (MRN, 1967;1969).

FORMATIONS ROCHEUSES
DU BASSIN DU LAC MISTASSINI

I - PROVINCE DE SUPERIEUR:

- 5 : granites foliés, gneiss granitiques plus ou moins hybrides; granites non différenciés
- 6 : laves métamorphisées basiques et intermédiaires (greenstone, amphibolite) quelques roches sédimentaires
- 8 : roches métasédimentaires et pyroclastiques: métagrauwacke, tufs, schistes ardoisiers, quartzite, calcaire (peu)
- 10 : anorthosite, gabbro anorthositique, gabbro (complexe lité)
- 12 : diorite et gabbro
- 13 : roches granitiques plutôt massives contenant des feldspaths sodiques et potassiques: granite, monzonite granodiorite, syénite
- 14 : granite et gneiss granitiques gris à oligoclase
- 18 : série de Chibougamau: grès conglomérats

II - PROVINCE DE CHURCHILL:

- 31 : groupe de Mistassini: dolomie, calcaire, grès, schiste ardoisier, quartzite, roche ferrique
- 27 : roches ferrifères et schiste argileux (shale) (formation de Témiscamie)

III - PROVINCE DE GRENVILLE:

- 36 : gneiss à plagioclase et biotite, gneiss à plagioclase et hornblende, gneiss à hornblende et biotite entremêlés de gneiss granitique; quelques interlits de quartzite, carbonate
- 38 : gneiss à hornblende, amphibolite, quelques paragneiss
- 44 : anorthosite à labrador, gabbro anorthositique, gabbro, anorthosite grenatifère
- 47 : granite et syénite
- 52 : roche alcaline

Fig. 1.7 Géologie du bassin du lac Mistassini.

Pour certains métaux tel que le mercure, les sources naturelles sont les plus importantes. En effet, à cause de la haute volatilité de cet élément, on peut dire que la majeure partie du mercure présent dans l'environnement provient de sources naturelles. La proportion de mercure atteignant l'atmosphère et les cours d'eau qui serait d'origine naturelle est très élevée, soit de 30 à 70% du total (Fleischer, 1974). De façon générale cependant, nous sommes en mesure d'affirmer que la contribution du milieu naturel à l'émission de substances toxiques est assez faible. Les activités humaines génèrent plus de métaux toxiques dans l'environnement que la géochimie. Par exemple, la proportion de plomb et de cadmium émis dans l'eau et l'atmosphère attribuable aux activités humaines représente plus de 90% des émissions. Il convient donc de localiser et de quantifier toutes les activités humaines susceptibles d'émettre des substances toxiques dans l'environnement. C'est le sens de notre deuxième recommandation qui complète la première de façon à conduire à un bilan des émissions de substances toxiques dans l'environnement.

1.3 L'EMISSION DE SUBSTANCES TOXIQUES AU COURS DES ACTIVITES FORESTIERES (H.N. Leblanc, Environnement Canada et L. Rousseau, INRS-Eau)

La forêt est un milieu vivant d'échanges bio-géochimiques dominé par les arbres. Elle comprend à l'échelle mondiale des milliers d'espèces sylvestres, une quantité encore plus grande de végétaux de toutes familles et un nombre incalculable d'animaux, tant vertébrés qu'invertébrés, et d'organismes de toutes sortes qui évoluent à l'intérieur du milieu forestier, tant en surface que dans la partie vivante et aérée de son sol.

La forêt est donc par définition une biocénose dont les caractères les plus frappants sont déterminés par les végétaux supérieurs qui la dominent, soit les arbres forestiers. A cause de leur taille imposante (parfois gigantesque par rapport à un brin de mousse), de leur longévité et de leur mode de croissance tant en hauteur qu'en circonférence, les arbres du milieu forestier bâtissent à partir du sol squelettique en place (régosol ou lithosol) un sol de structure bien définie, qui eut été bien différent sans

les arbres et la végétation sous-jacente... si l'évolution du sol n'eut été assujettie qu'aux seules forces géologiques et climatiques de la région.

En effet, les débris végétaux de toute nature: feuilles, bourgeons, pièces florales, fruits, rameaux, écorces qui tombent sur le sol constituent la source la plus importante de sa matière organique. Dès qu'ils touchent au sol ces débris sont attaqués par l'entomofaune et la microfaune du sol, broyés, déchiquetés, puis repris par d'autres organismes qui en assurent la décomposition biologique, activant ainsi le processus de minéralisation de l'humus brut qui donne naissance comme on le sait à des éléments minéraux solubles ou gazeux et à des complexes humiques qui entrent dans le cycle nutritif des végétaux.

L'arbre nous apparaît par son fût et ses systèmes, racinaire et foliacé comme un trait d'union réel entre le sol et le milieu aérien. C'est ce trait d'union qu'est le fût qui intéresse le plus l'homme.

Ecologiquement parlant, les arbres sont des producteurs de matière organique. Grâce à la lumière et à la chlorophylle, par le mécanisme de la photosynthèse, l'arbre transforme les éléments qu'il puise tant dans le sol que dans l'air en hydrates de carbone, cellulose, lignine, etc.

Si l'arbre occupe une place prépondérante dans la sylve, il n'est pas l'unique végétal. Sous son couvert, nous pouvons retracer de nombreux végétaux occupant différentes strates qui utilisent eux aussi par leurs appareils racinaires et foliacés les mêmes milieux que l'arbre et lui disputant l'eau, l'air et les éléments nutritifs du sol indispensables à la vie des plantes.

Selon l'abondance et la sociabilité de ces plantes et leur fidélité à composer les mêmes paysages floristiques, ces regroupements naturels des végétaux, reconnaissables, sont identifiables tant sur le terrain par leur physiologie que sur un document photographique telle la photographie aérienne.

Ces différents groupements végétaux peuvent être délimités. Ils prennent noms différents selon la dominance des espèces. La forêt se précise et devient: bétulaie, sapinière, pinède, pessière, tremblaie, hêtraie, érablière, etc... Plus les espèces sont nombreuses et importantes, plus il est facile de nommer ces groupements végétaux; plus il est difficile, cependant, d'en délimiter le périmètre avec précision et d'en calculer l'étendue. Les arbres peuvent empêcher de voir la complexité de la forêt, pour l'oeil non averti.

1.3.1 La forêt québécoise: ses caractéristiques et son exploitation

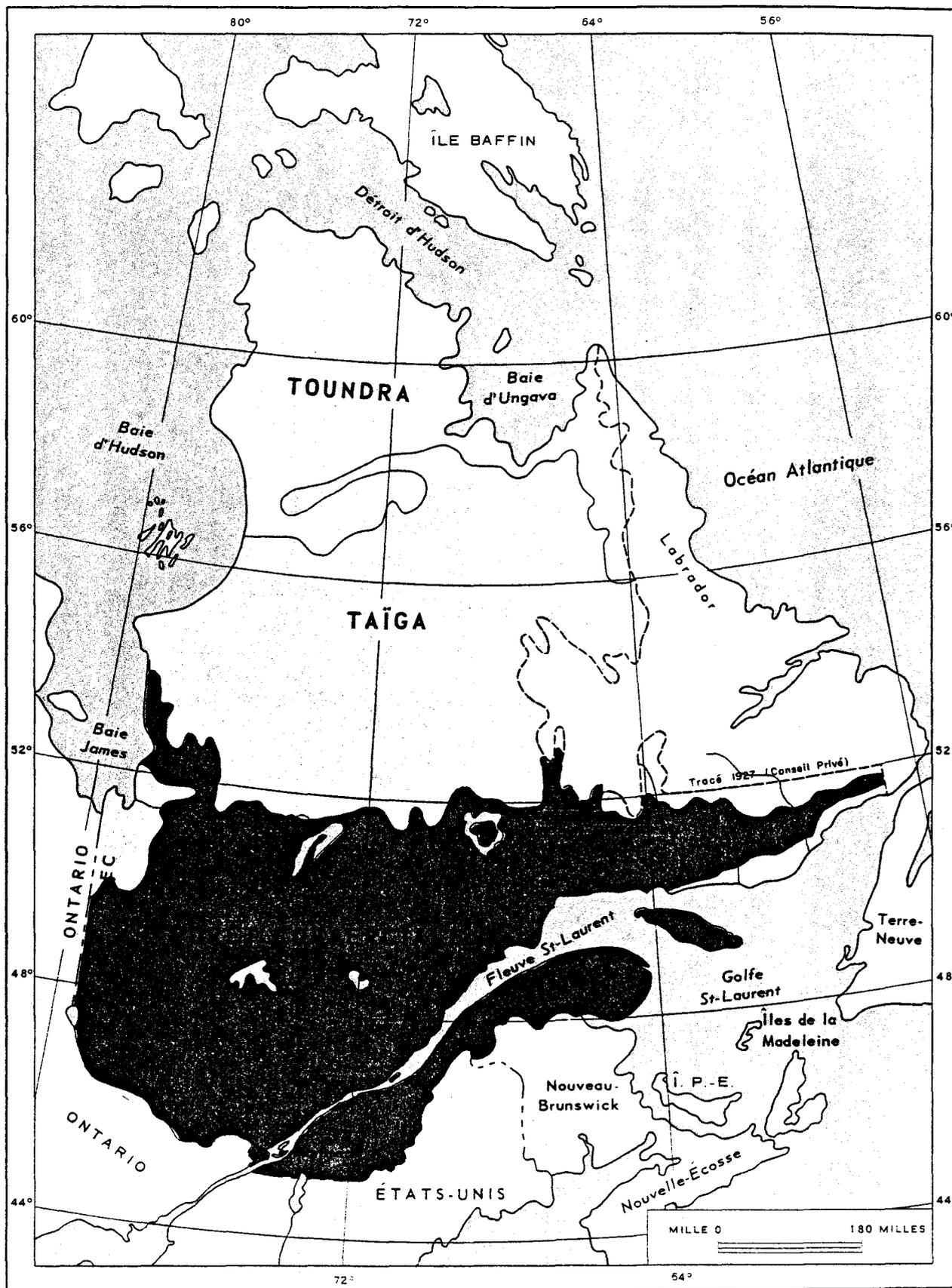
a) La forêt québécoise proprement dite

Il n'est pas question de dresser ici la liste des nombreux groupements végétaux qui marquent d'une façon si colorée les paysages forestiers du Québec. Profitons de l'occasion pour rappeler qu'à l'intérieur du Canada et des territoires du Nord-Ouest le Québec (moins le Labrador) demeure la région possédant la plus grande étendue de territoire forestier. Ne retenant que la superficie de ses forêts productives, c'est-à-dire d'un rendement à l'acre d'au moins 400 pi. cubes de bois au cours d'une révolution¹, le domaine forestier québécois s'étend du sud au nord jusqu'à la limite sud de la taïga, soit du 45^o jusqu'au 52^o parallèle de latitude nord environ. Les surfaces de ce domaine couvrent quelque 130,000,000 d'acres, incluant les terres publiques et privées, mais non les domaines agricole, urbain et aquatique (figures 1.8, 1.9 et 1.10).

A l'intérieur de ce polygone sylvestre, la forêt peut être subdivisée en 5 grands domaines qui s'échelonnent du sud vers le nord. Nous avons largement puisé dans l'étude de M. M. Grandtner (1966 et 1975), pour présenter le résumé qui suit.

¹ Révolution: temps qui s'écoule effectivement entre la création d'un peuplement et la coupe définitive.

Fig. 1.8: GRANDES RÉGIONS FLORISTIQUES DU QUÉBEC



Dessinée et publiée par le service de la Cartographie
du ministère des Terres et Forêts du Québec. (1973)
TFI-C79

No: 107

Fig. 1.9: ZONES DE VÉGÉTATION FORESTIÈRE DU QUÉBEC

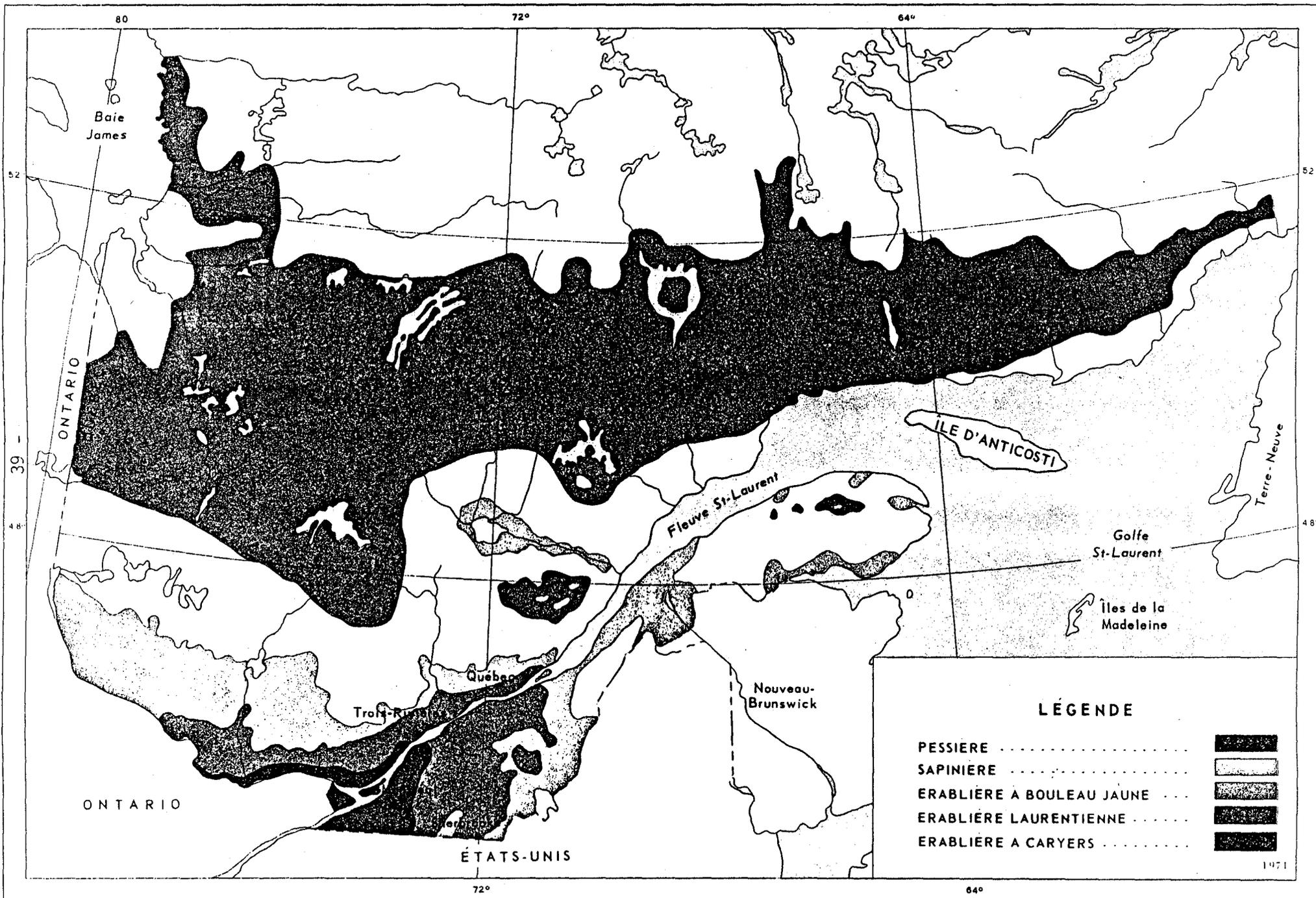
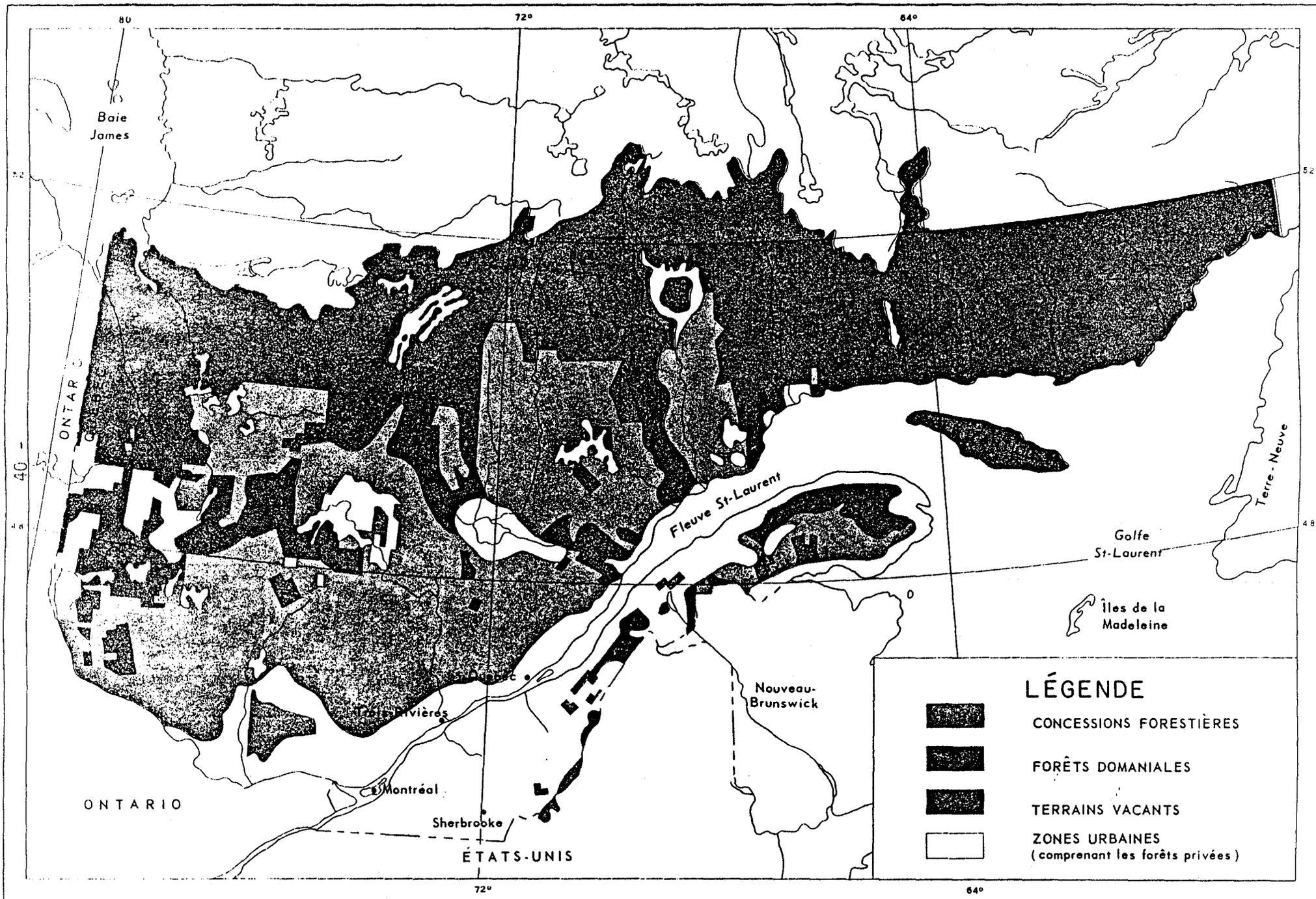


Fig. 1.10: LA TENURE DES TERRES FORESTIÈRES EN 1976



Dessinée et publiée par le service de la Cartographie,
direction générale du Domaine territorial, ministère des Terres et Forêts du Québec.

L'érablière à caryers

"Dans la plaine du sud-ouest, soumise à un climat relativement doux où les argiles et les limons Champlain recouvrent les formations primaires et les tills, nous nous trouvons dans le domaine climatique de l'érablière à caryer cordiforme. Composée d'essences de grande valeur telles les chênes, les caryers et le noyer, cette forêt n'a que peu d'importance aujourd'hui", aux yeux d'un observateur non averti.

En effet, située dans une plaine favorable à l'agriculture, la forêt, est dégradée et subit de plus en plus la pression de l'urbanisation. Il est possible qu'en vertu de son accroissement naturel rapide, le potentiel esthétique aussi bien que commercial de ce type de forêt invite à une action concertée des particuliers, du public et de l'Etat, en vue d'en assurer la conservation et, mieux encore, l'extension.

L'érablière laurentienne

"Dans ce domaine, la forêt naturelle est dominée par l'érable à sucre accompagné du tilleul, du frêne, de l'ostryer et du cerisier d'automne". Cette forêt est aménagée tant pour la production de la sève d'érable que pour le bois de sciage (feuillus et parfois le pin blanc).

Certains sols à texture plus sablonneuse se prêtent à la culture des résineux, le pin blanc pourrait y être cultivé avec profit, tout en y respectant certains préalables pour atténuer les dommages causés par la rouille vésiculeuse.

Le domaine de l'érablière à bouleau jaune

"Dans ce domaine, le climat est plus rude, le relief accidenté et les sols rocheux, souvent pauvres". Ces facteurs favorisent une économie forestière plutôt qu'une économie agricole.

Le bouleau jaune est sans contredit l'essence dominante en mélange avec l'érable à sucre et le hêtre d'Amérique. C'est dans ce domaine que le bouleau atteint ses plus belles formes et ses grandes tailles, bois de qualité recherché avidement par l'industrie du sciage et du déroulage. Les résineux tels les épinettes blanche et rouge ainsi que le sapin baumier abondent à l'intérieur de cette formation. Sans toutefois former des peuplements denses et étendus, ils prolifèrent à l'intérieur de la formation comme espèces compagnes fidèles et ubiquistes.

La sapinière

Ce domaine sert de zone de transition entre la forêt coniférienne plus au nord et la forêt feuillue des trois domaines ci-haut décrits.

Ici c'est le sapin baumier qui domine; il est partout associé avec tous les résineux (groupe des épinettes) et les feuillus tant tolérants qu'intolérants. Les espèces feuillues des domaines situés plus au sud (dits feuillus tolérants) perdent de leur importance, tant en quantité qu'en qualité, et se voient remplacées par des feuillus moins exigeants tels le bouleau blanc, les trembles et peupliers. La sapinière est le joyau de l'industrie des pâtes et papier et de l'industrie du sciage. Les épinettes noire et blanche, parfois la rouge, occupent une grande place à l'intérieur de ce domaine; ces essences souffrent de la compétition du sapin baumier et des feuillus intolérants après le passage des coupes, des feux ou des épidémies d'insectes. Malgré les accidents et les perturbations, la sapinière a un fort pouvoir de récupération et tient tête à ses ennemis. C'est une grande richesse pour le Québec qui est loin d'être exploitée selon son potentiel élevé malgré le climat froid et la pauvreté relative des sols qui la supportent.

Deux méthodes de coupe caractérisent l'exploitation de la ressource forestière au Québec depuis les 40 dernières années. Antérieurement à 1930 la coupe à blanc n'était pas autorisée; elle s'est généralisée depuis par tolérance de la part du gouvernement.

Aujourd'hui la coupe à blanc des peuplement résineux propres au bois de râperie (pâtes et papier) est pratiquée sur une haute échelle. Tous les résineux marchands mûrs subissent le même traitement. Tous les arbres mesurant 5" et plus à la souche sont abattus et leur fût utilisé jusqu'à un diamètre terminal variant de 3.0" à 5.0" à l'intérieur de l'écorce selon l'usage. Les essences soumises à ce traitement sont: les épinettes, le sapin et le pin gris. La coupe à blanc est considérée comme une coupe de régénération, donc comme un traitement sylvicole valable. Le mérite du traitement est discutable ... car bonne partie de son succès est fonction de la proportion de régénération pré-établie qui survit après le passage de la coupe.

D'autres résineux, tels le pin blanc, la pruche, le pin rouge et le thuya ne sont jamais coupés à blanc à l'intérieur des pinèdes, de la prucheraie ou de la cèdrière. La coupe à diamètre limite est pratique courante et obligatoire par règlement. Le diamètre limite est de 16" à la souche pour le pin blanc et de 12" pour les autres essences spéciales. Pour fin d'aménagement faunique, la coupe à blanc par damier ou par bandes peut être permise dans les cèdrières pour améliorer l'habitat du chevreuil dans la partie sud du Québec.

Aujourd'hui avec l'expansion des industries du bois, il se coupe quelque 8,000,000 de cunits¹ de bois résineux sur les forêts pu-

¹

Le cunit vaut 100 pieds cubes solides de bois.

un certain niveau. Ce genre de coupe est plus fréquent sur les boisés des petits propriétaires forestiers qui trouvent maintenant un marché pour des essences négligées autrefois par l'industrie.

Contrairement à la coupe à blanc où la révolution s'étend sur une période de 60 à 90 ans selon les essences et la qualité des sols en forêt résineuse, dans la forêt feuillue il n'y a pas de révolution. Les rotations, ou le retour sur les mêmes parterres de coupe, varient en longueur: les intervalles de temps peuvent couvrir de 20 à 40 ans, selon le type d'aménagement mis de l'avant par le propriétaire ou le concessionnaire.

c) Méthodes de coupe

Avec une coupe annuelle soutenue (toutes essences) et indépendamment de la tenure, il se coupe au Québec l'équivalent de 10,000,000 de cordes de bois. L'exploitant forestier possède toute une batterie de machines, multifonctionnelles, capables de rouler hors piste sur tout terrain, pour assurer à l'industrie les bois dont elle a besoin. Environ 65% du territoire forestier productif du Québec est accessible aux machines. Seule une pente excessive ou un degré de pierrosité exceptionnel peuvent freiner l'utilisation de ces machines. Si bien muni, l'exploitant récolte ses bois de la façon suivante, où les méthodes de coupe tout en se raffinant laissent tomber le bûcheron traditionnel ... et le convertissent en opérateur de machine.

Bois de petites dimensions

Les arbres sont abattus, ébranchés, écimés et tronçonnés sur place en longueur de 4' ou 8'; les billes sont regroupées en javelle ou en tas le long de pistes de vidange grossièrement aménagées par le bûcheron. Toutes les activités ci-haut mentionnées se font avec la scie mécanique.

Des tracteurs porteurs autochargeurs ramassent les billons, pour les transporter au plus proche poste de chargement. Cette dernière phase est de plus en plus mécanisée; le travail manuel diminue. Les billes une fois placées sur camion remorque sont acheminées, selon les cas, soit directement à l'usine, soit à la rivière et flottées jusqu'à leur destination.

Il y a à peine 15 ans, tous les bois à pâte produits au Québec l'étaient d'après ce mode. La hache, la sciote et le cheval sont disparus pour être remplacés par la scie mécanique et le tracteur débardeur. Cette méthode s'automatise également. Des machines multifonctionnelles réalisent tout le travail du bûcheron traditionnel d'une façon systématique et accumulent sur leur train arrière l'équivalent de 400 à 500 pieds cubes de bois qu'elles viennent porter au chemin. Ces moissonneuses porteuses augmentent en nombre d'année en année.

Retenons que dans ce système, les déchets de coupe, à savoir: branches, feuilles ou aiguilles, houppier demeurent sur le parterre éparpillés ou ordonnés en andains. Seul le bois avec son écorce quitte le parterre de coupe.

Bois en longueur

Cette méthode d'exploitation se réalise selon deux phases distinctes.

- Phase partiellement mécanisée: L'ouvrier forestier abat les arbres, les dépouille de leur branches et du houppier. L'abattage et le façonnage se font de façon à faciliter le ramassage des grumes par une débusqueuse qui les traîne (une douzaine à la fois) jusqu'au poste de chargement prévu le plus près, le long de la route. La ligne du plus court chemin est empruntée à maintes reprises pour la vidange des bois. Le passage répété de ces machines sur les mêmes pistes finit par laisser des traces et des ornières

que le temps cicatrisera si l'érosion ne vient parachever un système de destruction bêtement amorçé.

- Phase entièrement mécanisée: La machine remplace l'ouvrier forestier. Certaines machines, surnommées "bûcheronnes", sont si polyvalentes qu'elles remplacent efficacement le bûcheron traditionnel. Dès qu'une d'elles s'approche d'un arbre, elle le saisit puis l'ébranche sur pied et l'écime à la grosseur convenue au fin bout puis, son système d'élagage remis en place, le mécanicien actionne la pince à cisaille et coupe le tronc, pour ne laisser qu'une souche. Ces fûts sont alignés pour être ramassés éventuellement par d'autres tracteurs munis de pinces qui débarqueront les bois au prochain chemin. Tous les bois non-commerciaux qui nuisent au bon fonctionnement de la machine sont abattus et laissés sur place.

Pour ce système tout comme dans le précédent, les débris de coupe, tels les houppiers et les branches, restent sur le parterre, éparpillés, foulés au sol par le passage des différentes machines. La régénération préétablie et les végétaux des strates herbacées et arbustives souffrent singulièrement des passages répétés.

Méthode par arbres entiers

Cette méthode se distingue des deux précédentes en ce sens que les arbres sont abattus soit par des machines, soit par le bûcheron, puis acheminés au complet vers des chantiers de conditionnement. Des façonneuses munies de bras extensibles s'alimentent de troncs qu'elles peuvent écorcer, ébrancher et sectionner à la longueur voulue, puis empièlent les billes le long des pistes, prêtes à être reprises et transportées hors forêt vers l'usine.

Une partie des déchets de coupe sont donc ramassés en bordure des chantiers de conditionnement, abandonnés là à la dessiccation ou à la dégradation biologique; on les brûle ou les enterre rarement.

Les arbres peuvent aussi être ainsi abattus et transportés tels quels jusqu'à l'usine où l'on parachèvera leur façonnage. Ecorce et débris (branches, aiguilles, houppiers) peuvent être ainsi utilisés pour produire de l'énergie.

Au point de vue sylviculture, soulignons que ce genre d'exploitation expose soudainement le sol forestier à des extrêmes de température et modifie les conditions antérieures de façon considérable.

L'importance relative des méthodes

Nous l'évaluons à partir des quantités de bois abattus et débarqués par la combinaison des différentes machines utilisées pour assurer la récolte du bois et son acheminement vers les usines de transformation. Cette évaluation ne tient pas compte des bois récoltés sur les boisés des cultivateurs ou des autres petits propriétaires forestiers. Si les méthodes de coupe dans ce dernier cas sont comparables à celles employées sur les terres publiques, l'échelle de grandeur est inférieure et la machinerie beaucoup moins lourde. Notre évaluation ne tient pas compte des bois abattus par l'industrie du sciage, faute d'information précise.

Le tableau qui suit donne une idée de l'importance des méthodes.

Méthodes d'exploitation	Quantités par période (en cunits)			
	1974 - 75	%	1975 - 76	%
Petits bois	824,000	17	585,000	17
En longueur	3,668,000	75	2,246,000	69
Entiers	414,300	8	457,000	14
Total	4,906,300	100	3,288,000	100

Même si pour les années données le total des bois coupés sur les terres publiques seulement n'est pas complet faute de statistiques, il se dégage de ce tableau des tendances bien marquées, à savoir:

- que la coupe des bois en longueur est de loin la plus employée;
- alors que la méthode de coupe des bois en petites dimensions semble plafonner, l'exploitation des arbres en entier est en progression. Grâce à cette dernière méthode, introduite en 1970, on aurait récolté en 1976, comme nous en a informé l'Association canadienne des pâtes et papier, 11% des bois pour l'ensemble de toutes les compagnies forestières.

Alors qu'autrefois la grosse partie de la récolte forestière se faisait à un rythme naturel, c'est-à-dire au pas de l'homme et de la bête (le cheval étant la principale source d'énergie pour le débarquement des billots) et à une échelle modérée, aujourd'hui, comme nous venons de le voir, cette activité s'est modernisée, c'est-à-dire s'est mécanisée. La bête de trait n'est plus là; le tracteur sur roues l'a remplacée. Economiquement, cette substitution est rentable: les charges traînées sont plus pesantes, plus grosses et le déplacement plus rapide et, dit-on, l'ouvrier forestier est plus heureux parce que mieux rémunéré. Ecologiquement, c'est différent et discutable.

Ces machines puissantes, multifonctionnelles, capables de se déplacer hors piste sur tout terrain où la topographie le permet, circulent à la grandeur de l'aire de coupe. Rien ne les arrête, si ce n'est une trop grande abondance de blocaux, une pente trop prononcée, ou le mauvais drainage de certaines pessières. Rien ne les arrête, pas même le mauvais temps, ni les sols détrempés, ni les froids d'hiver normaux.

Avec les machines à l'oeuvre, suivent les huiles, le mazout et l'essence, les pertes accidentelles dues soit aux bris des machines, soit aux réparations sur place. L'huile, les bidons, les pièces remplacées se sont substitués au crottin des 5,000 chevaux utilisés autrefois pour la récolte; un parc d'environ 2,500 tracteurs-débardeurs assume l'activité de la récolte.

L'impact de la présence de tant de machines de tous poids, si bien répartie que soit cette pesanteur, se fait sentir d'abord au niveau du sol forestier. Partie intégrale du milieu forestier, le sol est perturbé à des degrés divers, proportionnellement à la texture, au drainage et au degré de pente.

Un premier impact est celui du compactage du sol et de la destruction partielle d'une partie des strates herbacée et muscinale.

Un second impact est celui du brassage et du scarifiage du sol, sur près de 15% environ de la surface des parterres de coupe des peuplements résineux. Sont inclus dans cet estimé la somme des surfaces aplanies au bulldozer pour l'aménagement de différents postes de chargement des grumes, certains chantiers de conditionnement et les routes tant permanentes que secondaires.

Cette altération de la partie organique du sol forestier d'une part, puis le mélange irrationnel des horizons organiques avec les horizons minéraux d'autre part, perturbent l'équilibre naturel de la structure du sol et affectent son aération, sa capacité de rétention d'eau et son métabolisme général. L'effet de ce brassage sur la microfaune et la microflore est important sans aucun doute et reste encore à évaluer correctement dans son ampleur et ses conséquences. Dans les sols humides, les ornières des tracteurs deviennent parfois des canaux de drainage incontrôlés qui ouvrent la porte à un processus d'érosion dont on ne sait quand il s'arrêtera, particulièrement en topographie accidentée.

Les chantiers soumis à la coupe à blanc par la méthode des arbres

entiers sont plus exposés après la récolte aux rayons directs du soleil. N'étant plus protégé par le couvert, ni par les débris ligneux répartis sur le sol, la température du sol s'élève dans la journée et peut atteindre de 57° à 63°C en surface. Ces changements brusques de température à la surface du sol ne sont pas sans avoir d'impact sérieux sur les populations vivantes du sol, plus sciaphiles qu'héliophiles. Une série d'interactions entre ces facteurs, lumière, chaleur, pluie, vent, s'amorce donc à l'intérieur du milieu et nous ne savons que peu de chose de leur durée et de leur impact.

Des perturbations de telle nature affectent surtout le milieu terrestre, à des degrés divers selon la nature de la coupe, la composition végétale ou le type de couvert, le système d'exploitation. Il est bien reconnu qu'après de telles coupes, la nappe phréatique se relève et le taux de ruissellement augmente, à cause de la réduction du taux d'interception et la diminution de l'évapotranspiration.

Des effets similaires affectent les milieux aquatiques. Le degré de température des lacs et des ruisseaux augmente de 4° à 8°C. De tels changements affectent les équilibres des communautés aquatiques.

Comme on peut le constater, l'exploitation forestière perturbe et altère le milieu forestier et le pollue jusqu'à un certain point.

Avec la mécanisation et la construction d'un meilleur réseau routier aux emprises plus larges, l'usage de produits pour abattre la poussière est de plus en plus abandonné, tout comme l'usage des produits chimiques (herbicides sélectifs) en bordure des routes.

C'est surtout dans l'activité de protection des forêts, soit contre le feu, soit contre les insectes, qu'un certain type de pol-

lution est introduit en forêt.

d) Lutte contre le feu

A l'heure actuelle, nous utilisons l'eau pour combattre les incendies en forêt. Il en sera probablement ainsi pendant longtemps encore, du moins au nord du St-Laurent. C'est différent au sud, par le fait qu'il y a déjà beaucoup moins de lacs, surtout en Gaspésie.

Dans cette région plus particulièrement, des produits chimiques sont ajoutés à l'eau pour la rendre plus "mouillante", plus pénétrante. Il s'agit en particulier du produit "Wet water dust". D'autre part, lorsque l'on combat les feux avec les pompes et boyaux, un autre produit chimique (Tenogum) est ajouté à l'eau afin de réduire son taux d'évaporation.

Etant donné les coûts de plus en plus élevés du combat des incendies avec les avions citernes qui bombardent d'eau les foyers, il se peut que la lutte puise de plus en plus dans l'arsenal des produits chimiques, soit pour s'attaquer à de petits incendies, soit pour étouffer pleinement des incendies sous contrôle.

e) Lutte contre les insectes

L'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui sévit encore actuellement au Québec, remonte à 1967, l'année de son apparition. Dès 1971, on tente de conserver vivantes de larges surfaces boisées défoliées à quelques reprises déjà par cet insecte vorace d'aiguilles de sapins et d'épinettes blanche et rouge surtout. Différents insecticides furent employés. Le Fenitrothion fut l'insecticide préféré, à cause de son efficacité et de son bas prix. De 1970 à ce jour, 27 millions d'acres de territoire forestier furent arrosés, parfois à deux ou trois reprises. D'autres insecticides tels le Phos-

phamidon, le Zectran, le Matacil furent également utilisés, à des taux moindres cependant.

A peine 5% de ces insecticides se rendent au sol directement. Une bonne partie est interceptée par le feuillage et les branches des arbres. Les produits ont le temps d'accomplir leur action avant de se décomposer en métabolites différents et atteindre le sol par l'effet des pluies. Une fois rendus au sol, ces différents éléments s'incorporent à la matière organique, sont soumis à l'action de la microfaune et de la microflore du sol. Que leur arrive-t-il au juste et quel est leur impact véritable sur le milieu forestier? Les recherches sont encore trop schématiques et rares pour tirer une conclusion.

C'est dans le domaine de la protection des forêts contre les insectes que la voie de pénétration de corps étrangers dans le milieu forestier est la plus grande ouverte pour le moment du moins.

f) Développement des forêts

Restauration forestière

A l'époque des ensemencements artificiels, les graines utilisées sont enrobées de certains produits chimiques tels l'Arasan et l'Eldrin, pour les protéger contre les rongeurs et les oiseaux granivores. Ces graines sont épanchées sur des surfaces où le sol minéral a été exposé par scarifiage, afin de fournir de meilleurs lits de germination. Ce brassage superficiel des sols a pour effet d'incorporer de la matière organique au sol minéral, afin d'augmenter sa capacité de rétention d'eau.

Lors des reboisements, les plants produits en pépinières, ont été soumis à des traitements de désherbants et de fongicides. Il reste toujours possible que ces substances et leurs métabolites incorporés dans les tissus des nouveaux plants au cours

du cycle nutritionnel, ou imprégnant le sol attaché aux racines, s'introduisent en forêt par l'action de l'homme. Aucune étude sérieuse n'a été entreprise à ce propos. Les forestiers sont pour le moment plus préoccupés du succès physiologique de leurs plantations.

Jusqu'à ce jour, on n'a fait que planter, qu'installer des plantations. Aucune culture n'a suivi ce premier geste. Aujourd'hui, un dicton circule dans le monde forestier: "Rien ne sert de planter si on ne songe pas à l'entretien de cet investissement". D'autres produits chimiques, tels des désherbants, seront de plus en plus utilisés pour éliminer une végétation indésirable qui concurrence inutilement les jeunes arbres tant pour l'eau que pour les éléments nutritifs du sol. Et la pression pour une plus grande lutte contre la végétation compétitrice deviendra plus forte dès que l'apport d'engrais chimique pour accélérer le taux de croissance de ces plantations deviendra justifiable. Cela se produira quand la sylviculture naîtra au Québec.

L'emploi de sylvicides comme outil d'éclaircie en forêt n'existe à peu près pas: aucune expérience d'étendue convenable n'est en effet digne de mention, au niveau du Québec.

g) Autres activités

Le milieu forestier du Québec est sillonné par de nombreux corridors de transport d'énergie et de communication. Les lignes et les postes de raccordement de l'Hydro-Québec, les lignes téléphoniques, les routes et les chemins de fer recouvrent de grandes surfaces. Une fois établis, ces corridors sont maintenus dans un état de déboisement total. De multiples produits chimiques sont utilisés pour éliminer les feuillus et les résineux. Ces produits sylvicides sont surtout épandus au moyen d'avions ou hélicoptères. L'Hydro-Québec

semble être un des plus grands utilisateurs d'herbicides au Québec.

h) Récréation en forêt

Avec l'arrivée de la civilisation industrielle, suit la civilisation des loisirs. L'urbanisation rapide du Québec amène chaque jour de plus en plus de monde à retourner aux sources. La grande forêt est le milieu préféré des québécois pour pratiquer leurs sports favoris, telles la chasse et la pêche. Toute une gamme de produits les plus divers accompagnent ces épris de la nature. Insecticides de tous genres, munitions abondantes, aliments en conserves, canettes, etc... Tous ces produits pénètrent en forêt et y sont abandonnés après consommation. En plus de polluer le milieu, plusieurs produits étant non biodégradables se décomposent bien lentement, introduisant dans celui-ci des objets étrangers qui n'ont pas place dans l'écosystème.

1.3.2 Les facteurs d'altération du milieu forestier

Après l'esquisse du milieu forestier québécois et des principales activités que l'homme y exerce, on doit tenter de cerner de plus près la problématique des contaminations qui en résultent et de leurs répercussions. Il est cependant difficile de poser en termes concrets cette problématique et surtout de l'étayer de données propres au Québec, peu ou pas de spécialistes s'y étant intéressés.

a) Le milieu vierge

Comme le sol agricole, le sol forestier est l'une des plus importantes richesses naturelles et c'est directement de lui que dépendent la production ligneuse ainsi que la condition des faunes terrestre et aquatique qui y habitent. La formation du sol est conditionnée par les facteurs climatiques et par l'activité de divers organismes; l'apparition et le maintien de sa fertilité tiennent à un processus de nature biologique de longue haleine. Enfin, sa structure déter-

mine en bonne part le régime hydrique et d'aération optimale pour la croissance des végétaux.

La forêt du Québec colonise un milieu édaphique relativement jeune puisque postérieur à la dernière glaciation, caractérisé en plusieurs régions par l'influence des matériaux rocheux primitifs ou des dépôts meubles encore peu altérés, à peine recouverts de matière organique. Ailleurs, ce sont les sédiments glacio-lacustres et fluvio-marins qui couvrent de vastes étendues assez homogènes, à teneur argileuse élevée. Règle générale, l'érosion est faible en milieu intact, mais localement potentiellement forte à cause du relief, de la nature des dépôts et du redressement isostatique postérieur au retrait des glaciers.

L'hétérogénéité géologique et lithologique entraîne certaines variations dans la nature chimique du sol et par conséquent se reflète dans la répartition, la composition spécifique et la croissance des végétaux et de la faune. Une autre conséquence de cette hétérogénéité se manifeste dans le niveau de base des métaux lourds accumulés bio-géochimiquement dans l'humus et dans les végétaux qui peuvent être libérés massivement vers l'atmosphère et les cours d'eau à l'occasion d'incendies naturels ou accidentels.

A cette première catégorie d'éléments susceptibles d'être toxiques pour les populations indigènes du territoire, la faune et la flore, s'ajoutent des toxiques d'origine végétale et microbienne. Enfin, le transport des substances organiques et minérales issues du milieu terrestre vers les cours d'eau sous l'effet du ruissellement et des eaux de percolation assure la productivité et l'évolution naturelle de la flore et de la faune du milieu aquatique.

Globalement, les caractéristiques du milieu forestier du Québec sont celles d'un milieu plutôt oligotrophe, dont la fertilité est étroitement conditionnée par le maintien en bon état de l'activité biologique au sein de l'humus, un humus partiellement désaturé.

En moyenne, environ 5% du poids sec des végétaux est constitué de substances minérales absorbées à partir du sol par les racines. Ces minéraux sont accessibles à la faune forestière par ingestion directe ou indirecte, par l'intermédiaire de l'ensemble des chaînes alimentaires. On a calculé qu'aux Etats-Unis, le règne végétal extrait du sol et met ainsi en circulation cinq fois plus de minéraux que le tonnage extrait par l'homme en 1970. En fait, les plantes extraient du sol non seulement la quasi totalité des quelques 24 éléments minéraux essentiels à la vie, mais aussi une quantité considérable d'éléments qui ne semblent leur être d'aucune utilité.

Parmi les éléments indispensables à la vie, l'azote conditionne la productivité biologique mais ne provient pas directement du sol: il est surtout fixé de l'air par quelques micro-organismes particulier, des bactéries, associés en général aux racines de certaines plantes (nodules des aulnes) rares dans la forêt adulte, mais aussi par certains lichens et bactéries présents dans la cime et sur le tronc des arbres qui fournissent ainsi chaque année plus de 2 livres à l'acre d'azote à l'écosystème en se décomposant sur le parterre forestier.

A cette trop brève image du système naturel, on peut maintenant opposer l'effet de l'activité humaine immédiate ou éloignée, comme facteurs d'altération du milieu forestier.

b) Le milieu altéré

L'exploitation forestière et la récréation en forêt

Facteurs physiques d'altération

Bien que différentes des apports de substances étrangères au milieu, les actions physiques sur le milieu doivent être considérées ne serait-ce que par leurs répercussions éventuelles sur le milieu hydrique où leurs produits peuvent constituer une cause d'intoxication de la faune et de la flore.

En premier lieu et en ordre d'importance relative, se situent les actions mécaniques liées à l'extraction des grumes qui, par la dégradation de la structure du sol, diminuent sa porosité modifiant ainsi sa fertilité. Le compactage dû au poids de la machinerie entraîne une diminution de la respiration radiculaire, des microorganismes aérobies et, parallèlement, l'apparition de zones de stagnation de l'eau sur le parterre des coupes, le développement des bactéries anaérobies et des modifications importantes dans les équilibres physico-chimiques (formes réduites d'éléments minéraux, solubles et dont certaines sont toxiques, produits organiques de métabolisme anaérobie).

Sur certains sols peu profonds ou facilement érodables, le va-et-vient de la machinerie entraîne un véritable décapage, la formation de rigoles et des pertes minérales et organiques qui non seulement condamnent le parterre de la coupe à une rétrogradation en fertilité, parfois de plusieurs millénaires dans le cas de rankers, mais occasionnent l'eutrophisation des eaux environnantes, l'empoisonnement et la disparition des milieux propices à la vie et à la reproduction des espèces aquatiques.

Tout comme l'exposition brutale des aires de coupe au rayonnement solaire qui entraîne une activation de la biodégradation bénéfique si la dessiccation du sol n'est pas excessive, le feu en milieu forestier occasionne une remontée du pH. Alors que dans le premier cas l'implantation d'une végétation de reconstruction peut être facilitée, dans le second, l'incendie peut libérer dans l'atmosphère des éléments toxiques comme le mercure et, au niveau du sol et des eaux, une énorme quantité de minéraux sous formes facilement solubles qu'accompagnent des hydrocarbures aromatiques polycycliques, produits de la pyrolyse, mal connus chimiquement et susceptibles d'activité cancérigène et mutagénique.

A ces pertes du milieu terrestre s'ajoutent celles qui sont dues à l'extraction même des grumes qu'accentue dans une proportion sans cesse croissante l'exploitation totale de l'arbre, récemment introduite par certaines industries qui utilisent branches, écorce, feuillage et cônes pour produire l'énergie qu'elles requièrent. Ces pertes minérales et organiques ne sauraient être compensées par aucun programme de fertilisation en raison des coûts impliqués.

Moins sévères dans leur action, les travaux de voirie et d'aménagement de l'exploitation n'en constituent pas moins des facteurs qui libèrent dans le milieu sédiments et substances naturelles en quantité excessive et dont les effets sont peut-être analogues à ceux des causes précédentes.

Facteurs chimiques d'altération

Le rejet d'hydrocarbures utilisés par la machinerie d'exploitation, de voirie et de transport, ainsi que pour les arrosages aériens dans la lutte contre les insectes, ne semble pas devoir causer de problème au milieu terrestre, ces hydrocarbures étant assez rapidement biodégradables. Leur impact sur le milieu aquatique est cependant tout autre car en plus des désordres qu'ils y causent à l'état pur, ils ont la propriété de concentrer avec avidité les métaux lourds comme le plomb, le mercure, le cuivre, le chrome et le zinc, soient-ils naturellement présent dans les sols ou apportés de l'extérieur, ainsi que les hydrocarbures polychlorés, facilitant ainsi leur insertion dans les chaînes trophiques.

On connaît cependant peu de chose sur les conséquences d'apports, sous forme de déchets, des rebuts métalliques et plastiques que l'exploitation et la récréation abandonnent en forêt: ils introduisent localement à la longue des substances indésirables pour l'équilibre optimal du milieu.

TABEAU 1.9: PESTICIDES UTILISES EN FORESTERIE

(Marques de commerce entre parenthèses)

- ARASAN
- ARSENATE DE PLOMB
- CARBARYL (Sevin)
- DDT
- DIMETHOATE (Cygon)
- ELDRINE
- FENITROTHION (Sumithion, Accothion)
- GARDONA
- MALATHION
- METHOXYCHLORE
- MEXACARBAMATE
- PHOSPHAMIDON
- PROPOXUR (Baygon)
- TRICHLORFON (Dylox)
- ZECTRAN

On utilise aussi certains virus:

- BACILLUS THURINGIENSIS
- DOUGLAS FIR TUSSOCK MOTH VIRUS
- GIANT BASIN TENT CATERPILLAR VIRUS

(Adapté de: Pest Control: An Assessment of Present and Alternative Technologies. Vol IV, Forest Pest Control. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1975, p. 64).

D'autres sources de contaminants peuvent être l'utilisation d'agents mouillants et d'anti-évaporants dans la lutte contre les incendies forestiers ainsi que l'apport d'engrais en vue de reboisement ou d'amélioration de la fertilité naturelle. La composition des uns et de leurs métabolites, de même que la nature et la pureté des autres ne sont pas sans effet sur les propriétés et le comportement du milieu. On sait que certains engrais azotés ont un rôle désastreux sur l'humus et ses propriétés physico-chimiques, alors que des apports minéraux peuvent non seulement entraîner la perte par action de masse de précieux éléments traces mais aussi causer l'eutrophisation des eaux avoisinantes.

La principale source actuelle de perturbation du milieu forestier par des agents chimiques est sans contredit l'utilisation massive d'insecticides et moins massive de désherbants (tableaux 1.9 et 1.10); sylvicides (tableau 1.11) et fongicides ne sont pas encore importants au Québec. Leur utilisation en agriculture a donné lieu à une littérature abondante touchant leurs effets et ceux de leurs métabolites tant sur la flore que sur l'ensemble des faunes du milieu.

Bien que plusieurs de ces composés aient été bannis, à cause de leur persistance et de celle de leurs métabolites et remplacés par des toxiques rapidement dégradables, il subsiste encore des dangers considérables liés à leur utilisation. Tout d'abord, les modalités d'application peuvent entraîner des accidents: mauvais dosage, dépassement des normes d'application par erreur de navigation aérienne, par l'effet des courants d'air, par la vidange accidentelle ou intentionnelle des réservoirs, par effet de drainage préférentiel. On sait aussi que de trop faibles doses peuvent entraîner l'apparition de souches résistantes. De plus, ces produits sont rarement chimiquement purs et leurs conta-

TABLEAU 1.10: HERBICIDES UTILISES EN FORESTERIE

(Marques de commerce entre parenthèses)

Utilisés soit purs, soit en mélange:

- AMITROLE (Amizole, Weedazole, Amino-triazole)
- ATRAZINE (Aatrex 80 W)
- PARAQUAT (Gramoxone)
- SIMAZINE (Princep 80W, Simaprim 80W, Princep 4G)
- AMITROLE/SIMAZINE (Amizine, Amizine WP)
- ATRAZINE/SIMAZINE (Ekko, Eramox 80W)

Certains produits mettent à profit l'action synergique du:

- THYOCYANATE D'AMMONIUM (Amitrole-T, Citrole-Amitrole-T).

(Adapté de: Comment détruire les mauvaises herbes, Ministère des Terres et Forêts, Québec)

TABLEAU 1.11: SYLVICIDES UTILISES EN FORESTERIE

(Marques de commerce entre parenthèses)

Il s'agit en fait d'herbicides utilisés contre les broussailles:

- 2,4 - D
- 2,4 - DP
- 2,4,5-T
- BROMACIL (Hyvar X, Hyvar XL, Ureabor)
- FENURON T.C.A. (Urab)
- KARBUTILATE (Tandex)
- MAA (WSSA) (Trans-Vert)
- NAPTALAM (A Lanap, NPA)
- SULFAMATE D'AMMONIUM (Ammate X, Ammate X-N1)
- PICLORAME (Tordon, Tordon 10K, Tordon 22K)

En mélanges:

- 2,4-D/2,4,5-T (Brushkill, Brushkiller)
- 2,4-DP/2,4-D (Estaprop, Silvaprop, Weedone)
- PICLORAME/2,4-D (Tordon 101)
- PICLORAME/2,4,5-T (Tordon 155)
- SILVEX (Fenoprop, Weedone/2,4,5-TP)

On utilise de plus, pour l'éclaircie pré-commerciale:

- ACIDE CACODYLIQUE (Silvisar 510)

(Adapté de: Comment détruire les broussailles, Ministère des
Terres et Forêts, Québec)

L'effet des précipitations acides ne tient pas seulement aux apports de H^+ mais aussi à l'absorption et à l'adsorption relative des différents ions apportés au milieu.

A cet égard, le soufre et l'azote, dont l'absorption par les plantes est interreliée, au moins au niveau des produits métaboliques, compliquent la mesure du phénomène d'acidification. Il semble de plus que la transformation de NH_4^+ en NO_3^- sous l'action bactérienne entraîne une production d'ions H^+ aussi importante dans le sol que l'apport direct de H^+ par les précipitations.

Bien qu'on puisse considérer comme utiles des apports cationiques tels Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et de phosphore au milieu forestier québécois en général, il y a lieu cependant de se préoccuper de l'effet eutrophiant de l'augmentation de ces retombées sur le milieu aquatique.

Accompagnant ces ions, les retombées contiennent d'importantes quantités d'éléments lourds dont l'accroissement peut être suivi facilement dans les sédiments lacustres. Cet accroissement lié principalement à celui des activités humaines en dehors du milieu forestier ne peut qu'inquiéter, particulièrement à cause de la toxicité élevée de certains métaux lourds et de leur capacité d'insertion dans les chaînes trophiques où ils se concentrent.

1.3.3 Recommandations pour une approche intégrée à la mise en valeur du milieu forestier

Approche intégrée à la mise en valeur du milieu

La forêt du Québec subit de façon croissante les répercussions de l'activité humaine: exploitation des bois, transports et communications, extraction minière, récréation, retombées atmosphériques

minants peuvent aussi être toxiques, résister à la dégradation et se concentrer dans les chaînes trophiques.

A ces effets indésirables, s'ajoute la non spécificité des agents toxiques qui éliminent aussi bien les insectes utiles comme les pollinisateurs, les saprophages, etc... entraînant aussi bien la disparition ou l'intoxication de la faune qui vit de ceux-ci que des modifications ou la disparition, pendant une plus ou moins longue durée, de la pédofaune et de la pédoflore. Comme la nutrition des arbres dépend intimement de la qualité du sol, la croissance et les fonctions de ces végétaux risquent de se trouver fortement troublées elles-mêmes par toute altération du support qui leur assure l'alimentation en eau et en éléments minéraux.

Facteurs biologiques d'altération

Bien que ce groupe de facteurs ait fait l'objet de peu de préoccupation, il existe suffisamment de données de pathologie humaine pour justifier d'apporter une certaine attention à l'introduction par l'homme en milieu forestier de bactéries, mycoplasmes et virus susceptibles de trouver chez la faune et la flore des hôtes intermédiaires favorables à la prolifération éventuelle de pathogènes ou encore d'y exercer des ravages.

Les apports atmosphériques

Les techniques de mesure des apports atmosphériques à l'environnement sont susceptibles d'importantes améliorations.

Alors qu'on peut quantifier assez bien les apports en calcium, magnésium, sodium, potassium et phosphore ainsi qu'en soufre, il existe de sérieuses lacunes concernant la mesure directe de l'acidité par l'usage d'électrodes si l'équilibre CO_2 - HCO_3 n'est pas considéré.

diverses. Cette forêt, on le sait, constitue une richesse naturelle dont la valeur économique et sociale est considérable. Elle est en outre susceptible de se renouveler, de s'accroître grâce à des améliorations génétiques et à des soins culturaux et de prendre ainsi un nouvel essor face à la demande grandissante de matériaux et d'énergie qu'impose la conjoncture.

Aussi, apparaît-il paradoxal que de plus grands efforts ne soient pas consentis en vue de mieux connaître, de sauvegarder et d'améliorer le milieu forestier du Québec et ses composantes. La période de temps nécessaire à la croissance de l'arbre comme à la formation du sol forestier justifie de ne pas transposer à la légère les pratiques culturales de l'agriculture. D'ailleurs, on voit, l'agriculture contemporaine des pays industrialisés tendre à une plus grande rationalisation de ses pratiques: systèmes plus efficaces au point de vue de la photosynthèse, de l'utilisation de l'eau et des engrais, de la capacité génétique, de la résistance aux parasites et aux maladies. Parallèlement, on se préoccupe de maintenir la variabilité génétique, de préserver le sol, de réduire la consommation d'énergie nécessaire à la culture et à la récolte.

Une approche aussi intégrée n'est pas encore évidente en foresterie: on semble oublier parfois les ravages causés jadis par la colonisation et le déboisement excessif du bassin méditerranéen, par la colonisation agricole aux Etats-Unis et plus près de nous même au Québec sur des sols minces, peu fertiles ou facilement érodés.

Exploitation du milieu et sylviculture

Les activités humaines qui touchent la forêt doivent viser en premier lieu la préservation de sa valeur à tous égards en raison de son potentiel socio-économique élevé et des investissements déjà consentis. Ces activités doivent donc limiter au maximum les impacts qui en amoindrissent la valeur ou qui libèrent et introduisent dans l'écosystème forestier des nuisances et des toxiques dont les

effets se répercutent même au-delà de lui. Bien qu'encore assez limitée, l'apport de substances étrangères à la forêt risque de s'accroître rapidement. La disparition des peuplements surannés et leur remplacement par des massifs de plus haute productivité, les soins à apporter aux plantations extensives, une dépendance accrue sur la forêt au point de vue énergie, matériaux industriels, voire aliments d'élevage, doivent entraîner la mise au point de systèmes intégrés de protection contre les parasites et les maladies.

Les possibilités qui s'offrent pour lutter contre l'appauvrissement de la ressource forestière sont nombreuses. Tout d'abord, il est nécessaire que les pratiques sylvicoles augmentent la résistance des peuplements forestiers en diminuant les stress divers qui risquent de les affaiblir ou d'endommager leur milieu de croissance. La lutte contre les organismes pathogènes peut se faire en partie par des pratiques culturales mieux pensées: on sait que les peuplements ou les reboisements comportant une seule espèce sont plus exposés aux épidémies que les peuplements mélangés.

Usage et contrôle des substances étrangères

Le ralentissement de la dégradation des agents toxiques qui résulte de la rigueur de notre climat, introduit dans la problématique un paramètre tout aussi important que celui de la matière organique qui les retient. En effet, leur persistance peut, de la sorte, se prolonger considérablement et leur action sur les organismes responsables de la fertilité du sol devenir ainsi particulièrement lourde de conséquences, affectant à la fois la productivité de nos forêts et les bénéfices qu'elles procurent. Le maintien de l'équilibre des écosystèmes végétaux et de leur diversifié doit donc être, pour le Québec, l'objectif minimum à rechercher.

S'il est nécessaire d'utiliser des agents de lutte contre les infestations ou les incendies, ceux-ci doivent avoir été éprouvés avec précaution et de façon limitée sur le milieu et non simplement

empruntés à l'agriculture. Les produits utilisés doivent être évalués en fonction de la période de croissance des peuplements et des répercussions qu'ils y peuvent entraîner, au lieu d'être choisis en fonction du coût seulement.

L'emploi des virus contre les insectes élimine, selon toute apparence, le danger des substances toxiques et, en raison de leur spécificité, peut s'avérer hautement efficace.

Enfin, il devrait être indispensable qu'un ensemble de mesures limitent et éliminent les apports inutiles: huiles, déchets plus ou moins dégradables qui n'ont pas de place dans l'écosystème. On peut même concevoir l'exercice de certains contrôles sanitaires sur les personnes travaillant en forêt.

Interventions par accords internationaux

Parce que l'écosystème forestier du Québec subit non seulement les influences d'interventions directes et variées quoique facilement identifiables, mais aussi parce que son étendue et sa situation géographique en font le principal réceptacle des retombées atmosphériques industrielles et urbaines issues de notre territoire ou de celui de nos voisins de l'ouest et du sud, toute stratégie d'intervention globale déborde de juridictions locales et appelle d'éventuels accords aux niveaux politiques les plus élevés.

Interventions et concertation au Québec

Il est évidemment nécessaire que le Québec améliore par l'éducation et l'information l'attitude populaire quant à la conservation et à la valorisation des richesses ou des milieux naturels que sont le sol, l'eau, la forêt ainsi que leurs hôtes. Ce rôle de sensibilisation est dévolu à l'école, aux médias, aux groupements appropriés, enfin aux institutions telles que, par exemple, le Conseil de l'environnement.

C'est cependant aux ministères de même qu'aux entreprises d'Etat qu'incombe la toute première responsabilité à l'égard du patrimoine commun. En effet, les décisions quotidiennes de ces organismes doivent démontrer jusqu'à quel point ils ont conscience de l'obligation que leur a conférée la société de préserver aussi bien que de faire fructifier des richesses collectives du milieu.

Le décloisonnement de ces organismes, l'amélioration de l'information pertinente à l'environnement chez leurs cadres et leurs fonctionnaires de tous niveaux, peuvent seuls assurer la coordination rationnelle et l'efficacité des interventions sectorielles que peut et doit entreprendre le gouvernement. Cependant, à cause de la complexité de la tâche dont il a la responsabilité ainsi que de la nécessité d'accorder sa stratégie aux contraintes socio-économiques et techniques, le gouvernement se doit de confier à un pôle unique et doté de l'autorité nécessaire, la responsabilité de coordonner et de mettre en route les politiques d'éducation, d'information et d'intervention des ministères et sociétés d'Etat concernées.

Dans cette concertation, le ministère des Terres et Forêts, à titre de grand gestionnaire de la forêt du Québec, doit nécessairement figurer en première ligne de la stratégie d'intervention gouvernementale. Pour combler les lacunes en matière d'environnement, ses responsabilités doivent être clarifiées et étendues, hors les secteurs agricole et urbain, à tout le territoire public et privé, y compris celui du Nouveau-Québec. Chargé d'assurer à perpétuité un approvisionnement en ressources ligneuses de première qualité, il peut très bien être aussi le protecteur des autres formations végétales naturelles et du sol, la formation de son personnel y étant adaptée. Son action doit cependant s'intensifier à l'égard des sols et des eaux dont la fertilité et la qualité ne sauraient subir aucune dégradation. Le rôle tout entier de ce ministère doit, dans l'avenir, lui être dicté par un code lui attribuant, en concertation avec les Services de Protection de l'Environnement et le ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche,

toute autorité sur les activités propres des organismes chargés de l'exploitation forestière ou minière, des communications, de la production et du transport d'énergie, etc...

Quant aux Services de Protection de l'Environnement, mieux préparés que les autres secteurs gouvernementaux, ils doivent intensifier leur pouvoir d'intervention et de réglementation, même à l'égard des sociétés d'Etat et des ministères, soit dans le cas de l'utilisation des produits chimiques ou celui du contrôle des déchets touristiques, industriels et d'exploitations sur le territoire géré par le ministère des Terres et Forêts.

Priorités pour la recherche québécoise

Enfin, des programmes de recherche doivent, sans délai, apporter les connaissances dont manque le Québec quant à l'impact des apports de substances étrangères, toxiques ou non, sur le milieu naturel et, en particulier, à leurs répercussions sur le sol, la végétation et la faune. La spécificité et la fragilité de notre vaste patrimoine ne peuvent s'accommoder simplement de la transposition de connaissances étrangères, acquises dans un contexte d'écosystèmes qui, tout en présentant certaines analogies, ne correspondent pas toutefois entièrement aux conditions de notre milieu.

Priorités gouvernementales

L'action gouvernementale contre les agressions subies par le milieu forestier doit porter en priorité sur l'élimination des apports atmosphériques dont les effets étendus et cumulatifs peuvent perturber profondément et même rompre certains maillons des chaînes des écosystèmes.

Parallèlement, tout en visant à l'abolition des déchets nuisibles et inesthétiques, le gouvernement doit soumettre l'introduction locale de toute substance chimique dans le milieu, que ce soit pour la lutte

contre les incendies ou les organismes pathogènes, pour le désherbage ou l'éclaircie, pour la fertilisation des plantations ou l'amélioration des peuplements, à des règles fondées sur des bases scientifiques solides garantissant que l'emploi de ces substances ne présente aucun risque de conséquences irréversibles pour les écosystèmes.

1.4 LE SYSTEME AGRESSEUR: CAS DE L'INDUSTRIE MANUFACTURIERE (M. Gauvin, SPEQ; H. Demard, INRS-Eau; B. Tremblay, MIC).

L'agresseur entretient avec son milieu social, économique, politique, des rapports qui affectent dans une large partie l'évolution de son émission de nuisances et en particulier de substances toxiques.

Par ailleurs l'organisme chargé de la protection de l'environnement est également en contact à différents niveaux avec l'agresseur ainsi qu'avec les interlocuteurs de ce dernier et vient modifier l'évolution précédemment citée. De plus, cet organisme doit également considérer les agressés qui ne sont pas directement en contact avec l'agresseur ainsi que les cas où l'agression se manifeste sans qu'un agressé soit en cause (protection de la nature). Cette approche reconnaît ainsi le comportement en système de l'agresseur ce qui est primordial dans l'élaboration d'une stratégie d'intervention.

Afin d'examiner les possibilités d'une telle approche nous avons approfondi le cas de l'industrie manufacturière de la province.

L'industrie manufacturière: le système agresseur

Après avoir brièvement considéré les caractéristiques de l'agression toxique de l'industrie manufacturière de la province, nous examinerons les interactions qui constituent les causes profondes de l'émission et en déduirons les éléments d'une stratégie d'intervention.

1.4.1 Caractères de l'émission

On peut schématiser l'ensemble des fonctions amenant, dans l'industrie manufacturière, l'émission de toxiques ainsi que les possibilités d'interventions (figure 1.11).

A la transformation primaire, les émissions de toxiques sont généralement connues, ponctuelles et peuvent être ni seulement accidentelles ni causées par une mauvaise opération du procédé. Au cours des transformations subséquentes puis à l'utilisation, les émissions deviennent plus dispersées, voir diffuses, et perdent également leur caractère connu et volontaire. Le type d'évolution dans le temps de l'émission est également une caractéristique importante du point de vue de l'intervention (décroissance, croissance continue ou accroissement brusque). Enfin l'émission peut, et parfois facilement, changer de forme pour passer, par exemple, des rejets liquides aux rejets solides et ainsi accroître ou diminuer le temps de résidence ou rendre plus ou moins disponible une substance toxique. Ce transfert d'agression est d'ailleurs un obstacle reconnu aux politiques visant spécifiquement une ressource.

Les connaissances sur l'émission de toxiques par les procédés et les possibilités d'intervention sur les eaux usées portent principalement sur les secteurs suivants: pâtes et papiers, raffineries de pétrole, métallurgie, chimie inorganique, chimie organique, textiles, traitement de surface des métaux et exploitation minière. Il en ressort:

- . que la perception de la complexité de l'agression croit avec la connaissance des émissions;
- . que les interventions actuellement projetées proposées touchent la ségrégation des différents types d'eaux usées et leur épuration, les modifications aux procédés et les changements de matière première;

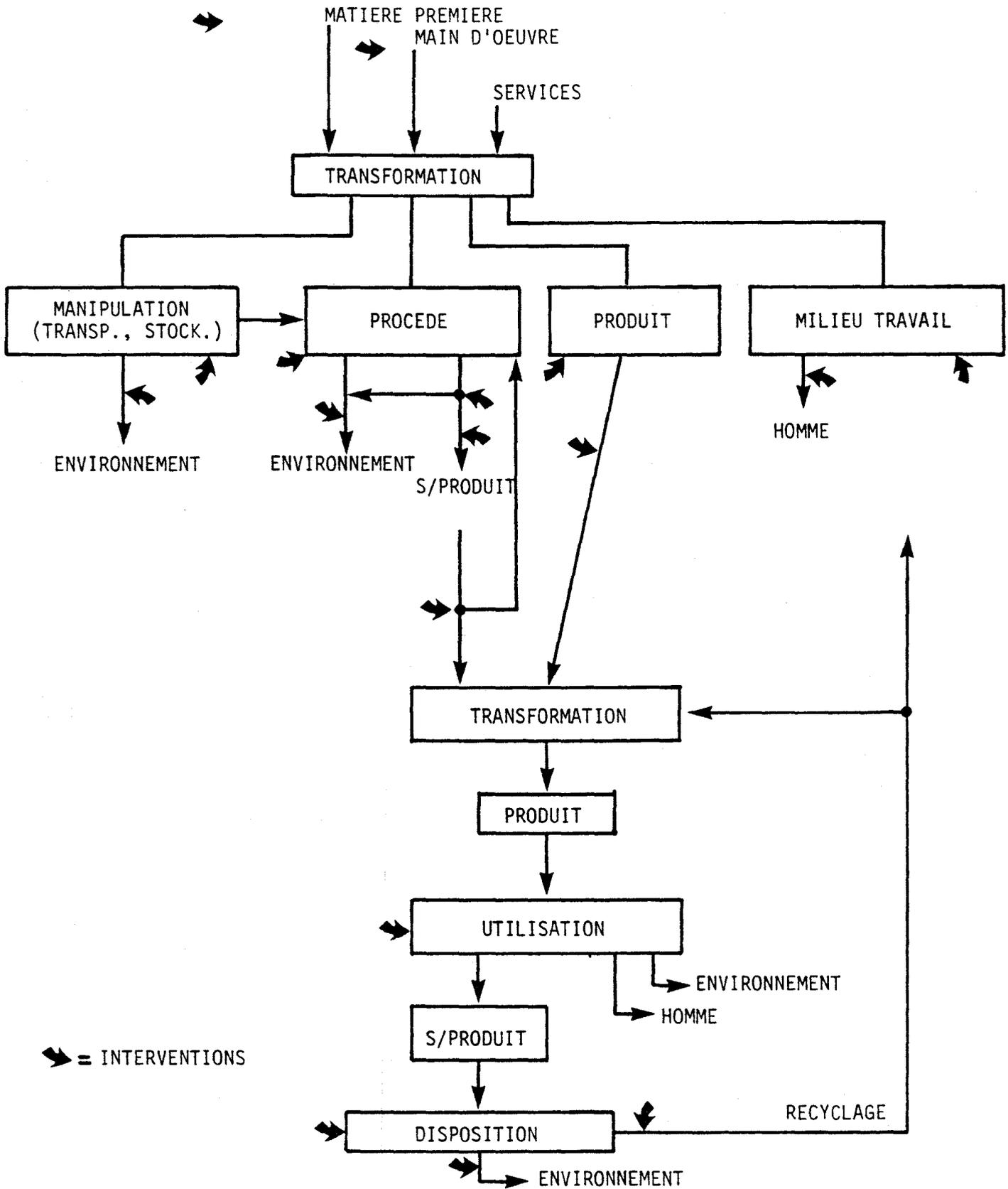


Figure 1.11: Chémiment des produits et interventions.

- . que le soin apporté aux procédés est un facteur commun fondamental ("good housekeeping");
- . qu'il peut exister un problème de disposition des boues d'épuration.

1.4.2 Agresseur et système de relations (figure 1.12)

En vertu du mandat qui leur a été conféré par la loi, les Services de Protection de l'Environnement ont entamé avec les industries une négociation qui s'est appuyée sur quelques règlements fédéraux. L'argumentation des SPEQ basée sur la "Best Practicable Technology" (B.P.T.) s'est ainsi opposée à une évaluation financière de cette technologie et aux aléas de la situation économique. On trouvera en annexe (ANNEXE 2) un document élaboré par le Ministère de l'Industrie et du Commerce, au sujet de l'importance sociale et économique des secteurs industriels mentionnés plus haut. Marginalement les discussions SPEQ-Industries ont abordé l'étape de l'évaluation de l'agression. En fait l'agresseur est maintenant au courant de l'agression qu'il génère et peut éventuellement discuter de ses conséquences.

Le Ministère de l'Industrie et du Commerce et d'autres ministères visant le développement économique sont également intervenus auprès des SPEQ pour faire valoir leurs objectifs, donc en appuyant l'industrie.

Le plan de l'hygiène industrielle a par contre permis d'établir des relations industrie-employés-SPEQ - Affaires Sociales. Enfin l'action des groupes de pression, orientée vers l'opinion publique, s'est portée sur des situations d'agression plus que sur des agresseurs.

On doit noter l'absence, à de rares exceptions près*, des corps publics locaux (municipalités) ou régionaux de la scène des débats sinon en faveur de la thèse unique du développement économique**.

* La Communauté Urbaine de Montréal en particulier.

** cf Communauté Urbaine de Québec et le dossier de l'aluminerie de St-Augustin.

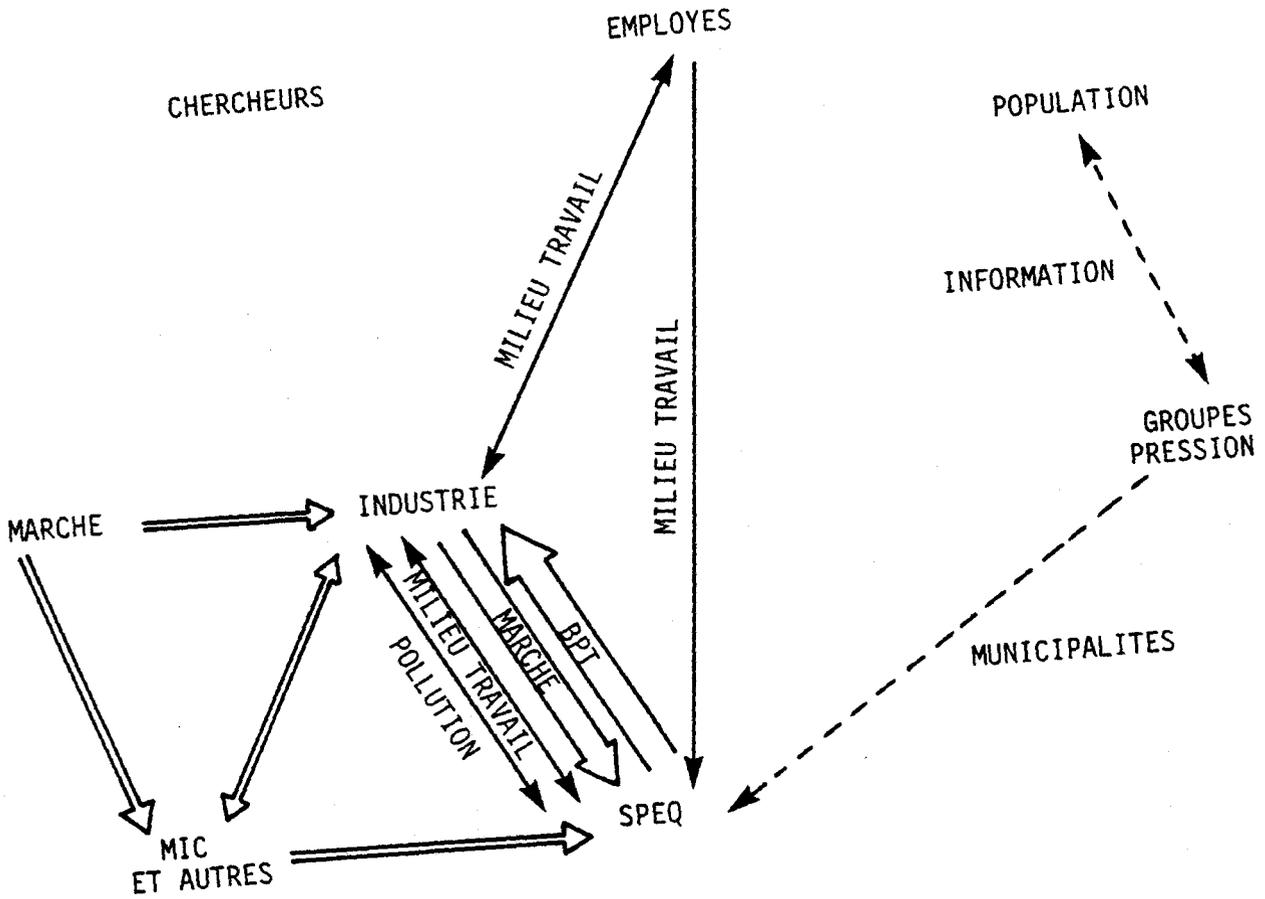


Figure 1.12: Lignes de force des relations des dernières années.

La recherche scientifique quant à elle n'a guère amené d'arguments dans les relations SPEQ - Industries sinon les quelques solutions de recyclage et, à un niveau global, pour démontrer d'une part la gravité d'une situation économique où le secteur tertiaire se développe très rapidement et d'autre part pour promouvoir une société de conservation. Les syndicats, en dehors des discussions sur le milieu de travail, se sont généralement rangés aux côtés des industries à l'exception de la situation de conflit de STANCHEM.

Nous pensons pouvoir résumer ainsi la situation des dernières années:

1. Les SPEQ sont apparus isolés dans un rôle de négociateur avec l'industrie sur la base de la B.P.T.;
2. Les SPEQ ont fait face à une argumentation essentiellement économique.

1.4.3 Propositions concernant le système de relations

Compte tenu de l'impossibilité et de l'inefficacité d'une approche cas par cas de la protection de l'environnement contre les manifestations d'une volonté justifiée de développement économique, l'objectif à considérer ne peut être que l'intégration des politiques de développement et d'environnement. Quelques buts ont été envisagés:

1. évolution vers l'approche long terme tant des ministères à vocation de développement que des SPEQ;
2. valorisation de l'image "environnement" de l'industrie par amplification du feed-back vers lesdites industries;
3. réduction de la dichotomie employé - citoyen. Ce dernier point est d'une part à l'origine de la perception des agglomérations urbaines comme principal agresseur et d'autre part ne favorise pas le "good housekeeping" qui serait cependant

à la source d'une réussite d'une politique de réduction des émissions. Il est évident que l'état actuel des relations de travail ne se prête pas dès aujourd'hui à une telle politique.

Quant à la nature même des relations Industries - SPEQ on doit s'interroger sur les possibilités de les établir sur la base de la qualité de l'environnement (voire des conséquences) plutôt que sur la technologie elle-même à condition de développer les connaissances sur l'environnement et de les rendre accessibles.

Enfin les municipalités bien qu'elles puissent jouer un rôle important ne peuvent assurer seules la dimension régionale mais on touche là une question débordant largement le cadre d'une stratégie concernant les substances toxiques.

2. LES AGENTS D'AGRESSION

2.1 L'APPROCHE PAR AGENT D'AGRESSION

Sitôt que la gravité d'une agression reliée à un agent dominant est connue, se manifeste l'urgence de monter un dossier touchant l'ensemble des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques susceptibles de retracer les sources, le devenir, les effets et les conséquences de cet agent avant d'envisager une intervention. Nous avons examiné dans le cas du plomb et des biphényles polychlorés (BPC) la méthodologie permettant l'établissement d'un dossier type "causes - conséquences".*

Pour chaque agent d'agression, les causes de sa présence dans l'environnement sont reliées:

- à ses caractéristiques propres (substance susceptible d'une destruction ou non, propriétés physicochimiques dont dépendent son usage et son comportement dans le milieu);
- à son origine (substance naturelle ou synthétique);
- à son utilisation par l'homme (caractéristiques des usages et des mécanismes de libération à travers différents processus);
- à son comportement dans l'environnement (rôle du milieu sur son devenir: effets de dispersion, d'accumulation).

On tente par la suite d'établir les conséquences de la présence de cet agent, qui se traduisent d'une part par des effets directs sur la santé et le bien être de l'homme et d'autre part par des répercussions sur ses activités économiques ou son patrimoine naturel. Enfin, à la lueur de ces données, un certain nombre d'interventions sont suggérées et les interventions déjà amorcées sont discutées.

* Compte tenu du temps qui était à notre disposition, nous n'avions pas la prétention de fournir des documents exhaustifs et les informations présentées dans les deux dossiers qui suivent sont très sommaires; il ne s'agissait que d'illustrer un type d'approche.

On doit mentionner cependant que l'approche par "agent d'agression" est une approche "cas par cas" avec les limites que cela comporte. En effet ce type d'approche exclut une vision intégrée des différents secteurs où intervient un agent d'agression donné; les mesures proposées concernent souvent des aspects spécifiques sans égard à l'ensemble d'un secteur: ainsi on peut proposer des mesures comme une réduction de l'émission d'un agent ou le recours à un substitut, mais il est difficile d'évaluer leur degré d'application et leurs répercussions indirectes, compte tenu par exemple de la situation économique du secteur. De plus on doit souligner les dangers d'une telle approche, dans la mesure où les efforts se trouvent concentrés sur une seule substance, ce qui n'incite nullement à aborder l'étape beaucoup plus complexe de compréhension des relations entre plusieurs substances toxiques (ex.: effets de synergie ou antagonistes).

Il reste que cette approche apparaît nécessaire dans une première étape afin d'identifier les différents agresseurs en cause et de déterminer leur part de responsabilité respective.

2.2 CAS DU PLOMB

2.2.1 Propriétés du plomb et de ses dérivés

Le plomb est une substance minérale, qu'il n'est donc pas possible d'éliminer par voie de destruction physique, chimique ou biologique.

Les propriétés du plomb métallique (malléabilité, ductilité, résistance à la corrosion par l'acide sulfurique), ainsi que celles de ses composés (propriétés antidétonantes du PTE* et du PTM*, pigments, stabilisants) lui ont conféré un grand intérêt pour l'homme qui l'utilise dans une grande variété d'applications.

* PTE = plombtétraéthyl
PTM = plombtétraméthyl

Par ailleurs d'autres propriétés, comme une faible volatilité, la faible solubilité dans l'eau de la plupart des sels de plomb, l'affinité des ions Pb^{++} pour les molécules organiques avec lesquelles ils forment des complexes très stables sont responsables de certains types de comportements dans l'environnement; ainsi le plomb présente une faible mobilité dans les sols et les sédiments fluviaux et lacustres, et a donc tendance à s'y accumuler de même que dans certains organismes.

2.2.2 Sources naturelles

Le plomb existe à l'état naturel: c'est un constituant de la croûte terrestre qui en contient en moyenne $16 \mu\text{g/g}$. En dehors de toute intervention humaine, il existe une teneur naturelle de plomb aussi bien dans les sols, que dans l'atmosphère, que dans les eaux (figure 2.1).

2.2.3 Sources anthropogéniques

L'homme extrait du plomb et produit des biens à base de plomb ou contenant des additifs au plomb, pour satisfaire à un certain nombre de besoins (secteur des transports, secteurs industriel, domestique, commercial, agricole).

De plus l'exploitation et l'utilisation de certaines ressources naturelles (huiles fossiles, charbon, zinc, fer, nickel, cuivre) conduisent à une libération du plomb qui y est naturellement présent.

La mobilisation du plomb par l'homme (production mondiale en 1972 = $3410 \cdot 10^3 \text{T}$) est de loin très supérieure à la mobilisation géologique qui est évaluée à $180 \cdot 10^3$ tonnes par an (Jenkins, 1975).

a) Caractéristiques des utilisations du plomb

La consommation canadienne de plomb en 1970 était de 93,000 tonnes (tableau 2.1) et seulement 35% du plomb consommé était du

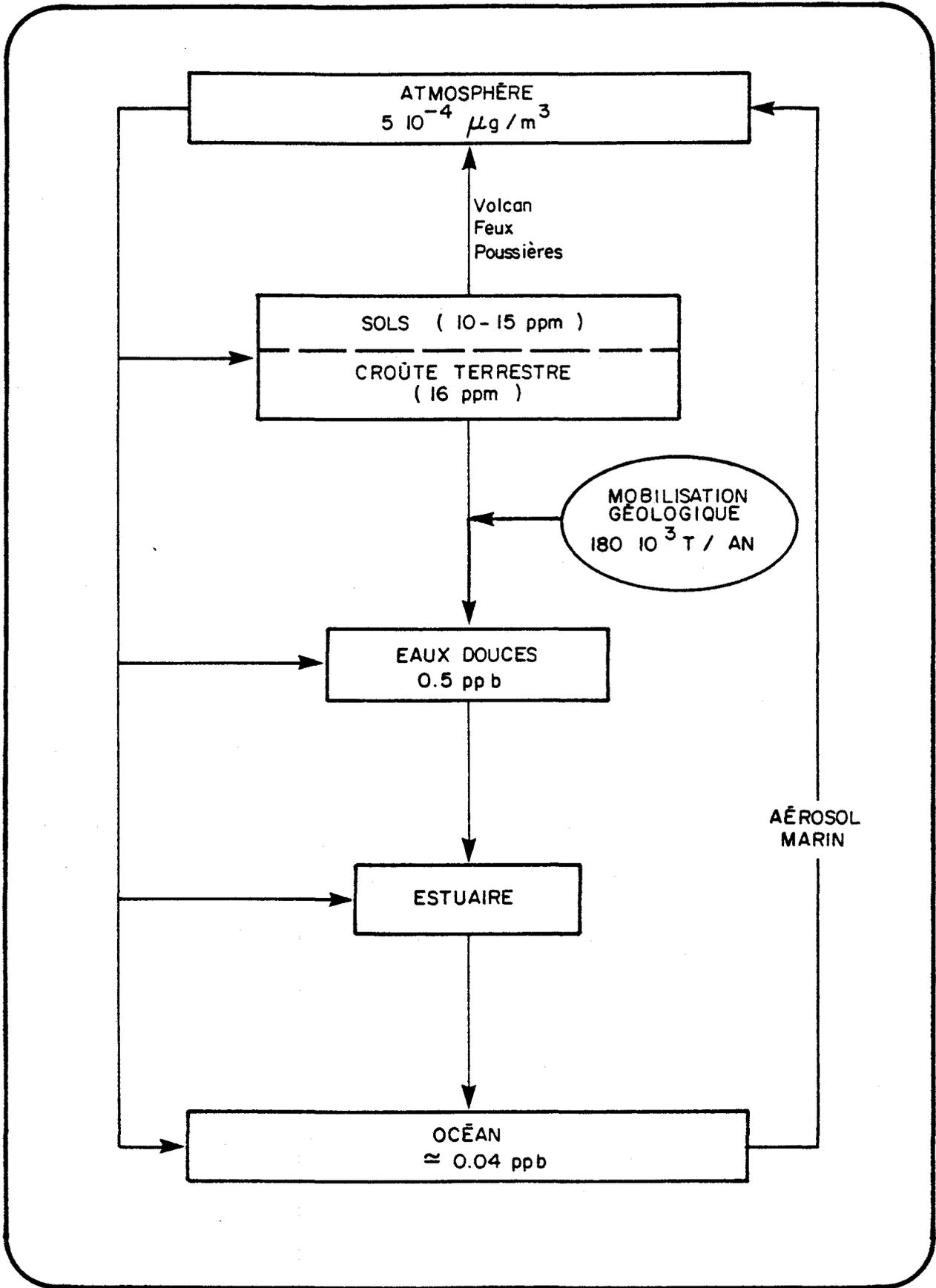


Figure 2.1 . Cycle du plomb naturel .

TABLEAU 2.1: Production et consommation de plomb au Canada en 1970.

	TONNES
Production minière	389,185
Exportation minière	165,912
Production Pb 1 ^{aire}	204,630
Exportation Pb 1 ^{aire}	152,821
Importation Pb 1 ^{aire} et dérivés	4,459
Production Pb 2 ^{aire} *	45,662
Exportation Pb 2 ^{aire} *	12,368
Stock	3,875
Pb consommé	93,437
Pb 1 ^{aire} (y compris importations et stock)	60,143 soit 64.5% du Pb consommé
Pb 2 ^{aire} *	33,294 soit 35.5% du Pb consommé

* Pb 2^{aire} = Pb recyclé.

SOURCE : Environment Canada (1974).

plomb recyclé. Au niveau québécois, la production minière est négligeable, avec environ trois millions de livre par an (tableau 2.2); le Québec importe la majeure partie du plomb consommé dans la province. La consommation québécoise peut être estimée à environ 25,000 tonnes par an si l'on se base sur les données canadiennes; il convient de noter que le Bureau de la Statistique du Québec ne tient pas d'inventaire des quantités de plomb importées dans les produits manufacturés.

Les utilisations du plomb sont très diverses (tableau 2.3) et le secteur des transports est le plus gros consommateur avec environ 2/3 du plomb consommé: 40% pour les batteries et 20% pour les additifs au plomb de l'essence (tableau 2.4). Les produits à base de plomb font donc l'objet d'une large diffusion à travers la population et sont directement accessibles à tout consommateur.

Le plomb est très rarement employé comme biocide à l'exception de l'arseniate de plomb utilisé comme pesticide.

Un certain nombre d'utilisations du plomb conduisent à un contact direct du plomb avec les aliments ingérés par l'homme (soudures au plomb des boîtes de conserve, des ustensiles de cuisine, émaux au plomb de certaines pièces de vaisselle, pesticides à base de plomb employés en agriculture).

Environ 40% du plomb consommé l'est à travers des usages "uniques", comme le plomb des additifs de l'essence, des balles de chasse, des pesticides. La récupération du plomb est impossible quand il est utilisé comme additif et "dilué" dans le produit final (cas de l'essence, des peintures, des alliages utilisés pour les soudures).

Dans le but par la suite de définir des grandes lignes d'interventions sur la contamination par le plomb, il est important de considérer de quelles façons les utilisations ont évolué ou auront tendance à évoluer.

TABLEAU 2.2: Mines québécoises produisant du plomb (1974).

	MANITOU-BARVUE	CUPRA-D'ESTIE
Minerai traité (tonnes)	225,303	240,087
Pb (lbs)	1,042,570	1,988,073
Zn (lbs)	7,540,303	14,641,481
Cu (lbs)	87,870	11,838,651
Ag (oz)	-	232,259
Au (oz)	3,080	1,922
Cd (lbs)	-	83,383
Bi (lbs)	-	5,006

SOURCE : Ministère des Richesses Naturelles (1975).

TABLEAU 2.3: Principales utilisations du plomb.

- batteries (\approx 70% de Pb dans les montants + oxyde de Pb)
- additif antidétonant de l'essence (PTE et PTM)
- pigments (peintures, matières plastiques, poteries, faïences, céramiques tuiles vernissées):

céruse } blanc
 $Pb SO_4$ }

chromate }
 antimoniante } jaune
 oxychlorure }

litharge

minium (peinture anti-rouille)

- soudures (alliages Pb-Sn)
- munitions (plombs de chasse)
- insecticide (arseniate)
- structures métalliques (feuilles, tuyaux, écran d'insonorisation ou anti-radiation)
- additif de lubrifiant
- additif des matières plastiques (stabilisant)
- caractères d'imprimerie (alliages Pb-antimoine)
- revêtement de câbles
- joints, calfeutrage

SOURCE: Lauwerys (1972).

TABLEAU 2.4: Répartition par secteur du plomb consommé

ETATS-UNIS 1970	
batteries	43.4%
additifs de l'essence	20.4%*
alliages, métaux	18.1%
soudures	5.1%*
pigments	7.2%*
munitions	5.3%*

* Usages "uniques"

SOURCE : Snyder et al. (1971).

CANADA 1970	
batteries	43.3%
produits chimiques*	27.3%
produits semi-finis	9.7%
soudures	5.9%
revêtement de câbles	3.3%
alliages (Sb - Pb, Cu - Pb, autres)	6.3%
divers	4.2%
TOTAL : 100.0%	
(93,437 tonnes)	

* Additifs de l'essence, pigments peinture, insecticides, ...

SOURCE : Environment Canada (1974).

pigments utilisés dans les peintures: les peintures à base de céruse ($PbCO_3$, $Pb(OH)_2$) ont été maintenant remplacées en grande partie par des peintures - émulsion ou des peintures au dioxyde de titane^{*}; de petites quantités de plomb sont cependant encore utilisées comme pigments et agents siccatifs. Les peintures au minium (Pb_3O_4) restent encore couramment utilisées pour le revêtement des structures métalliques extérieures (CNRC, 1973).

munitions: on a étudié la possibilité de remplacer les plombs de chasse par des alliages divers (Fe-Pb) ou d'autres métaux comme le fer doux (CNRC, 1973).

pesticide à l'arséniate de plomb: son usage reste limité à certaines cultures seulement et semble devoir rester restreint.

additifs au plomb de l'essence: la suppression de ces additifs, qui est amorcée depuis quelques années laisse prévoir que d'ici 5 ans, 70 à 75% des automobiles fonctionneront avec de l'essence sans plomb. Actuellement 20% de l'essence consommée au Canada est de l'essence sans plomb et 95% des nouvelles automobiles nécessitent ce type d'essence. On notera que l'abandon du plomb dans l'essence n'est qu'une conséquence de l'utilisation de systèmes anti-pollution destinés à réduire les émissions de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures, le plomb endommageant les systèmes catalytiques de ces dispositifs.

batteries: l'utilisation des batteries au plomb n'apparaît pas, par contre, devoir décroître; ces batteries sont moins chères que les batteries alcalines Ni-Fer, Ni-Cd, Ag-Zn et assurent de bonnes performances; de plus certains produits utilisés dans les autres types de batteries sont également des substances toxiques, comme le

* le dioxyde de titane serait un produit relativement peu toxique.

cadmium.

Comme le secteur des transport est le principal consommateur de plomb, on peut s'attendre à ce que des changements profonds dans ce secteur, par exemple l'introduction de véhicules électriques, aient une influence directe sur les utilisations du plomb avec sans doute une augmentation très marquée de l'usage des batteries.

b) Mécanismes de libération du plomb (tableau 2.5 - figure 2.2)

PROCESSUS D'EXTRACTION ET DE TRANSFORMATION DU PLOMB ET DE SES DERIVES

Ces processus conduisent essentiellement à une contamination du milieu de travail, l'air ambiant se trouvant enrichi en fumées et particules plombifères (mines, fonderies, usines de transformation - tableau 2.6). La contamination du milieu extérieur est plutôt locale; les quantités de plomb libérées dans l'atmosphère au cours de ces processus ne représentent qu'une faible part du total des émissions atmosphériques de plomb, 7.6% au Canada en 1970, soit environ 1600 tonnes, et sont sujettes à une retombée rapide car il s'agit surtout de particules de grosse taille (Kazoswski *et al.* 1976).

PROCESSUS DE CONSOMMATION DU PLOMB ET DE SES DERIVES

La consommation de ces produits conduit à une libération de plomb selon trois types de mécanismes (tableau 2.7):

- libération inhérente à l'usage de certains produits, comme par exemple la combustion de l'essence au plomb, l'application d'arséniate de plomb sur les cultures, la chasse. Il s'agit dans ce cas d'une libération directe dans l'environnement et principalement dans l'atmosphère. Les émissions de plomb atmosphérique résultant de la combustion de l'essence représentaient à elles seules en 1970, 65% du total des émissions de plomb dans l'air au Canada, soit environ 14,000 tonnes; au Québec, elles

TABLEAU 2.5: Emissions atmosphériques de plomb au Québec et au Canada en 1970.

Sources	Emissions			
	QUEBEC		CANADA	
	Tonnes	%	Tonnes	%
PRODUCTION				
Extraction	2.0	< 0.1	401	2
Fonte et affinage	2.8	< 0.1	1085.3	5
Production de plomb recyclé	2.4	< 0.1	40.5	< 0.1
TOTAL	<u>9.2</u>	<u>0.15</u>	<u>1526.8</u>	<u>7.1</u>
FABRICATION				
Batteries	0.5	< 0.1	3.4	< 0.1
Additifs de l'essence	-		64.5	0.3
Litharge	-		0.6	< 0.1
Autres composés	-		0.01	< 0.1
Produits métalliques	8.7	0.14	38.0	0.2
TOTAL	<u>9.2</u>	<u>0.15</u>	<u>106.5</u>	<u>0.5</u>
CONSOMMATION				
Essence	3562.9	59.8	14244	66.5
Soudures	1.0	< 0.1	4.5	< 0.1
Imprimerie	7.8	0.13	27.3	0.1
Insecticide	1.3	< 0.1	6.0	< 0.1
Peintures	-	-	0.04	< 0.1
TOTAL	<u>3573</u>	<u>60</u>	<u>14282</u>	<u>66.7</u>
DIVERS				
Combustion du charbon	0.4	< 0.1	13.3	< 0.1
Combustion de l'huile	45.3	0.8	105.4	0.4
Combustion du bois	6.2	0.1	46.4	0.2
Incinération des boues	-	-	2.2	< 0.1
Incinération des déchets	28.3	0.5	58.3	0.2
Incinération des huiles	40.4	0.7	134.0	0.6
Production du cuivre et nickel	2079.0*	34.9*	2437.0	11.4
Production du zinc	3.0	< 0.1	37.3	0.2
Production et fonte du fer	89.2	1.5	2342.0	10.9
Production d'acier	5.3	< 0.1	142.8	0.7
Ferroalliages	35.4	0.6	70.7	0.3
Fabrication du ciment	29.3	0.5	115.5	0.5
TOTAL	<u>2362</u>	<u>39.7</u>	<u>5500</u>	<u>25.7</u>
TOTAL	<u>5953</u>	<u>100%</u>	<u>21416</u>	<u>100%</u>

Sources: Environnement Canada (1974) et Environnement Canada (1973)

* Le complexe minier de la NORANDA représente à lui seul une contribution de 2020 tonnes (Environnement Canada, 1973).

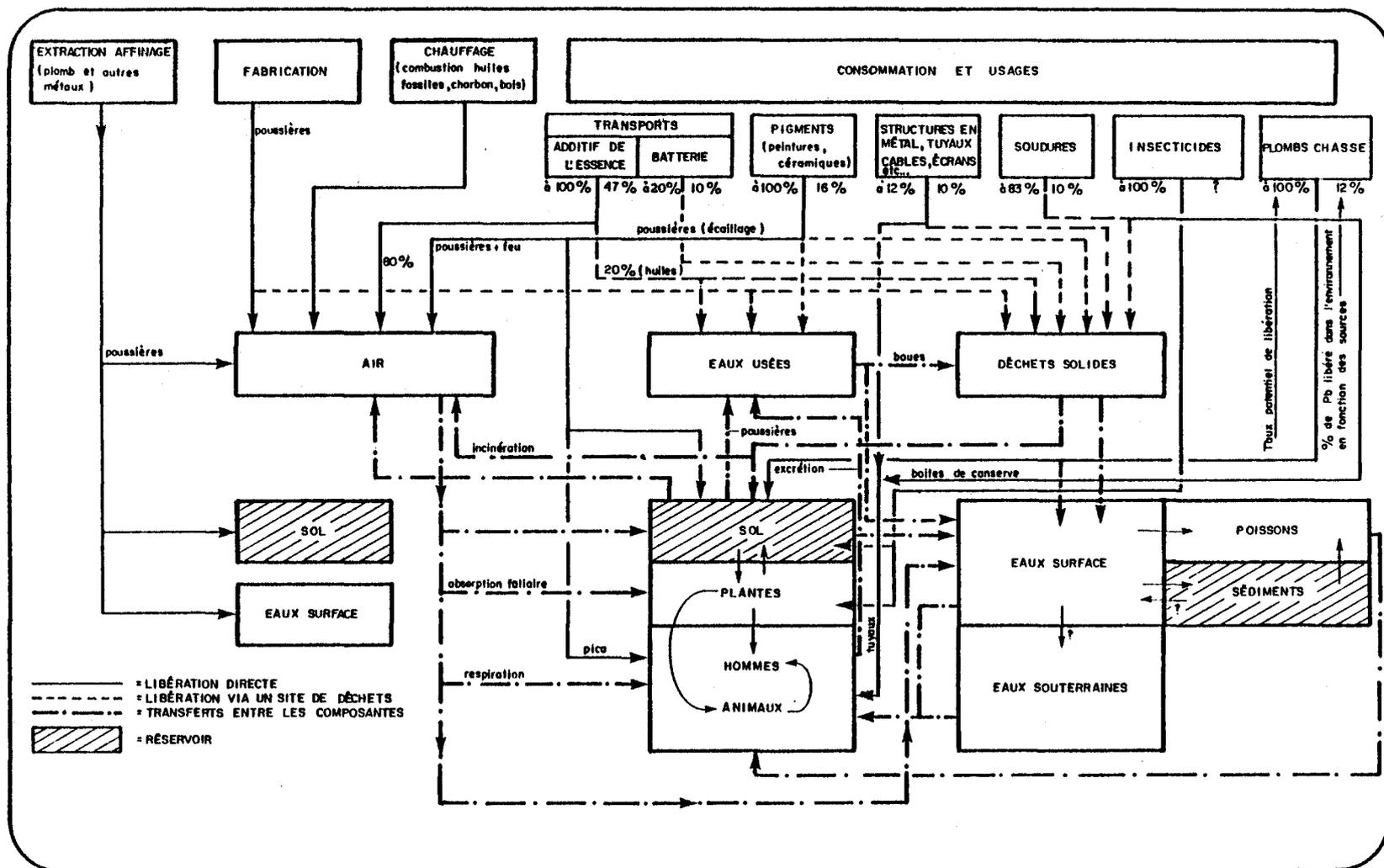


Figure 2.2 . Libération de plomb résultant des activités humaines et devenir dans l'environnement .

TABEAU 2.6: Teneur en plomb de l'air intérieur de certaines usines
(E.U., 1965)

Industrie ou Opération	Concentration en plomb $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Fabrique de batteries	40 - 39,000
Fabrique de peintures	390 - 48,600
Fabrique d'insecticide	1000 - 11,000
Fonderie (métaux non ferreux)	510 - 12,000
Application de peinture ou décapage	600 - 32,000
Rivetage (à chaud)	6400 - 8,200
Fonderie (plomb)	10 - 2,450
Fabrique de verre	jusqu'à 5,350

SOURCE: Snyder et al., (1971).

TABLEAU 2.7: Libération de plomb à la consommation

ORIGINE	TAUX DE LIBERATION POTENTIEL	MODE DE LIBERATION ^{a)}
Pb des batteries	20% ^{b)}	(1)
Pb des peintures	100% ^{c)}	(1) (3)
Pb de l'essence	100% ^{c)}	(2)
Pb des soudures	83% ^{c)}	(1) (3)
Pb des balles chasse	100% ^{c)}	(2)
Pb métal (structure, matériau, insonorisation, revêtement, gaine câbles, tuyaux aqueduc)	12% ^{c)}	(1) (3)
Pb des insecticides	100%	(2)
Pb dans divers (céramiques, produits calfeutrage, mastic, ...)	100% (?)	(1) (3)

- a) (1) = disposition volontaire de déchets;
 (2) = usages (libération instantanée);
 (3) = usure, dégradation (libération graduelle);

b) 80% des batteries recyclées au niveau canadien; (CNRC, 1973)

c) Tiré de Snyder et al., (1971)

représentaient 60% des émissions soit environ 3500 tonnes; sur le territoire de la CUM, c'est environ 1800 tonnes de plomb qui ont été libérées en 1972 par les automobiles (Marier, 1972). Une grande partie des particules de plomb ainsi émises sont de petite taille ($< 1 \mu\text{m}$); à Montréal, les échantillonnages effectués par la CUM révèlent que 90% de la masse des particules de plomb en suspension ont un diamètre inférieur à $1.1 \mu\text{m}$ (Marier, 1976); elles peuvent donc rester en suspension dans l'air et sont d'autre part respirables.

- disposition volontaire des déchets (produits ayant perdu leur valeur pour le consommateur), ce qui implique en général des lieux de disposition bien circonscrits comme les dépotoirs, les lieux de rejets d'eaux usées sanitaires et industrielles.
- usure et dégradation de produits contenant du plomb (écaillage des peintures, dégradation des tuyaux d'aqueduc*, des structures métalliques, des soudures à base de plomb); les sources de plomb dans ce cas sont essentiellement diffuses.

En résumé, plus de la moitié du plomb libéré dans l'environnement est relié à l'usage de l'automobile (essence au plomb et batteries non recyclées) et la moitié environ du plomb libéré l'est directement dans l'atmosphère suite à la combustion de l'essence au plomb (Snyder *et al.* 1971).

En raison de la concentration des automobiles dans les villes, le problème de la contamination par le plomb reste surtout le fait du milieu urbain (contamination de l'air et des surfaces par le biais des retombées atmosphériques).

* Les tuyaux d'aqueduc en plomb ne sont plus utilisés actuellement, mais il en reste encore en service.

PROCESSUS DE DISPOSITION ET DE TRAITEMENT DES DECHETS

L'incinération des déchets (déchets solides, boues des stations d'épuration des eaux usées, huiles de vidange* des automobiles) tend à transférer dans l'atmosphère une partie du plomb qui y est contenu. Les quantités ainsi générées sont actuellement faibles, mais on peut prévoir qu'elles augmenteront dans l'avenir.

On doit d'autre part s'interroger sur le devenir du plomb déposé dans les dépotoirs, et sur une éventuelle contamination des eaux de drainage.

PROCESSUS D'EXTRACTION, DE TRANSFORMATION ET DE CONSOMMATION DE SUBSTANCES AUTRES QUE LE PLOMB

La production de zinc, de cuivre, de nickel et de fer était responsable au niveau canadien en 1970, de 23% du total des émissions atmosphériques de plomb ce qui était largement supérieur à la production de plomb même (7%). Au Québec, pour cette même année, il convient de souligner que le complexe minier de la NORANDA (cuivre) est responsable de 35% du total des émissions atmosphériques au Québec.

L'exploitation des carrières de calcaire est également responsable d'une libération de plomb dans l'atmosphère, la teneur en plomb de la pierre calcaire étant de l'ordre de 9 ppm (Marier, 1972).

Au cours de la combustion des huiles fossiles, du charbon et du bois, la libération de plomb dans l'air est peu importante en quantité: 0.8% des émissions de plomb au Canada en 1970, soit environ 160 tonnes mais c'est une source diffuse sur tout le territoire (chauffage).

* On considère qu'environ 80% du plomb présent dans l'essence est libéré à la combustion, le reste se retrouvant dans l'huile (CNRC, 1973).

EMISSIONS ACCIDENTELLES

A toutes les émissions de plomb signalées précédemment, on doit ajouter les émissions accidentelles au cours du transport, du stockage et des manipulations par les nombreux utilisateurs.

2.2.4 Devenir du plomb dans l'environnement

L'atmosphère qui est le réceptacle d'une grande partie du plomb libéré, assure la dispersion du plomb à grande échelle (transport à longue distance des particules de petite taille) et une redistribution du plomb dans les autres composantes de l'environnement (sols, eaux, organismes) du fait des retombées atmosphériques sèches ou liquides. L'atmosphère joue un rôle très important qui explique la présence généralisée de plomb dans l'environnement. En raison du transport atmosphérique à longue distance, la contamination par le plomb est un problème qui a une envergure internationale.

Les sols et les sédiments (figure 2.3) au contraire sont responsables d'une accumulation de plomb, entraînant la création de réservoirs terrestres, d'où le plomb pourra éventuellement être remis en disponibilité, suite à des variations des conditions de pH, de teneur en matière organique, ou sous l'influence de facteurs biologiques. On signale pour le plomb des temps de résidence dans le sol jusqu'à 3000 ans, contre seulement 280 ans pour le cadmium, 920 ans pour le mercure (Bowen, 1975).

Certains organismes comme les mousses, lichens, crustacés, mollusques accumulent le plomb et assurent une concentration au niveau de la chaîne alimentaire (tableau 2.8 et figure 2.3). Mentionnons par ailleurs que l'on vient récemment de mettre en évidence, l'existence d'une biométhylation du plomb: certains microorganismes remettraient alors en circulation le plomb accumulé dans les sédiments (Wong *et al.* 1975).

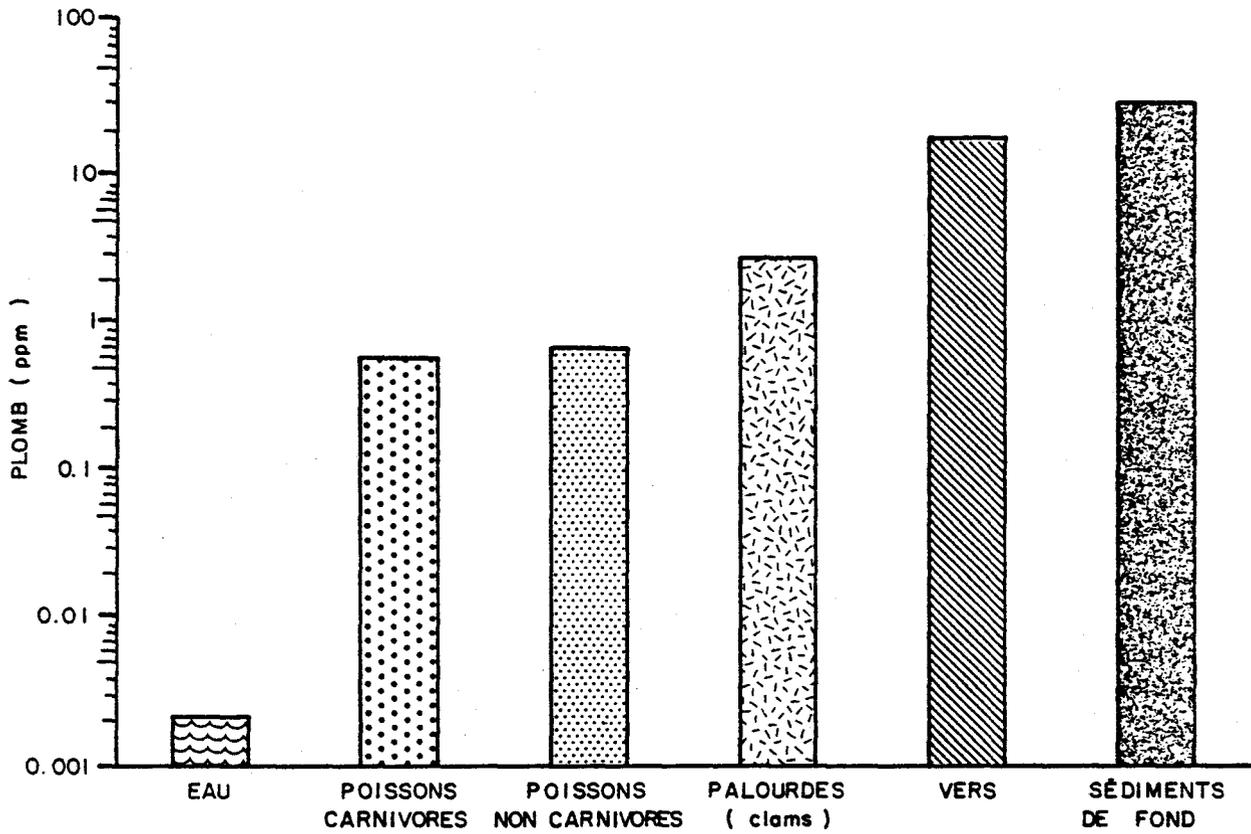


Figure 2.3. Concentrations moyennes en plomb dans l'eau, le biota et des sédiments (rivière Illinois, E.U.). Source: Snyder et al. (1971) .

TABLEAU 2.8: Facteur d'enrichissement maximum dans les organismes marins et concentrations maximums retrouvées dans différents organismes (- cas du plomb -)

	FACTEUR ENRICHISSEMENT MAXIMUM DANS LE MILIEU MARIN ^{c)}	CONCENTRATIONS MAXIMUMS
Algues	500,000	1,200 ppm ^{a)}
Zooplancton	147,000	-
Plantes sup.	-	35,000 ppm ^{a)}
Invertébrés (y compris crustacés)	375,000	1,200 ppm ^{a)}
Mollusques	1,000,000	148 ppm ^{b)}
Poissons	75,000	50 ppm ^{a)}
Oiseaux et mammifères marins	300,000	-
Oiseaux et mammifères	-	297 ppm ^{b)}
Concentration dans l'océan (PPB)	0.04	

a) Par rapport au poids sec;

b) Par rapport au poids humide;

c) Rapport des concentrations dans l'organisme et dans l'océan.

SOURCE : Jenkins (1975).

2.2.5 Conséquences de la présence de plomb dans l'environnement

a) Effets directs sur la santé et le bien être de l'homme

Le plomb constitue d'abord un danger au niveau de la santé humaine (intoxication saturnine) et c'est d'ailleurs pourquoi l'on s'intéresse depuis longtemps à la présence du plomb et à ses effets toxiques.

Actuellement, on ne relève des cas d'intoxications humaines par le plomb que dans certains groupes de la population:

- intoxication chronique des travailleurs qui par leurs activités se trouvent exposés à de fortes concentrations de plomb au sein de leur milieu de travail (mines, fonderies...);
- intoxication aiguë ou chronique des enfants; dans ce cas on relie l'intoxication à l'ingestion inhabituelle (pica) de certains produits (écailles de peinture à base de plomb, poussières de rues en milieu urbain...); l'intoxication saturnine des enfants est un phénomène pratiquement inconnu au Canada (Kasowski *et al.* 1976), contrairement aux Etats-Unis, ceci pouvant être cependant dû à un diagnostic inapproprié.

La présence généralisée de plomb dans l'environnement se traduira:

- par une augmentation des risques d'ingestion accidentelle;
- par une augmentation de la dose journalière absorbée, d'une part par voie orale (aliments contenant du plomb ou contaminés par du plomb au cours de leur préparation) et d'autre part, par voie respiratoire (tableau 2.9); l'absorption du plomb inhalé étant beaucoup plus élevée ($\approx 40\%$) que celle du plomb ingéré ($\approx 10\%$), une contamination accrue de l'atmosphère par le plomb risque de représenter finalement un apport notable de

TABLEAU 2.9: Ingestion humaine de plomb en $\mu\text{g}/\text{jour}$ (conditions "normales")

	INGESTION		ABSORPTION			
	Ref. (A)	Ref. (B)	(A)%	(B)%	(A)	(B)
Aliment	140 μg	400 μg ^{a)}	10%	5%	14 μg	20 μg
Eau	20 μg	10 μg ^{b)}	10%	10%	2 μg	1 μg
Air ville	15 μg	26 μg ^{c)}	33%	40%	5 μg	10 μg
Air campagne	traces	1 μg ^{d)}	33%	40%	traces	0.4 μg
Tabac*		24 μg		40%		10 μg

* Basé sur 30 cig/jour à 0.8 $\mu\text{g}/\text{cig}$;

a) 2 kg/j à 0.2 $\mu\text{g}/\text{g}$;

b) 1 l/j à 10 ppb;

c) 20 m^3/j à 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

d) 20 m^3/j à 0.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

DOSE JOURNALIERE ABSORBEE :

milieu urbain non fumeur = 31 μg (B), 21 μg (A);

milieu urbain fumeur = 41 μg (B);

milieu rural non fumeur = 16 μg (A), 21.4 μg (B);

milieu rural fumeur = 31.4 μg (B).

Référence A: CNRC (1973)

Référence B: Snyder et al., (1971)

plomb. Les risques d'intoxication sont d'autant accrus chez les individus qui ont déjà de fortes teneurs en plomb dans le sang, comme les travailleurs et certains enfants.

Enfin on ignore actuellement les conséquences sur la santé humaine de l'absorption de faibles doses de plomb pendant de longues périodes; même si cette absorption ne se manifeste par aucun symptôme de l'intoxication chronique, on est en droit de se demander dans quelle mesure l'organisme est perturbé, si cette perturbation risque d'entraîner un affaiblissement de certaines fonctions, s'il existe des effets de synergie en présence d'autres substances toxiques ou si certains facteurs comme la température sont susceptibles d'accroître la vulnérabilité de l'organisme (Kinnison, 1976). Même des taux de plombémie dits "normaux", comme le sont ceux provoqués par le plomb contenu dans l'atmosphère, les aliments et les boissons, peuvent être la cause d'effets biologiques bien précis, tels que l'inhibition d'activités enzymatiques érythrocytaires, comme celle de l'ALADÉHYDRASE. (Secchi *et al.* 1972).

b) Conséquences indirectes de la présence de plomb

Il s'agit d'identifier les répercussions de la présence de plomb sur les activités économiques de l'homme ou sur son patrimoine naturel.

A notre connaissance, nous ne pouvons signaler de cas où les niveaux actuels de plomb dans l'environnement ont été directement responsables de la limitation de certains usages (ex: interdiction de pêcher certaines espèces commerciales, interdiction de cultiver des plantes alimentaires dans certaines zones...) ou de la dégradation du milieu biologique*.

* Il existe une exception: cas de l'intoxication des oiseaux aquatiques suite à l'ingestion des plombs de chasse.

D'après des données obtenues en laboratoire, un certain nombre de points méritent cependant d'être considérés, au chapitre des conséquences potentielles:

- altération des processus d'humification entraînant une réduction du taux de minéralisation de la matière organique ce qui finalement pourrait se traduire par une réduction de la productivité agricole ou forestière (Tyler, 1972). Un essai de modélisation des effets du plomb sur des cultures de maïs démontrait une réduction de 23% du rendement en grain avec une teneur de 250 ppm dans le sol (University of Illinois, 1975); même si les concentrations de plomb utilisées dans ces expériences sont très élevées et ne se rencontrent actuellement pas dans les sols, certaines pratiques par contre, comme l'épandage des boues de station d'épuration ou l'aspersion de terrains agricoles avec des eaux usées pourraient être à revoir.
- mise en évidence d'un ralentissement de la croissance, et d'une déformation de la colonne vertébrale chez l'omble de fontaine soumise à une exposition de longue durée à des concentrations de plomb aussi basses que 120 ppb (Holcombe *et al.* 1976); or des concentrations du même ordre de grandeur ou légèrement inférieures sont susceptibles d'être retrouvées dans les eaux de surface (tableau 2.10).

2.2.6 Potentiel d'intervention

De nombreux éléments traces sont bénéfiques ou même essentiels à la vie (ex: cobalt, magnésium...) par contre le plomb ne semble contribuer en rien à la vie végétale ou animale. De fait dans certains cas d'ingestions massives, il s'avère toxique pour l'homme et les organismes supérieurs, entraînant des effets physiologiques irréversibles pouvant conduire à la mort. De plus, on a laissé entrevoir

TABLEAU 2.10 Teneurs en plomb des eaux de surface (E.U.)

LOCALISATION	NOMBRE D'ANALYSES POSITIVES	VALEURS OBSERVEES µg/l		
		minimum	maximum	moyenne
Etats-Unis	305	2	140	23
Upper Mississippi basin	27	5	119	33
Ill. river, Peoria, Ill.	6	20	53	29
Ill. river, Grafton, Ill.	2	valeurs: 21, 50		
Miss. river, St. Paul, Minn.	3	12	78	38
Miss. river, Dubuque, Iowa	0	--	--	--
Miss. river, Burlington, Iowa	1	valeur: 48		
Miss. river, E. St. Louis, Ill.	1	valeur: 12		
Miss. river, Cape Girardeau, Mo.	3	16	119	70
Western Great Lakes basin	27	3	55	14
Lake Mich., Milwaukee, Wis.	3	7	20	13
Lake Mich., Gary, Ind.	3	13	55	34
Ohio river basin	45	10	140	30
Ohio river, Addison, Ohio	11	12	48	23
Ohio river, Huntington, W. Va.	3	28	91	56
Ohio river, Cincinnati, Ohio	1	valeur: 26		
Ohio river, Louisville, Ky.	2	valeurs: 15, 45		
Ohio river, Evansville, Ind.	2	valeurs: 15, 140		
Ohio river, Cairo, Ill.	5	10	27	13

SOURCE: Kopp et Kroner, 1967 (d'après Snyder *et al.*, 1971)

des possibilités d'altération de certains écosystèmes se traduisant par une baisse de la productivité agricole, forestière ou piscicole.

Bien que le plomb soit largement distribué dans l'environnement, il reste qu'actuellement des effets néfastes résultant de cette présence n'ont été décelés que dans certains groupes de la population humaine comme les travailleurs soumis à une exposition professionnelle et les enfants. La contamination de l'air ambiant, même dans la région de Montréal ne semble pas encore devoir affecter la population générale; en 1974, une analyse de la teneur en plomb du sang d'un groupe de 163 chauffeurs de taxi (individus particulièrement exposés à la pollution atmosphérique) donnait des résultats compris entre 19 et 37 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ avec une moyenne de 26 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Marier, 1976); bien que l'on admette que le niveau normal de plombémie est d'environ 15 à 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Lauwerys, 1972), ces taux sont cependant supérieurs de 20% à ceux d'adultes vivant à l'extérieur des centres urbains.

Cependant dans la mesure où le plomb est une substance non essentielle et toxique, on doit viser à long terme à une suppression de la mise en circulation de plomb attribuable aux activités humaines.

A plus court terme il s'agit:

- d'assurer prioritairement la protection de la santé humaine notamment dans le cas des groupes les plus exposés;
- de contrôler et minimiser l'introduction de plomb dans l'environnement;
- de suivre l'évolution du plomb d'origine humaine, déjà accumulé dans certaines zones de l'environnement.

a) Cas du plomb volontairement introduit par l'homme

La protection directe de la santé humaine doit conduire:

- à des interventions au niveau du milieu de travail par la mise en place de mesures visant à minimiser l'exposition des travailleurs aux poussières de plomb; ces mesures relèvent de l'hygiène industrielle
- à des interventions au niveau de l'alimentation et qui pourraient se traduire en premier lieu par une suppression des usages du plomb où celui est en contact direct avec les aliments comme le plomb utilisé dans les soudures de boîte de conserve, notamment dans le cas des conserves d'aliments acides (technologiquement il est possible d'avoir recours à des contenants sans soudure, d'après Kasowski *et al.* 1976), le plomb utilisé dans les soudures de certains ustensiles de cuisine, comme les bouilloires ou le plomb utilisé dans les pièces de vaisselle en céramique susceptibles de contenir des aliments.

En vue de minimiser l'introduction de plomb dans l'environnement, on doit s'orienter:

- vers une suppression des usages où la récupération du plomb est impossible (pesticides, peintures) et vers une suppression des pratiques telle que l'incinération des huiles de vidange, qui conduisent à des émissions directes dans l'atmosphère
- vers une amélioration du recyclage du plomb dans le cas des autres usages, ce qui nécessite un inventaire de ces produits, et le BSQ devrait avoir la responsabilité d'établir et de maintenir à jour un bilan du plomb consommé dans la province, une information auprès des individus qui détiennent ces produits, et la mise en place de structures de collecte et de recyclage; ce type de mesure s'applique surtout aux batteries au plomb, dont on semble ignorer au niveau québécois le taux de récupération.

Un certain nombre d'interventions ont déjà été initiées: remplacement du plomb des peintures par du dioxyde de titane peu toxique, diminution très nette de l'utilisation d'insecticides à l'arseniate de plomb qui ont été remplacés par les insecticides organiques; l'arseniate de plomb resterait cependant encore utilisé sur les pommiers et son usage pourrait encore être notable au Québec.

L'intervention qui apparaît la plus prometteuse actuellement consiste en la suppression progressive des additifs au plomb dans l'essence. Il est bon de rappeler que cette intervention est en quelque sorte indirecte puisque l'abandon du plomb dans l'essence n'est qu'une conséquence de l'utilisation de systèmes anti-pollution sur les automobiles. On peut attendre de cette mesure une réduction très nette des quantités de plomb libérées dans l'environnement (jusqu'à 50%) et particulièrement du plomb émis dans l'atmosphère (jusqu'à 60% du total émissions atmosphériques au Québec). On décelle déjà une légère diminution des teneurs en plomb dans l'air de Montréal; par rapport à 1972 où les concentrations avaient atteint un maximum, les concentrations moyennes géométriques annuelles présentent une baisse de 10 à 25% au cours des années 73, 74 et 75 et les teneurs moyennes sont de l'ordre de 0.8 à 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Marier, 1976). En supprimant une source atmosphérique importante, on réduit du fait même les apports aux sols et aux eaux.

Par contre d'autres conséquences sont à envisager, notamment:

- une augmentation possible de la consommation d'essence, les dispositifs anti-pollution nécessitant une mise au point très poussée des moteurs;
- une augmentation des émissions de sulfates, les catalyseurs au cobalt générant de l'acide sulfurique à partir du soufre présent dans l'essence (Magnan 1977, communication personnelle). Or il semblerait que l'acide sulfurique et les sulfates soient plus spécifiquement responsables des affections pulmonaires que le SO_2 (Coffin *et al.* 1976).

- b) Cas du plomb libéré "involontairement" (plomb présent à l'état de traces dans des substances naturelles exploitées et utilisées par l'homme)

Les possibilités d'intervention dans ce domaine sont beaucoup plus complexes. On peut cependant penser à des améliorations technologiques au niveau de l'extraction et de la production de certains métaux, pouvant conduire à une récupération du plomb considéré auparavant comme une impureté; au Québec, il convient de rappeler que la NORANDA constitue une source ponctuelle majeure de plomb atmosphérique. Également, certaines mesures dans le choix des combustibles fossiles comme la sélection de combustibles à faible teneur en plomb sont à considérer.

- c) Cas du plomb déjà accumulé dans l'environnement, ou naturellement présent

Les interventions pourraient se faire dans le sens:

- d'une surveillance du plomb accumulé dans certains sédiments et sols, compte tenu des risques de remise en circulation suite à des variations de pH, de la teneur en matière organique, ou sous l'influence de facteurs biologiques;
- éventuellement d'un zonage des régions les plus contaminées (pas de cultures alimentaires, pas d'exploitation piscicole à des fins alimentaires)
- d'un inventaire des zones géologiques où les teneurs en plomb sont naturellement élevées.

2.3 CAS DES BIPHENYLS POLYCHLORES (BPC)

2.3.1 Origine et propriétés physico-chimiques

Les biphényles polychlorés (BPC), composés organiques aromatiques chlorés, sont des produits synthétisés industriellement* et utilisés dans de nombreuses applications depuis leur introduction sur le marché en 1930. Ce sont donc des substances produites volontairement par l'homme, et susceptibles d'une destruction (molécules organiques) moyennant cependant certaines conditions. Il existe une grande variété de BPC suivant le degré de substitution (1 à 10 atomes de chlore) et les BPC commerciaux sont toujours composés d'un mélange de plusieurs types de molécules. Les propriétés qui les ont rendus intéressants pour l'industrie sont leur grande stabilité chimique, leur ininflammabilité, leurs caractéristiques diélectriques, et leur capacité d'échange de chaleur. D'un point de vue environnemental, leur stabilité les rend très résistants à la dégradation et ceci d'autant plus qu'ils sont fortement chlorés. Ils sont solubles dans les lipides et s'accumuleront donc préférentiellement dans les graisses. Ils sont par contre peu solubles dans l'eau et peu volatils, mais la solubilité dans l'eau et la volatilité augmentent quand le degré de chloration baisse (Panel on hazardous trace substances, 1972); ceci mérite d'être noté puisque que l'on tend à substituer les BPC fortement chlorés par des BPC moins chlorés.

2.3.2 Les activités humaines comme sources de BPC

a) Caractéristiques des utilisations

La totalité des BPC consommés au Canada et donc au Québec, est importée, essentiellement des Etats-Unis (en provenance de la Cie Monsanto, seul producteur d'Amérique du Nord); les autres pays

* On verra plus loin qu'il existe également d'autres voies de synthèse, mais qui sont mineures du point de vue des quantités générées.

producteurs sont la France, l'Italie, le Japon, l'Allemagne, l'Angleterre. La provenance des BPC aurait une grande importance puisqu'il semble que d'une préparation commerciale à l'autre il y a des différences de composition, certaines préparations contenant des impuretés hautement toxiques, les dibenzofuranes chlorés; ces composés auraient été identifiés dans les produits d'origine européenne.

Les quantités de BPC bruts importées au Canada en 1973 et 1974, sont de l'ordre de 1450 tonnes par an; aux Etats-Unis, la consommation de 1974 était d'environ 16000 tonnes, soit plus de 10 fois qu'au Canada (Versar Inc., 1976).

Il convient de souligner par ailleurs qu'entre 1957 et 1974 le Canada a importé des Etats-Unis environ 13500 tonnes de BPC fortement chlorés (5 atomes de Cl ou plus), soit environ 15% de la production américaine et environ 8,500 tonnes de BPC faiblement chlorés soit seulement 5% de la production américaine (Environnement Canada, 1977).

Au Québec, le BSQ ne semble pas tenir de statistiques sur les quantités de BPC bruts importées (communication téléphonique, juillet 77). Par ailleurs il n'existe aucune statistique tant au niveau canadien qu'au niveau québécois sur les quantités de BPC contenues dans les produits importés déjà manufacturés.

UTILISATIONS ACTUELLES

En 1973, les BPC importés au Canada ont été utilisés semble-t-il à deux seules fins, 70% pour la fabrication des transformateurs (soit environ 1000 unités)^(a) et 30% pour la fabrication de condensateurs dont 52% pour les gros condensateurs utilisés dans l'industrie (soit environ 10,000 unités)^(b) et 48% pour les petits condensateurs (soit

(a) un transformateur contient en moyenne 200 à 2500 lbs de BPC.

(b) la quantité moyenne de BPC dans un gros condensateur varie entre 36 et 77 lbs, et dans un petit condensateur entre 0.05 et 1 lb (Versar Inc., 1976).

environ 4 à 5,000,000 d'unités)^(b). Les petits condensateurs sont utilisés dans de petits appareils électriques (moteurs, télévisions, tubes fluorescents...) et sont donc largement distribués dans la population.

Il n'existe pas de données analogues concernant le Québec.

UTILISATIONS PASSES

Si, comme cela vient d'être mentionné, les usages actuels des BPC sont très restreints (transformateurs et condensateurs), il n'en a pas été ainsi durant les quelques 42 années qui se sont écoulées entre l'introduction des BPC sur le marché (1930) et finalement la restriction volontaire de la production américaine à des qualités de BPC uniquement utilisables dans les transformateurs et les condensateurs (1972). En raison de leurs propriétés, les BPC ont été incorporés dans de nombreux produits (tableau 2.11), pour la plupart des produits dont l'usage était à court terme et non spécialisé, et qui étaient largement diffusés. Notamment une grande partie des BPC étaient utilisés comme plastifiants. Les BPC n'ont jamais été utilisés en relation avec leurs propriétés toxiques. Il est important par ailleurs de se reporter aux données du tableau 2.12 qui fournit une répartition des différents AROCLOR^{*}, avec leur caractéristiques du point de vue du nombre d'atomes de chlore, selon les usages; on constate qu'un bon nombre de produits à usage de courte durée contiennent des BPC à forte teneur en chlore (≥ 5 Cl).

b) Mécanismes de libération ou de génération des BPC dans l'environnement

*PROCESSUS DE TRANSFORMATION^{**} OU LES BPC SONT UTILISES COMME MATIERES PREMIERES*

(b) la quantité moyenne de BPC dans un gros condensateur varie entre 36 et 77 lbs, et dans un petit condensateur entre 0.05 et 1 lb (Versar Inc., 1976).

* AROCLOR = nom commercial des BPC fabriqués aux USA par la Cie Monsanto.

** La libération de BPC au cours des opérations de synthèse ne sera pas considérée puisqu'il n'y a pas de production de BPC au Canada.

TABLEAU 2.11: Usages (passés et actuels*) des BPC et des TPC

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
PRODUITS CONTENANT BPC OU TPC	ROLE OU PROPRIETE BPC OU TPC	TYPE DE "SYSTEME"	DUREE DE L'USAGE	NATURE DE L'USAGE	SUBSTITUTS
Transformateur *	Agent de refroidissement	F	L	S	P
Condensateur *	Liquide diélectrique	F	M	S (gros), NS (petits)	P
Fluides échangeur de chaleur	Capacité thermique	S - F	M	S	R
Lubrifiants, fluides hydrauliques	Viscosité	-			R
utilisés { • systèmes hydrauliques • pompes à vide • turbines transmission gaz }	Stabilité	S - F	M	S	R
	Résistance au feu	S - F	M	S	R
		S - F	M	S	R
Caoutchoucs synthétiques	Agent plastifiant (durcisseur)	O	C	NS	R
Résines synthétiques		O	C	NS	R
Plastiques				NS	R
Adhésifs (colle, ...)		O	C	NS	R
Cires pour métallurgie	Réduit contraction	O	C	S	P
Encres (imprimerie)		O	C	NS	R
Agents anti-poussière		O	C		R
Pesticides	Agent de dilution	O	C		R
Papier-copie sans carbone	Transport colorant	O	C	NS	R
Papier, carton, textile	Transport colorant	O	C	NS	R
	Résistance au feu et à l'eau				R
Produits de calfeutrage		O	M	NS	R

(3) Type de système:

F = utilisé dans des systèmes fermés,

S - F = utilisé dans des systèmes semi-fermés (c'est-à-dire en principe fermés mais avec possibilité d'une libération),

O = utilisé dans des conditions où il y aura une libération ("open - end use").

(4) Durée de l'usage:

L = usage à long terme,

M = usage à moyen terme,

C = usage à court terme.

(5) Nature de l'usage:

S = usage spécialisé (utilisé dans l'industrie),

NS = usage non spécialisé (usage "domestique" des produits contenant BPC).

(6) Substituts:

R = déjà remplacé,

P = substituts potentiels existants

TABLEAU 2.12: Répartition des différents types de BPC et TPC selon les usages

Aroclor % Cl Nombre atomes Cl Composés les plus représentés*	1016 41 1 à 4 3	1221 20 - 21 1 à 3 -	1232 31 - 32 1 à 3 -	1242 42 1 à 6 3 et 4	1248 48 1 à 6 4 et 5	1254 54 1 à 7 5 et 6	1260 60 1 à 9 6 et 7	1262 61 - 62	1268 68	5460 et autres (=TPC)
Transformateur Condensateur	X (après 1971)	X (1971)		X X (1952-71)		X X (+ 1952)	X			
Lubrifiants et fluides hydrauliques pour : systèmes hydrauliques turbines pompes à vide		X	X	X X	X X	X X	X			
Echangeur chaleur				X						
Plastifiant (résines)					X	X	X	X	X	X
Plastifiant (caoutchouc)		X	X	X	X	X			X	
Adhésif		X	X	X	X	X			X	X
Cires (métallurgie)				X		X				X
Encres						X				X
Agents anti-poussière						X	X			
Pesticides						X				
Papier-copie				X						
Produits de calfeutrage										X

* Fournit les types de BPC prédominants dans chaque Aroclor (biphényles à 3 Cl, 4 Cl, 5 Cl, etc...).

SOURCE : Panel on hazardous trace substances (1972); Versar Inc. (1976).

Fabrication de condensateurs et de transformateurs: d'après les données américaines il apparaît:

- que ces usines sont en petit nombre (19 pour les condensateurs, 18 pour les transformateurs);
- que les rejets (environ 3,400,000 lbs/an) consistent principalement en déchets solides (35%) constitués par les rebuts de fabrication et déposés dans des dépotoirs, et en huiles usées (64%) qui sont en majeure partie incinérées sur place ou par des compagnies spécialisées; pendant longtemps ces huiles ont été utilisées sur les routes comme agents anti-poussières;
- que les eaux usées ont de faibles teneurs en BPC (de l'ordre de 10 - 100 ppb, rarement de l'ordre du ppm), ce qui s'explique par le fait que les eaux sont surtout utilisées comme agents de refroidissement;
- que les pertes de BPC sont variables suivant les procédés: le remplissage des transformateurs et des gros condensateurs qui se fait individuellement occasionne moins de perte que le remplissage en série des petits condensateurs;
- que les émissions atmosphériques ne sont pas contrôlées.

Réparation de transformateurs: le devenir des BPC qui sont remplacés dans les transformateurs lors des opérations de maintenance est très mal connu et on peut soupçonner des déversements directs dans l'environnement, d'autant plus qu'aux Etats-Unis, ce ne sont pas les fabricants de transformateurs qui assurent leur entretien.

Métallurgie de précision: le moulage de certaines pièces de précision fait appel à un procédé à la "cire" (on fabrique un moule façonné sur une forme en cire, puis la cire est fondue et rejetée). Or cette cire contient un BPC fortement chloré comme additif, le décachlorobiphényl ainsi que des TPC (triphenylpolychlorés), ceci afin d'éviter une contraction de la cire. On peut supposer que les fonderies qui utilisent ce procédé constituent une source importante de BPC libérés directement dans l'environnement.

PROCESSUS DE CONSOMMATION (INDUSTRIELLE OU DOMESTIQUE)

Production de déchets industriels: les déchets industriels contenant des BPC sont constitués des transformateurs et condensateurs hors d'usage (on notera que les transformateurs font l'objet de réparations alors que les condensateurs usagés sont mis au rebut) ainsi que de tous les appareils électriques hors d'usages contenant des condensateurs. Tous ces produits sont déposés dans des dépotoirs ou éventuellement incinérés. Il faut de plus mentionner tous les produits utilisés dans l'industrie et contenant des BPC, comme les lubrifiants, les fluides de systèmes hydrauliques, les liquides échangeurs de chaleur etc... Il est difficile de prévoir le devenir de ces produits quand ils ne sont plus utilisés mais on les retrouvera sans doute aussi bien dans les dépotoirs, les sites de récupération des huiles usées, les eaux usées; il est intéressant à cet effet de constater qu'aux Etats-Unis, les eaux usées d'un grand nombre d'industries fabriquant de la machinerie et des produits mécaniques contiennent des quantités de BPC largement supérieures (1.6 à 28 ppm sur 240 effluents) aux teneurs des usines utilisant des BPC comme matières premières (Versar Inc., 1976). Enfin on doit signaler l'émission de BPC dans les eaux usées des usines de pâte et papier produisant du papier recyclé; l'A-roclor 1242 était employé dans le papier - copie et le 1254 dans les encres d'imprimerie.

Production de déchets domestiques: les sources domestiques de BPC sont essentiellement les appareils électriques usagés contenant des condensateurs, et qui sont déposés principalement dans les dépotoirs ou incinérés. Il faut ajouter aussi tous les produits encore en service et qui sont progressivement mis au rebut (matières plastiques, caoutchoucs, cartons, adhésifs...).

Il semble peu probable que les eaux usées de type strictement résidentiel puisse véhiculer des BPC. Les teneurs en BPC mesurées dans des eaux usées municipales sont sans doute attribuables aux rejets industriels.

PROCESSUS DE DISPOSITION ET DE TRAITEMENT DES DECHETS

Comme on l'a constaté en faisant la revue des différentes émissions, la majeure partie des BPC aboutit finalement dans les dépotoirs ou les incinérateurs.

Incinération: il est prouvé que la température dans les incinérateurs municipaux n'est pas suffisante pour assurer la destruction des molécules de BPC; on estime qu'il faut une température d'au moins 2000⁰F; les BPC sont alors libérés dans l'atmosphère au cours de ce processus.

Dépotoirs: les dépotoirs constituent une source importante de BPC émis dans l'atmosphère, étant donné qu'ils sont pour la plupart non recouverts et que des températures élevées peuvent y être atteintes suite aux fermentations, permettant ainsi une volatilisation des BPC "libres". Quant aux BPC se trouvant dans des contenants, la libération se fera à la rupture du contenant. Outre ce transfert vers l'atmosphère, on ne doit pas négliger non plus la possibilité d'un passage des BPC dans les eaux de drainage des dépotoirs. Il existe cependant peu de données sur ce sujet actuellement.

Traitement des eaux usées: la chloration des eaux usées serait susceptible de générer des BPC à partir des biphenyls; or les biphenyls sont des produits largement utilisés comme échangeurs de chaleur, comme "aide-colorant" pour la coloration de fibres synthétiques, et enfin comme fongicides (imprégnation des emballages pour le transport des fruits frais, notamment les agrumes). Egalement la chloration des eaux pourrait conduire à une chloration plus poussée des BPC faiblement chlorés. Enfin certains auteurs (Kothny, d'après Versar Inc., 1976) signalent la possibilité d'une formation de BPC au cours de la chloration des eaux potables ou usées, à partir de molécules aromatiques très diverses et qui sont susceptibles d'être retrouvées dans le milieu aquatique. Ceci pourrait peut être expliquer qu'on

ait observé au Québec dans le cas de 3 usines de filtration des te-
neurs en BPC plus élevées à la sortie qu'à l'entrée (Environnement
Canada, 1977).

EMISSIONS ACCIDENTELLES

Bris de transformateurs: un transformateur contenant 2000 à 2500
lbs de BPC, un bris accidentel (foudre par exemple) conduit à
une contamination importante mais localisée du milieu environnant.

Eaux de vidange des cales de bateaux (Garrett, 1976)

*Pertes au transport et pertes accidentelles au cours des processus
de transformation.*

REMISE EN CIRCULATION DES BPC ACCUMULES DANS LES SEDIMENTS AU COURS D'OPERATION DE DRAGAGE

2.3.3. Le rôle du milieu environnant

a) L'atmosphère

L'atmosphère est le réceptacle des émissions de BPC provenant
de l'incinération des déchets, ainsi que du processus de volatili-
sation qui se produit à partir des dépotoirs ou des déversements
accidentels sur le sol. L'atmosphère jouerait un rôle très impor-
tant dans le transport à longue distance des BPC et une redistribu-
tion à grande échelle des BPC par le biais des retombées sèches ou
liquides. Les apports atmosphériques pourraient constituer dans
certaines régions une contribution majeure; par exemple, on a éva-
lué que pour le lac Michigan les apports atmosphériques représen-
taient $11.8 \cdot 10^3$ livres par an (1973-1974) alors que les sources
ponctuelles (rejets d'eaux usées) n'étaient que de $1.6 \cdot 10^3$ livres
par an (Versar Inc., 1976).

b) Les sols

On ne connaît que peu ou pas le devenir des BPC incorporés dans les sols (sites des dépotoirs, des déversements accidentels) ou déposés à la surface des sols (retombées atmosphériques sèches ou liquides). Par analogie avec leur comportement dans les sédiments, on peut supposer qu'ils s'y accumulent.

c) Le milieu aquatique

Les apports directs aux eaux de surface se font par le biais des eaux usées: eaux industrielles et eaux de ruissellement en milieu urbain; on a observé des teneurs notables en BPC dans les poussières de rues, provenant sans doute des retombées atmosphériques: 91 à 141 ppb dans des poussières de rues à Vancouver (Garret, 1976), 0.45 g/mi- le de bordure sur une moyenne de 12 villes américaines, ce qui donne une concentration de l'ordre de 1 ppm dans les poussières (Sartor *et al.*, 1974). Les BPC étant peu solubles dans l'eau, on les retrouve adsorbés sur les particules en suspension et finalement dans les sédiments qui agissent comme des réservoirs.

d) Les organismes

Ils ont un rôle d'accumulation et de concentration au niveau de la chaîne alimentaire, s'expliquant par la liposolubilité des BPC et un faible taux de biodégradation. On connaît surtout le rôle joué par les organismes aquatiques. Les invertébrés et les poissons accumulent les BPC à des niveaux représentant 1000 à 100,000 fois les concentrations des eaux où ils vivent (Panel on hazardous trace substances, 1972). A titre d'exemple, dans le cas du lac Ontario, on a les valeurs suivantes (Ruopp et Decarlo, 1975):

concentration dans les eaux	0.035 - 0.097 ppb
" dans les sédiments	43 - 245 ppb
" dans le plancton	3.4 - 11.8 ppm
" dans les poissons	0.14 - 9.17 ppm

Dans les organismes prédateurs (poissons, carnivores, phoques, oiseaux aquatiques) le taux de concentration peut atteindre 10^7 à 10^8 fois la concentration des eaux où ces organismes vivent ou s'alimentent.

Les organismes effectuent également une dégradation sélective des BPC: les microorganismes dégradent les BPC à faible teneur en chlore, ce qui expliquerait qu'on retrouve surtout des BPC fortement chlorés dans les sédiments et plus généralement dans l'environnement. Les mammifères et les oiseaux pourraient également décomposer les BPC à 5 et 6 atomes de chlore. La biodégradation dans l'environnement des BPC à forte teneur en chlore est très faible et très lente (Panel on hazardous trace substances, 1972).

2.3.4 Conséquences de la présence des BPC dans l'environnement

a) Présence dans l'environnement

Une évaluation approximative effectuée au niveau des Etats-Unis (Versar Inc., 1976) démontre que sur la quantité totale de BPC consommée depuis 45 ans:

- 61% sont encore en service, essentiellement dans les transformateurs et condensateurs, ainsi que dans les systèmes semi-fermés (échangeurs de chaleur, fluides des systèmes hydrauliques);
- 23% sont dans les dépotoirs (environ $12 \cdot 10^6$ livres par an y sont déposés);
- 12% sont à l'état libre dans l'environnement (eaux, air, sol) et donc biodisponibles;
- 4% seulement ont été détruits (incinération complète, dégradation dans l'environnement).

Bien que des données canadiennes ou québécoises n'existent pas sur ce sujet, on peut faire l'hypothèse que la situation est sensiblement identique.

b) Effets directs sur la santé et le bien être de l'homme

Chez l'homme les seuls cas connus d'intoxication aiguë par les BPC sont reliés à des ingestions massives accidentelles (maladie de "Yusho" au Japon); il est même probable que l'intoxication soit attribuable non aux BPC eux-mêmes, mais plutôt aux impuretés (dibenzofuranes chlorés) qui les accompagnaient (Panel on hazardous trace substances, 1972). Selon Khan *et al.*, (1976), "l'espèce humaine serait plutôt résistante: les symptômes de toxicité aiguë y sont associés à une ingestion totale improbable de quelques grammes par kilo".

On a rapporté d'autre part des cas de maladies de peau (dermatites) chez des travailleurs du domaine des appareillages électriques, et elles ont été reliées à un contact avec des BPC; récemment des cancers du foie chez certains travailleurs auraient été reliés à une exposition aux BPC et on peut alors penser à une absorption cutanée ou par voie respiratoire.

Il reste que compte tenu des quantités déjà libérées et surtout des quantités qui sont susceptibles d'une libération à plus ou moins longue échéance, et compte tenu du faible taux de dégradation dans l'environnement, on peut s'attendre à un accroissement des doses ingérées par l'homme via son alimentation (poissons, fruits de mer surtout). Les conséquences de cette augmentation des doses ingérées restent à évaluer... On a très peu de données sur les effets de l'ingestion de faibles doses de BPC pendant de longues périodes, la plupart des études de toxicologie se faisant sur la base d'une exposition à court terme, parfois à moyen terme.

c) Conséquences indirectes sur les activités économiques de l'homme et son patrimoine naturel

A court terme, si l'on se réfère aux mesures prises par le gouvernement fédéral, qui a fixé une norme de 2 ppm pour les poissons mis sur le marché, et que l'on compare cette teneur à celles mesurées dans un certain nombre de poissons des eaux québécoises on doit considérer qu'il existe un problème (Comité d'Etude sur le Saint-Laurent, 1977). Ainsi les anguilles pêchées dans le St-Laurent ne sont plus acceptées sur le marché canadien en vertu de cette norme.

On peut mentionner aussi le niveau de contamination des oeufs de goélands qui semble dès lors avoir des conséquences sur leur reproduction (Fox *et al.*, d'après Environnement Canada, 1977).

Une récente étude américaine indiquant que les niveaux de BPC dans l'environnement ne décroissent pas aussi rapidement que cela avait été escompté suite aux restrictions dans la production de ces substances, il est donc probable que les problèmes résultant de la présence de BPC ont de fortes chances de persister durant des décennies, compte tenu des quantités potentielles à libérer (contenu des dépotoirs, produits encore en service) et de l'absence de dégradation dans l'environnement des BPC fortement chlorés, de leur accumulation dans les sédiments des eaux douces et dans certaines espèces biologiques.

A long terme, on peut donc s'attendre:

- à une concentration accrue dans la chaîne alimentaire, ce qui finalement constitue un risque pour la santé humaine
- à une perturbation des écosystèmes aquatiques suite à une modification de la composition des communautés de phytoplancton marin, certaines espèces comme les diatomées, étant très sensibles (Fisher, 1975)

- enfin éventuellement à une altération de l'écosystème terrestre bien que l'on ne sache encore rien du devenir des BPC dans les sols, ni de leurs effets sur les microorganismes du sol et sur les plantes.

Au chapitre des conséquences potentielles de la présence de BPC dans l'environnement, il faut également signaler:

- la possibilité d'une production dans l'environnement de dibenzofuranes chlorés hautement toxiques; chez certaines espèces (rats), l'action métabolique sur les BPC se traduirait par une excrétion de dibenzofuranes (Panel on hazardous trace substances, 1972). Or actuellement il semble qu'on ne sache rien du comportement de ces substances dans l'environnement, notamment des possibilités d'accumulation dans les sols, les sédiments et la chaîne alimentaire
- l'existence d'effets de synergie en présence de certains pesticides organiques.

2.3.5 Potentiel d'intervention

Comme on l'a déjà mentionné, les restrictions dans la production de BPC ne semblent pas influencer les niveaux dans l'environnement. C'est donc déjà souligner les difficultés qui existent dans le choix des interventions à mettre en oeuvre.

Par ailleurs, on peut considérer qu'il n'existe aucune donnée québécoise susceptible d'amorcer une intervention quelconque dans un délai rapproché.

On sait grâce à un certain nombre de mesures indicatives dans le cadre des études sur le fleuve St-Laurent qu'il existe des teneurs élevés en BPC dans certains types de poissons (supérieures à 2 ppm) et notamment dans l'anguille. Par contre au niveau des sources, on

ignore quelles quantités totales ont été importées depuis leur introduction sur le marché nord-américain, quelles quantités de BPC sont encore en service et pour quels usages, quelles quantités sont dans les dépotoirs et libérables à plus ou moins longue échéance, quelles quantités ont déjà été effectivement libérées dans l'environnement.

Comme point de départ, il apparaît donc essentiel d'effectuer un inventaire des usages passés et actuels des BPC au Québec. Notamment des inventaires devront porter sur:

- les transformateurs contenant des BPC (Hydro-Québec);
- les industries fabriquant des condensateurs et des transformateurs (analyse de leurs procédés de fabrication et de leurs méthodes de disposition des déchets);
- les usines fabriquant du papier recyclé;
- les industries qui utilisent le procédé du moulage à la "cire".

Parallèlement un inventaire des utilisations du biphényle s'avère nécessaire, puisqu'il est un précurseur potentiel des BPC.

L'inventaire des usages des BPC devra être complété par l'acquisition de connaissances sur:

- le transfert de BPC des déchets solides vers l'atmosphère, que ce soit au niveau des incinérateurs municipaux qui ne sont pas conçus pour assurer la destruction des BPC, ou au niveau de la multitude de dépotoirs (plusieurs milliers au Québec) dont une grande partie sont à ciel ouvert;
- le transport atmosphérique des BPC; le problème de la présence des BPC a sans doute une dimension internationale;
- les apports de BPC n'originant pas du Québec (apports de la région des Grands-Lacs via le Fleuve Saint-Laurent);
- la génération de BPC au cours des opérations de chloration des eaux contenant des biphényles ou d'autres molécules aromatiques;
- le rejet de BPC par toutes les industries non directement impliquées dans la fabrication de produits contenant des BPC, mais utilisant ces produits dans leur processus.

a) interventions sur les sources

D'un point de vue technologique, on a trouvé depuis 1972 des substituts aux BPC dans tous les produits qui jouissaient d'une large diffusion. Il ne reste en pratique que les condensateurs* et les transformateurs où l'on continue à utiliser des BPC. Il existe d'ailleurs aussi pour ces deux utilisations des substituts à l'étude:

- silicones, esters phtaliques**, hydrocarbures synthétiques pour les condensateurs; on étudie aussi le développement de condensateurs sans imprégnation liquide (Versar Inc., 1976);
- silicone, hydrocarbures paraffiniques pour les transformateurs.

Il reste que ces produits de remplacement sont tous beaucoup plus inflammables que les BPC ce qui constitue un inconvénient majeur à leur utilisation et il semble que dans certains cas critiques, on ne puisse encore éviter de les utiliser. Il serait sans doute plus raisonnable quand le risque ne peut être considéré acceptable de contrôler l'utilisation des BPC beaucoup plus que de les supprimer: contrôle des importations, des utilisateurs, mise à leur disposition de méthodes d'élimination adéquate des déchets etc... La technologie pour détruire les BPC existe en effet (incinération à haute température, supérieure à 2000°F).

On doit faire mention d'autre part d'une intervention a déjà été amorcée, à savoir l'élimination de la production des BPC fortement chlorés. D'un certain point de vue cette mesure se justifie puisque ce sont les produits qui sont les plus persistants, par contre il ne faut pas oublier que les BPC moins chlorés sont plus volatils,

* l'usage des BPC dans les condensateurs utilisés pour les appareils électriques domestiques devraient faire l'objet d'une intervention prioritaire dans le sens d'une suppression.

** Propriétés cancerigènes soupçonnées (Versar Inc., 1976).

plus volatils, plus solubles dans l'eau, et souvent plus toxiques; cette décision mériterait sans doute d'être reconsidérée.

b) Interventions sur la libération de BPC (encore en service ou accumulés dans les dépotoirs)

Le problème est sans doute plus complexe car il existe déjà un stock important de BPC dispersé à travers le territoire. Il semble cependant que des mesures prioritairement devraient concerner:

- l'opération des dépotoirs (recouvrement pour éviter la volatilisation des BPC);
- l'information au niveau de toutes les usines qui utilisent encore des fluides contenant des BPC afin que ces déchets soient récupérés à part, et incinérés dans des conditions adéquates;
- la mise en place de structures de collecte des déchets contenant des BPC, et d'incinérateurs spécialisés, assurant leur destruction complète.

On doit également s'interroger sur la chloration des eaux; la chloration des eaux est susceptible de générer en outre des substances toxiques autres que les BPC.

c) Interventions sur les zones déjà contaminées (sédiments)

On peut penser à des mesures visant à éviter de remettre en circulation lors des opérations de dragage, les BPC accumulés, à des réglementations concernant les zones contaminées (interdiction de pêcher certaines espèces de poissons...)

En résumé les interventions concernant la contamination par les BPC doivent se faire à plusieurs niveaux; contrôle à la source des BPC introduits volontairement par l'homme, contrôle de la libération des BPC déjà déposés dans les dépotoirs ou encore en service et contrôle de la production "involontaire" de BPC.

Alors que le contrôle à la source peut être considéré actuellement comme une tâche réalisable compte tenu de la technologie existante, le contrôle de la libération des BPC existants ou le contrôle de leur génération apparaît une tâche très complexe et il n'est guère possible de prédire le degré d'efficacité des interventions mises en oeuvre si tel est le cas. Le cas des BPC constitue un exemple typique d'une substance toxique dont on a "ignoré" initialement la toxicité et la persistance dans l'environnement (négligence, manque de données scientifiques) et que l'on a abondamment utilisée sans aucune mesure de précaution (identification "substance toxique", manipulation des déchets confiée à des compagnies spécialisées, etc...); cet exemple devrait constituer une leçon pour l'avenir.

3. L'AGRESSION TOXIQUE ET SES CONSEQUENCES: ANALYSE DE L'AGRESSION ATMOSPHERIQUE EN MILIEU URBAIN (H. Demard, INRS-Eau et P. McKay, SPEQ).

Le troisième type d'approche correspond à une situation où l'on peut constater ou soupçonner que la qualité du milieu atteint un niveau dont les conséquences peuvent être graves sans qu'il soit possible d'identifier à priori un nombre restreint d'agents d'agression et d'agresseurs. En fonction de ses caractéristiques propres et de l'ampleur de ses conséquences nous analyserons le cas de l'agression atmosphérique urbaine sur le territoire de la Communauté Urbaine de Montréal*.

3.1 CARACTERES DE L'AGRESSION ATMOSPHERIQUE

Les conditions atmosphériques en milieu urbain sont perçues comme une importante composante de la qualité du milieu de vie urbain. La complexité de l'agression est due d'une part au nombre d'agents d'agression et d'autre part à la variété des agresseurs. Par exemple le dernier projet de règlement de la C.U.M. (1977) porte sur environ 300 agents toxiques, plus de 55 activités commerciales et industrielles en plus de toucher à la circulation et au chauffage. La complexité de l'agression se traduit également par l'interdépendance de ses composantes. Par exemple la réduction de matières en suspension accroît les radiations solaires qui à leur tour favorisent l'accroissement des concentrations d'oxydants photochimiques si les oxydes d'azote et les hydrocarbures ne sont pas réduits.

Outre sa complexité, l'agression est caractérisée par ses variations temporelles et surtout spatiales qui introduisent une dimension sociale dans les conséquences ainsi qu'un lien évident avec l'aménagement du territoire.

* Une partie de l'analyse a été rendue possible grâce à la collaboration de M. Jean MARIER, Directeur du Service de l'Assainissement de l'air à la Communauté urbaine de Montréal.

3.2 EFFETS DIRECTS DE L'AGRESSION ATMOSPHERIQUE

Bien que la plupart des efforts d'acquisition de connaissances ait porté sur la quantification du support de l'agression (toxiques dans l'atmosphère) les effets sont connus ou soupçonnés. Ils concernent la santé de l'homme, les dommages à la végétation, aux animaux, aux matériaux et aux biens. A un niveau supérieur on note également les changements de structure et de comportement des écosystèmes, les changements dans les radiations solaires, l'acidification de l'atmosphère et des changements de climat (Munn *et al.*, 1977). Pour la CUM il n'existe pas de document prouvant spécifiquement ces effets bien que des travaux aient déjà noté le niveau plus élevé de plomb dans le sang des chauffeurs de taxi et qu'une étude soit en cours sur le sélénium a proximité d'une source d'émission.

Il a par contre été établi par des études américaines que l'agression atmosphérique est associée à une augmentation des bronchites, de la toux, de cirrhoses du foie, de l'anémie, des maux de tête, du taux de mortalité général et de baisses de la capacité de respiration, de la productivité au travail et de la vigilance (EPA, 1974a).

En particulier les oxydes de soufre causent une augmentation des infections respiratoires chez les enfants et de la susceptibilité à la grippe. A court terme les sulfates aggravent les symptômes cardiopulmonaires et l'asthme (EPA, 1974; HEW, 1969). Quant aux oxydes d'azote, ils causent des baisses de la performance respiratoire, des augmentations des bronchites chroniques et de maladies respiratoires aiguës (EPA, 1971). Les aldéhydes irritent les yeux, la peau, le système respiratoire supérieur (HEW, 1970). Le monoxyde de carbone affecte le transfert d'oxygène au cerveau (troubles de perception du temps, d'acuité visuelle, baisse pour les tests psychomoteurs). L'accélération de la circulation sanguine est également associée à cet agent d'agression, (HEW, 1970). L'usage des pesticides domestiques peut causer l'asthme et la bronchite chronique et d'autres troubles respiratoires (EPA, 1974a).

Sans qu'ils aient été formellement mesurés sur le territoire de la CUM, les effets de l'agression sur la végétation peuvent être soupçonnés: les oxydes d'azote réduisent la photosynthèse (EPA, 1971). L'éthylène et les oxydes de soufre diminuent la croissance des plantes (HEW, 1970). On relève aussi une augmentation de la sensibilité des végétaux aux parasites et aux maladies en présence de pollution atmosphérique.

Les cas de dommages aux matériaux sont plus directement visibles et certains ont déjà été rapportés sur le territoire de la CUM. En formant des acides, les oxydes d'azote et de soufre, les gaz chlorés peuvent attaquer le nylon, palir les couleurs de tissus, détériorer les fibres à base de cellulose, corroder les alliages de nickel, zinc, cuivre, attaquer le fer, l'acier, le zinc, le calcaire, le marbre, l'ardoise, le mortier des immeubles, les véhicules et les constructions métalliques. L'ozone produit par les réactions photochimiques attaquent toutes les matières organiques et en particulier le caoutchouc.

Qu'elles soient ou non reliées à des substances toxiques, les nuisances olfactives et visuelles sont probablement encore plus facilement perçues et sont associées à l'agression atmosphérique. Les retombées sèches et liquides se retrouvent dans les eaux de ruissellement du milieu urbain transférant ainsi directement les agents toxiques aux cours d'eau récepteurs.

Enfin, par le transport atmosphérique, l'agression peut avoir des effets extérieurs au système urbain lui-même (acidification par exemple).

3.3 CONSEQUENCES DE L'AGRESSION ATMOSPHERIQUE

Sans chercher à relier quantitativement les effets de l'agression, on peut en examiner les conséquences aux niveaux des valeurs et de l'économie.

Les effets sur la santé de l'homme touchent directement la qualité de vie des humains affectés et leur productivité, alors que la connaissance de dommages à la santé (ou même de soupçons) intervient indirectement sur la perception du milieu de vie de l'ensemble de la population urbaine.

sentir sur le transport par le développement des banlieues ce qui vient ainsi aggraver l'agression elle-même. Dans le second cas des contraintes s'exercent également sur la planification de l'aménagement du territoire. De la même façon la présence de toxiques associée à d'autres formes de nuisances limite considérablement l'usage des eaux de ruissellement urbain dont le potentiel est actuellement envisagé au moins pour les loisirs, sinon pour l'alimentation.

On constate également à partir d'un certain niveau un feedback positif des humains à l'agression. En effet la motivation à la conservation de l'environnement peut diminuer lorsque l'agression dépasse certaines limites.

La perception spécifique ou non de l'agression atmosphérique joue également un rôle sur les besoins de substitution comme les loisirs et les vacances et imposera à nouveau des contraintes sur la zone péri-urbaine tout en renforçant, par les transports, l'agression elle-même.

C'est ainsi que dans les zones touristiques on constatera une dégradation de l'environnement physique, une urbanisation dense, une pollution de type urbain ainsi qu'une forme de corruption sociale. Le développement d'un tourisme concentré est parfois destructeur des exploitations agricoles et de l'environnement par ses conséquences immobilières, pour un accroissement faible et instable des revenus et de l'emploi (Lenco, 1975).

3.4 LES INTERVENTIONS ET LEURS CONSEQUENCES

Visant à réduire les émissions ou à minimiser les effets, trois formes d'intervention peuvent être envisagées et font actuellement partie du projet de règlement de la C.U.M.

- En tout premier lieu, il est possible de réduire les émissions à la source même et ce type d'intervention est particulièrement adapté au cas de multiples sources ponctuelles et de sources diffuses. C'est ainsi qu'en abaissant la teneur en soufre permise dans

Les combustibles il a été possible en cinq ans dans le centre ville de réduire de 100 à 35 ppm la concentration d'anhydride sulfureux.

- Les procédés font également l'objet d'intervention: par exemple, l'huile ne peut plus être utilisée comme source d'énergie dans le cas du conditionnement de l'air et de l'eau.
- En dernier lieu les technologies d'épuration sont spécifiées et il incombe à l'entreprise de faire la preuve de l'efficacité de son système s'il ne correspond pas à celui prévu dans le règlement.

Le support à un tel règlement est une norme sur la qualité du milieu, valeur dont on déduit une norme à l'émission en ce qui concerne 300 agents toxiques. Ces normes sont dérivées de celles employées pour le milieu de travail.

Outre l'amélioration de la qualité du milieu on peut prévoir deux types de conséquences. En premier lieu il est évident qu'un certain nombre de dépenses vont devoir être faites par les agresseurs pour réduire leur émission. A ce sujet il faut mentionner que l'ancien règlement n'a jamais été invoqué dans une seule fermeture d'usine.

L'application de normes sur la qualité du milieu entraîne en général des contraintes sur l'aménagement du territoire. En effet lorsque la qualité du milieu est proche de la norme, toute implantation se trouve bloquée alors qu'une zone où l'agression est moins forte sera plus favorable. Il existe donc une possibilité d'obtenir un effet de dispersion des agresseurs.

Du point de vue de la planification de l'aménagement du territoire la question est alors la suivante: doit-on concentrer les activités responsables d'une forte agression et augmenter l'agression sur un territoire restreint, ou diluer ces activités et risquer une baisse plus faible de la qualité du milieu sur un territoire plus vaste? Une question identique se pose également du point de vue économique et social.

Les réponses à ces questions passent par une analyse globale d'une part et régionale d'autre part au niveau de l'aménagement du territoire. L'étendue du territoire d'application du règlement soulève également le problème de la région périphérique où faute de volonté ou d'infrastructure administrative les contraintes aux agresseurs sont plus faibles.

Sur le plan des valeurs, on peut se demander si la diminution du nombre des plaintes du public suffit à traduire l'amélioration de la qualité du milieu. En fait la dynamique de la perception à l'amélioration peut être relativement lente en l'absence d'information compte tenu de la faiblesse de la compréhension générale des liens entre les critères de qualité du milieu et les conséquences. Comme d'autre part les conséquences elles-mêmes font l'objet de très peu de considérations et que les normes commencent à être très complexes, l'appui à un règlement du type CUM risque d'être limité d'une part à des principes et d'autre part à quelques groupes spécialisés.

3.5 RECOMMANDATIONS

A la lumière de l'analyse de l'agression atmosphérique et de l'intervention de la C.U.M. quelques recommandations sont formulées dont la plupart dépassent le cadre strict du cas.

- 1- Approfondir et faire connaître la portée des conséquences de l'agression.
- 2- Considérer dans toute intervention, son interaction avec l'aménagement du territoire.
- 3- Examiner dans le choix d'un territoire d'intervention, le potentiel d'exportation de l'agression.
- 4- Le rôle de l'information du public doit être examiné en détail. En effet une information partielle mais répétée sur l'agression elle-même risque de noircir inutilement la perception de l'environnement par le citoyen. Au contraire une information centrée

sur les causes et les conséquences de l'agression risque de fournir à chacun la possibilité de réévaluer d'une part sa perception de l'agression et d'autre part son propre rôle d'agresseur.

- 5- Analyser les composantes positives et négatives de la perception par le public de la qualité du milieu.
- 6- Analyser le rôle d'un indicateur biologique aussi bien dans la perception par le public de l'agression que dans la surveillance et le contrôle de l'agression elle-même.

BIBLIOGRAPHIE1.1 L'EMISSION DE SUBSTANCES TOXIQUES EN MILIEU URBAIN

- ANDERSON, P.W., McCALL, J.E. (1968). J. Soil and Water Conservation 23, 142.

- ENVIRONMENT CANADA, AIR POLLUTION CONTROL DIRECTORATE.

National Inventory of Sources and Emissions of:

Asbestos	-	1970	(Report APCD 73, Oct. 1973)
Arsenic	-	1972	(" " , Jan. 1976)
Beryllium	-	1970	(" " , Oct. 1973)
Cadmium	-	1972	(" " , June 1976)
Fluoride	-	1972	(" " , Jan. 1976)
Lead	-	1970	(Report APCD 73-7, Nov. 1973)
Manganèse	-	1972	(" " , Feb. 1976)
Mercury	-	1970	(" " , Nov. 1973)
Vanadium	-	1972	(" " , Sept. 1975)
Zinc	-	1972	(" " , June 1976)

- EPA (1974). Studies in Environment, Pollution and the municipalities, Vol. III.
- SPEQ (1976). Sources de pollution atmosphérique, CUQ, 1972.
- THOMAS, H.E. (1969). Highway Res. Record 271, 17.
- VALANSKAKIS *et al.* (1976). La société de conservation sélective. GAMMA (Université de Montréal - McGill University).
- WARD, B. (1976).

1.2 CONTRIBUTION DU MILIEU NATUREL GEOLOGIQUE A L'EMISSION DE SUBSTANCES TOXIQUES

ALLAN, R.J., CAMERON, E.M. and JONASSON, I.R. (1974).

Mercury and Arsenic Levels in Lake Sediments from the Canadian Shield. Department of Energy, Mines and Resources, Canada. Geological Survey of Canada.

AZZARIA, L.M. et HABASHI, F. (1976).

Mercury Pollution - An examination of some Basic Issues. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, August. 1976.

CAMERON, E.M. et JONASSON, I.R. (1972).

Mercury in Precambrian shales of the Canadian Shield.
in: Geochimica et Cosmochimica Acta, 1972, Vol. 36, pp. 985-1005.
Pergamon Press. North Ireland.

COMITE INTERMINISTERIEL SUR LE MERCURE. (1976).

Le mercure au nord-ouest québécois - Aspects environnementaux.
Rapport du comité interministériel sur le mercure.

DAJOZ, R.

La pollution. II L'éventail des Pollutions. Encyclopédie de l'Ecologie. Larousse.

DICKSON, F.W. et TUNNELL, G. (1968).

Mercury and antimony deposits associated with hot springs in western U.S.A. One deposits of the U.S. 1933-1937 (1968 publ.) Vol. 2. pp. 1673-1701, paper 80.

FLEISCHER, M. (1974).

Natural Sources of some Trace Elements in the Environment.
in: Cycling and Control of Metals p. 3-10.

HOPPS, H.C. (1974).

Overview.

in: Geochemistry and the Environment Vol. 1. The relation of selected trace elements to health and disease. National Academy of Sciences Washington, D.C.

JONASSON, I.R. et BOYLE, R.W. (1971).

Geochemistry of Mercury. Geological Survey of Canada. Department of Energy, Mines and Resources. Canada.

JONASSON, I.R. et BOYLE, R.W. (1972).

Biochemistry of Mercury and Origins of Natural Contamination of the Environment. Can. Inst. Min. Met. Trans. Vol. 75 p.: 8-15.

JONES, H.G. et al. (1976).

Quelques aspects environnementaux du mercure dans la région du lac Mistassini. INRS-Eau, rapport scientifique No. 68, 116 p. (Pour les Services de Protection de l'Environnement du Québec et Environnement Canada).

KARASIK, M.A. et BOLSHAKOV, A.P. (1965).

Mercury vapour at the Nikitovka ore field. Dokl. Akad. Nauk. USSR. Vol. 161, no. 5 pp. 204-206.

MCCARTHY, J.H. VAUGHN, W.W. et al. (1969).

Mercury in soil, gas and air; a potential tool in exploration. U.S. Geol. Surv. Circ. 609, 16 pp.

MACLATCHY, J.E. et JONASSON, I.R. (1974).

The Relationship between. Mercury Occurrence and Mining Activity in the Nottaway and Rupert River Basins of Northwestern Quebec. Geological Survey of Canada. GSC Paper 74-56.

WOOD, J.M. (1976).

Les métaux toxiques dans l'environnement. La recherche, no 70, sept. 1976.

1.3 L'EMISSION DE SUBSTANCES TOXIQUES AU COURS DES ACTIVITES FORESTIERES

- ANONYME. (1971) Le fluor dans l'environnement. Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 41 p.
- ANONYME. (1973) Le plomb dans l'environnement canadien. Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 130 p.
- ANONYME. (1974) Piclorame: les effets de son utilisation comme herbicide sur l'état de l'environnement. Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 130 p.
- ANONYME. (1975) Chlordane: ses effets sur les écosystèmes canadiens et sa chimie. Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 192 p.
- ANONYME. (1975) Pest Control: An Assessment of Present and Alternative Technologies. Vol. IV, Forest Pest Control. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 170 p.
- ANONYME. (1976) Bacillus thuringiensis: Its Effects on Environmental Quality. Environmental Secretariat, Ottawa, 133 p.
- ANONYME. (1976) Fénitrothion: effets de son utilisation sur l'état de l'environnement et sa chimie. Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 165 p.
- ANONYME. (1976) Méthoxychlore: ses effets sur l'état de l'environnement. Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 161 p.
- ANONYME. (1976) Proceedings, Symposium on Operational Safety and Environmental Safety. The Associate Committee on Agriculture and Forestry Aviation, N.R.C., AFA Technical Report No 16, Ottawa.
- BECKER, D.L. et al. (1972). Pesticides in the aquatic environment. 181 p.

- BOUSH, G.M. and BATTERTON, J.C. (1972). Ecological aspects of pesticides - microbial relationships. Environmental Toxicology of Pesticides. F. Matsumura et al., editors. Academic Press Inc., N.Y., pp. 401-422.
- CRUZ, M. and WHITE, J.I. (1972). Surface chemistry of pesticide - soil interactions. Environmental Quality and Safety. Global Aspects of Chemistry, Toxicology and Technology as Applied to the Environment. F. Coulston and F. Korte, editors. Academic Press Inc., N.Y. pp. 221-229.
- DOMMERGUES, Y. (1971). Interrelations sans caractère symbiotique entre la végétation et la microflore du sol: "l'effet litière". Dans: La vie dans les sols. Ouvrage collectif présenté par P. Pesson. Gauthier-Villars, Paris, 471 p.
- DUCHROW, R.M. and EVERHART, W.H. (1970). Effects of suspended sediment on aquatic environment. 107 p.
- DUVIGNEAUD, P. et DENAYER-DE SMET, S. (1960). Action de certains métaux lourds du sol (cuivre, cobalt, manganèse, uranium). Dans: Rapports du sol et de la végétation. Ouvrage collectif sous la direction de G. Viennot-Bourgin. Masson et Cie, Paris, 183 p.
- EDWARDS, C.A. (1973). Pesticide residue in soil and water. Environmental Pollution by Pesticides. C.A. Edwards, editor. Plenum Press, N.Y., pp. 409-458.
- EDWARDS, C.A. (1973). Persistent pesticides in the environment. CRC Press, Cleveland. 170 p.
- GARLAND, T.R. and WILDUNG, R.W. (1974). Seasonal distribution of mercury in water, suspended matter and sediments of the lower Columbia river watershed. Ecosystems Dept., Battelle, Pacific Northwest Laboratories, Richland, W.A.

- GORING, C.A. and HAMAKER, J.W. (1972). Organic chemicals in the soil environment. 440 p.
- GRANDTNER, M.M. (1966). La végétation forestière du Québec méridional. Presses de l'Université Laval, 216 p.
- GRANDTNER, M.M. (1975). La végétation forestière du Québec. Bulletin péd. de l'Ass. des professeurs de science du Québec, Vol. 4, No 2, mars 1975, pp. 10 à 15.
- GUILAROV, M. (1968). Fertilité et zoologie du sol. Nature et ressources, Vol. IV, No 2, pp. 14-16.
- GUINIER, P. (1960). Le milieu édaphique et la composition floristique des forêts. Dans: Rapports du sol et de la végétation. Ouvrage collectif sous la direction de G. Viennot-Bourgin, Masson et Cie, Paris, 183 p.
- HENDRICKSON, D.W. et al. (1974). Nature of organic derivatives of selected toxic metals in natural waters. Wisconsin Water Resources Centre, Wisconsin, Univ., Madison.
- HORN, H.S. (1975). Forest succession. Scientific American, Vol. 323, May, pp. 90-98.
- JAIWAL, S.P. and VERMA, A.K. (1975). Effect of some organo-chlorine insecticides on soil micro-organisms and degradation process. Dans: Biodégradation et humification. Rapport du 1er colloque international, 1974. Pierron, Sarreguemines, 496 p.
- JENSEN, V. (1975). Decomposition of oily wastes in soil. Dans: Biodégradation et humification. Rapport du 1er colloque international, 1974. Pierron, Sarreguemines, 496 p.

- KEARNEY, P.C. and KAUFMAN, D.D. (1969). Editors. Degradation of herbicides. Marcel Dekker, N.Y., 394 p.
- KERSWILL, C.J. (1967). Studies on effects of forest spraying with insecticides, 1952-63, on fish and aquatic invertebrates in New-Brunswick streams. J. Fish. Res. Bd. 24:04, pp. 701-08.
- KIRKHAM, M.B. (1977). Trace elements in sludge on land: effect on plants, soils, and ground water. In: Land as a waste management alternative. R.C. Loehr, editor. Ann Arbor Science, Ann Arbor. 811 p.
- KRUGLOV, V. (1975). Influence de l'utilisation systématique prolongée des herbicides sur certains processus microbiologiques dans le sol. Dans: Biodégradation et humification. Rapport du 1er colloque international, 1974. Pierron, Sarreguemines, 496 p.
- LAVALLEE, A. et al. (1977). Insectes et maladies des arbres, Québec - 1976. Supplément à Forêt-Conservation, Vol. 43, No 4, avril 1977, 23 p.
- LEHMANN, P.F. (1975). Changes in the fungal succession after application of urea to litter of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). Dans: Biodégradation et humification. Rapport du 1er colloque international, 1974. Pierron, Sarreguemines, 496 p.
- MANGENOT, F. et DOMMERGUES, Y. (1970). Ecologie microbienne du sol. 796 p.
- MCGILL, W.B. and NYBORG, M. (1973). Reclamation of forested soils damaged by oil spills. Environment Canada, Northern Forest Research Centre, Edmonton, 28 p.
- MORRISON, S.M. and MARTIN, K.L. (1977). Pathogen survival in soils receiving waste. In: Land as a waste management alternative. R.C. Loehr, editor, Ann Arbor Science, Ann Arbor, 811 p.

- MURPHY, T.J. (1974). Sources of phosphorus inputs from the atmosphere and their significance to oligotrophic lakes. Water Resources Center, Univ. of Illinois, Chicago.
- POCHON, J. et al. (1960). Influence de la végétation et de la matière organique sur la microflore du sol. Dans: Rapports du sol et de la végétation. Ouvrage collectif sous la direction de G. Viennot-Bourgin. Masson et Cie, Paris, 183 p.
- RAKHMANOV, V.K. (1962). Role of forests in water conservation. Goslesbumizdat, Moscou, 192 p.
- REESE, C.O. et al. (1972). The movement and impact of pesticides used in forest management on the aquatic environment and ecosystem. Vol. 1 et 2. Cornell Aeronautical Laboratory, Inc., Buffalo, N.Y.
- SCHNITZER, M. (1970). Metal-organic matter interactions in soils and waters. Organic Compounds in Aquatic Environments. S.J. Faust and J.V. Hunter, editors. Marcel Dekker, Amsterdam, 638 p.
- SKUJINS, J. et al. (1971). Soil Biochemistry. 4 vols.
- SMIRNOFF, W.A. (1977). *Bacillus thuringiensis*: friend of our forests. Science Forum, Vol. 10, No 3, juin 1977, pp. 16-17.
- SYKES, G. and SKINNER, F.A. (1971), editors. Microbial aspects of pollution. The Society for Applied Bacteriology. Symposium Series, No 1, Academic Press, N.Y., 289 p.
- SYMONS, P.E.K. and HARDING, G.D. (1974). Biomass changes of stream fishes after forest spraying with the insecticide fenitrothion. Fisheries Research Board of Canada, Tech. Rep. 432; 47 p.

- THIESMEYER, L.R. (1966). Think of the consequences. Forestry chronicle, Vol. 43, No 1, mars 1967, pp. 15-19.
- VARTY, I.W. and YULE, W.N. (1976). Persistence and fate of phosphamidon in a forest environment. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 15:03, pp. 257-264.
- VOLUBUEV, V.R. (1964). Ecology of soils, 260 p.
- WETZEL, R.G. (1975). Limnology. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 743 p.
- WILDISH, D.J. and LISTER, N.A. (1973). Biological effects of fenitrothion in the diet of brook trout. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 10:06, pp. 333-339.
- WOOD, J.M. (1976). Les métaux lourds dans l'environnement. La Recherche, 70, pp. 711-719.
- YULE, W.N. et al. (1971). Survey for atmospheric contamination following forest spraying with fenitrothion. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 6:04, pp. 289-96.
- ZAJIC, J.E. (1969). Microbial biogeochemistry. Academic Press, N.Y., 345 p.

NOTE: A cause de l'abondance des publications sur le sujet, il n'a pas été jugé nécessaire de constituer une bibliographie des pratiques forestières d'aménagement, de sylviculture et d'exploitation des bois.

2.2 LES AGENTS D'AGRESSION: CAS DU PLOMB

- BOWEN, M.J.M. (1975). Residence times of heavy metals in the environment. Conf. Int. sur les métaux lourds dans l'environnement, Toronto. Comptes-rendus Vol. 1, p. 1-19.
- COFFIN, D.L., KNELSON, J.H. (1976). Effects of sulfur dioxide and sulfate aerosol particles on human health. *Ambio* Vol. 5 (5-6): 239-242.
- CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement (1973). Le Plomb dans l'environnement canadien. CNRC No 13683, 130 p. 1973.
- ENVIRONMENT CANADA, AIR POLLUTION CONTROL DIRECTORATE (1974). National Inventory of Sources and Emissions of Asbestos, Beryllium, Lead and Mercury, Summary of emissions for 1970. Report EPS 3 - AP - 74 - 1, 19 p.
- ENVIRONMENT CANADA, AIR POLLUTION CONTROL DIRECTORATE (1973). National inventory of Sources and Emissions of Lead (1970). Internal Report APCD 73-7, 110 p.
- HOLCOMBE, G.W., BENOIT, D.A. et al. (1976). Long term effects of lead exposure on three generation of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). *J. Fish. Res. Board of Canada*. Vol. 33: 1731-1741.
- JENKINS, D.W. (1975). Flow of toxic metals in the environment. Internal Conf. on Environmental Sensing and Assesment Las Vegas, Sept. 14-19 1975. Vol. 1, p. 1-1 (1 à 5).
- KASOWSKI, M.A., KASOWSKI, W.J. (1976). Lead in the environment: sources of danger. *CMA Journal* March 6, 1976, Vol. 114: 474-486.

- KINNISON, R.R. (1976). Pb: in search of the facts. *Env. Sci. & Tech.* 10(7): 644-649.
- LAUWERYS, R. (1972). Précis de toxicologie industrielle et des intoxications professionnelles. Editeurs: Duculot.
- MARIER, J. (1976). Rapport de qualité d'air 1970-1975. Communauté Urbaine de Montréal, Service de l'Assainissement de l'Air, 34 p.
- MARIER, J. (1972). Pollution atmosphérique par le plomb de 1968 à 1971. Communauté Urbaine de Montréal, Service de l'assainissement de l'air, 78 p.
- MINISTERE DES RICHESSES NATURELLES (1975). Industrie Minière du Québec.
- SECCHI, G.C., ALESSIO, L., CAMBIAGNI, E., ANDREOLETTE, F. (1972). Activité d'ALA erythrocytaire au niveau de la plombémie des groupes critiques de la population - Communication No 56, Symp. Int. "les problèmes sanitaires posés par le plomb dans l'environnement", Commission des communautés Européennes, Amsterdam 2-6 octobre.
- SNYDER, R.B., PEARSON, J.E. et al. (1971). A study of environmental pollution by lead. University of Illinois, Heavy metal Task Force, 168 p. (NTIS - PB 205-239).
- TYLER, G. (1972). Heavy metal pollute nature, may reduce productivity. *Ambio.* Vol. 1(2): 52-59.
- UNIVERSITY OF ILLINOIS, INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES (1975). An interdisciplinary study of Environmental Pollution by Lead and other metals. Progress Report PR-5, 90 p.

WONG, P.T.S., CHAU, Y.K., LUXON, P.L., SILVERBERG, B. (1975).
Methylation of Lead and Selenium in the environment. Conf.
Internal. sur les métaux lourds dans l'environnement, Toronto.
Résumés pC-222 à C-221.

Bibliographie complémentaire concernant le plomb

- BERRY, W.L., WALLACE, A. (1974).
Trace elements in the environment their role and potential toxicity
as related to fossil fuels, a preliminary study. University of Ca-
lifornia, Report UCLA12-946 66 p.
- BOLTER, E., BUTZ, T.R., ARSENEAU, J.F. (1975).
Heavy metal mobilization by natural organic acids. Conf. Int. sur
les métaux lourds dans l'environnement, Toronto, p. C-181-182.
- CHEN, K.Y., YOUNG, C.S., JAN, T.K., ROHATGI, N. (1974).
Trace metals in wastewater effluents. WPCF J. 46(12): 2663-2675.
- COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. (1976).
Application of sewage sludge to cropland: appraisal of potential
hazards of the heavy metals to plants and animals. Report no 64,
63 p. Iowa University.
- DAVIS, J.A., JACKNOW, J. (1975).
Heavy metals in wastewater in three urban areas. WPCF J. 47(9): 2292-
2297.
- DORN, R.C., PIERCE, J.O., CHASE, G.R., PHILLIPS, P.E. (1975).
Environmental contamination by lead, Cadmium, Zinc and Copper in a
New Lead Producing Area. Environmental Research Vol 9: 159-172.
- JENNET, J.C., WIXSON, B.G. (1975).
The new lead belt: aquatic metal pathways control. Conf. Int. sur
les métaux lourds dans l'environnement, Toronto, Résumés pC-88-90.

KIRPATRICK, D.C., COFFIN, D.E. (1977).

The trace metal content of a representative Canadian Diet in 1972.
Canadian J. of Public Health Vol 68: 162-164.

KIRSTI PIETILAINEN (1975).

Effects of Pb + Cd on aquatic primary production. Conf. Int. sur
les métaux lourds dans l'environnement, Toronto, Résumés pC-279-281.

LAXEN, D.P.H., HARRISON, R.M. (1977).

The highway as a source of water pollution: an appraisal with the
heavy metal lead. Water Research Vol. 11, p. 1 à 11.

MARR, H.E., LAW, S.L., NEYLAN, D.L. (1975).

Trace elements in the combustible fraction of urban refuse. Int.
Conf. on Environmental Sensing and Assessment, Las Vegas, Sept. 14-19,
Vol 1 p. 43 (1 à 6).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, COMMITTEE ON BIOLOGIC EFFECTS OF ATMOSPHERICS
POLLUTANTS (1972).

Lead, Airborne lead in perspective. National Academy of Sciences, Wash.
330 p.

NEWTON, C.D., SHEPPARD, W.W., COLEMAN, M.S. (1974).

Street runoff as a source of lead pollution. WPCF J. 46(6): 999-1000.

OLIVER, B.G., MILNE, J. LABARRE, N. (1974).

Chloride and lead in urban snow. WPCF J. 46(4): 766-771.

SERODES, J.B. (1977).

Qualité des sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent. Conférence
CIC, Montréal 31 mai, 8 p.

2.3 LES AGENTS D'AGRESSION: CAS DES BIPHENYLS POLYCHLORES

COMITE D'ETUDE SUR LE SAINT-LAURENT. (1977).

Rapport provisoire, 167 p.

ENVIRONNEMENT CANADA (1977).

La présence des BPC dans l'environnement québécois - Version préliminaire.

FISHER, N.S. (1975).

Chlorinated Hydro-Carbon Pollutants and Photosynthesis of Marine Phytoplankton: a reassessment. Science Vol. 189 (Août): 463-464.

GARRETT, C.L. (1976).

Environmental Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) in British Columbia - A summary of current data, 1976. Environment Canada, Environmental Impact Report EPA 8-PR-76-3, 74 p.

KHAN, M.A., RAO, R.M., NOVAK, A.F. (1976).

Polychlorinated Biphenyls (PCB's) in Food. CRC Critical Review in Food Science and Nutrition 7, ussue 2, 103.

PANEL ON HAZARDOUS TRACE SUBSTANCES (1972).

Polychlorinated Biphenyls - Environmental Impact. Environmental Research Vol. 5: 2493-362.

RUOPP, D.J., DECARLO, V.J. (1975).

Environmental levels of PCB's. Internal Conf. on Environmental Sensing and Assessment, Las Vegas Sept. 14-19, 1975, Vol. 1 no 2-3, 5 p.

SARTOR, J.D., BOYD, G.B., AGARDY, F.J. (1974).

Water pollution aspects of street surface contaminants WPCF Journal 46(3): 458-467.

VERSAR INC. (1976).

PCBs in the United States, Industrial Use and Environmental Distribution. Rapport EPA No 68-01-3259, 334 p.

3. L'AGRESSION TOXIQUE ET SES CONSEQUENCES: ANALYSE DE L'AGRESSION ATMOSPHERIQUE EN MILIEU URBAIN

CANADA. MINISTERE NATIONAL DU BIEN-ETRE ET DE LA SANTE. (1973).

Nouvelles perspectives sur la santé des Canadiens.

COMMUNAUTE URBAINE DE MONTREAL. (1977).

Projet de règlement pour l'assainissement de l'air, 15 juin 1977.

COMMUNAUTE URBAINE DE MONTREAL (1976).

Rapport de qualité d'air 1970-1975. Service de l'assainissement de l'air 1976.

EPA. (1971).

Air quality criteria for nitrogen oxides.

EPA. (1974a).

Studies in Environment, Pollution and the municipalities, Vol. III.

EPA. (1974).

Health consequences of sulphur Oxides.

HEW. (1969).

Health, Education and Welfare. Air quality criteria for Sulphur Oxides.

HEW. (1970).

Health, Education and Welfare. Air quality criteria for Hydrocarbons.

HEW. (1970).

Health, Education and Welfare. Air quality criteria for Carbon Monoxide.

LENCO, M. (1975).

Environnement et qualité de la vie. Paris, Guy Le Prat.

MUNN, E.R., PHILLIPS, M.L. and SANDERSON, H.P. (1977).

Environmental effects of air pollution: implications for air quality criteria, air quality standards and imission standards. The Science of Total Environment, 8(1977): 53-67.

Causes et conséquences de la présence de
substances toxiques

ANNEXES

ANNEXE 1

PRODUITS TOXIQUES INTRODUITS DANS LE
TRAITEMENT DE L'EAU DE CONSOMMATION ET
DES EAUX USEES

Roland Mercier
Services de Protection
de l'Environnement du Québec

1977

PRODUITS TOXIQUES INTRODUIIS DANS LE TRAITEMENT
DE L'EAU DE CONSOMMATION ET DES EAUX USEES

Un nombre imposant de produits entre dans le traitement de l'eau. Plusieurs de ces produits sont toxiques, mais aux concentrations utilisées dans l'eau la plupart ne présente aucun danger. Une liste des principaux produits utilisés dans le traitement de l'eau apparaît au tableau 1.

A- TRAITEMENT DE L'EAU DE CONSOMMATION

De la liste des produits entrant dans le traitement de l'eau de consommation, nous devons retenir un produit qui peut présenter un danger au point de vue toxicité: il s'agit du chlore.

En Amérique la désinfection de l'eau par le chlore a débuté en 1908 au New-Jersey. Depuis ce temps des postes de chloration se sont multipliés et de nos jours presque toute l'eau distribuée dans les réseaux d'aqueduc est chlorée. Ce n'est qu'en 1974 que "l'Analytical Report 1974" révéla la présence dans l'eau de New Orleans de soixante-six (66) substances chimiques organiques dont plusieurs reconnues à titre d'agents cancérigènes.

La même année l'"Environmental Defence Fund" comparait les statistiques sur les taux de mortalité due au cancer des organes urinaires et du tractus gastro-intestinal dans soixante-quatre (64) comtés de la Louisiane. Ces travaux démontrèrent une relation significative entre la consommation

TABLEAU 1

LISTE DES PRINCIPAUX PRODUITS
ENTRANT DANS LE TRAITEMENT DE L'EAU

A- TRAITEMENT DE L'EAU DE CONSOMMATION

Acide chloridrique, acide sulfurique, alun, ammoniacque, bicarbonate de soude, charbon activé, chlore, chlorure ferrique, dioxyde de carbone, dioxyde de soufre, fluor, hydroxyde de calcium, hydroxyde de sodium, ozone, oxygène, permanganate de potassium, polyphosphates, silicates, silice activée.

B- TRAITEMENT DES EAUX USEES

Acide chloridrique, acide sulfurique, alun, chlore, chlorure ferrique, hydroxyde de calcium, hydroxyde de sodium, ozone, oxygène.

d'eau potable provenant du Mississippi et les décès dus au cancer. Notons que ces résultats s'appliquent aux hommes de race blanche. Une telle relation n'a pas été observée avec les femmes de race blanche.

En 1974, Rook aux Pays-Bas a identifié quatre (4) substances dans l'eau chlorée; ces substances sont: le chloroforme, le bromodichlorométhane, le dibromochlorométhane et le tribromométhane. Il a conclu que ces substances étaient introduites dans l'eau lors du traitement. Un peu plus tard la même année, Bellar (4) en est arrivé aux mêmes conclusions.

En 1976, le Ministère de la Santé et du Bien-être social du Canada a fait effectuer l'analyse de l'eau de plusieurs municipalités du Canada. On peut retrouver les résultats partiels de ces analyses dans le tableau 2.

Deux méthodes d'analyse ont été utilisées. La méthode "Gas Sparging" est décrite dans Bellar (1) alors que la méthode "Direct Aqueous Injection" est décrite dans Nicholson & Meresz (2).

Selon Nicholson et Meresz (3) la méthode "Direct Aqueous Injection" donne les concentrations potentielles totales d'haloformes alors que la méthode "Gas Sparging" donne les concentrations d'haloformes libres; ceci explique les valeurs plus grandes obtenues par la méthode "Direct Aqueous Injection".

- DISCUSSION

Au Québec on retrouve du chloroforme en quantité significative, ceci correspond à ce qui a été trouvé ailleurs au monde. On remarque aussi que généralement plus le carbone

organique total est élevé plus il y a d'haloformes de générés. Le chloroforme étant une substance reconnue cancérigène, il y a lieu de mettre tout en oeuvre pour réduire la concentration de ce produit dans l'eau.

Tardiff (5) suggère une concentration maximale moyenne de 70 microgrammes par litre. Toujours selon Tardiff (5) cette concentration procure un facteur de sécurité de 5,000 pour les jeunes enfants. Selon les résultats obtenus à l'annexe A, l'eau des municipalités de Thetford-Mines et Trois-Rivières dépasse cette valeur alors que l'eau des municipalités de Hull et Granby est très près de la norme proposée.

Le chloroforme est généré dans le traitement par la réaction du chlore libre avec les matières organiques. Pour limiter la génération de chloroforme on peut:

- changer le processus de désinfection;
- enlever le chloroforme une fois généré;
- enlever le plus de matières organiques possible avant de chlorer.

a) On peut changer le mode de désinfection en utilisant l'ozone, le dioxyde de chlore ou les chloramines plutôt que le chlore. Ces produits ne génèrent pas de chloroforme bien qu'ils puissent produire d'autres sous-produits organiques ou inorganiques qui n'ont pas encore été identifiés. Les chloramines sont des désinfectants faibles et il est conseillé de ne pas les utiliser exclusivement. L'ozone ne produit

pas de résiduel d'où une contamination du réseau peut survenir, il faut donc ajouter du chlore après l'ozonation et il y aura probablement génération de chloroforme.

b) Symons (6) a procédé à des essais pour enlever le chloroforme une fois généré. Il a essayé quatre (4) méthodes: le charbon activé granulaire et en poudre, l'aération et l'ozone. Des doses très élevées d'ozone et de charbon activé en poudre ont été requises pour obtenir des résultats substantiels. Selon Symons (6) le coût de cette solution est très élevé.

L'aération et l'adsorption sur charbon activé granulaire sont efficaces pour enlever le chloroforme dans certaines circonstances. Dans une étude sur l'eau de la rivière Ohio, un lit de trente pouces d'épaisseur de charbon activé granulaire opérant à un taux de deux gallons américains par minute par pied carré a enlevé efficacement le chloroforme pour une période d'un mois. Le charbon activé granulaire a une efficacité limitée dans le temps; nous n'avons pas actuellement de moyen facile de savoir quand il n'est plus efficace.

Selon Symons (6) pour enlever par aération environ 90% du chloroforme généré il faut une aération d'environ vingt minutes avec une injection d'air dans un rapport air-eau de 30 à 1. Après cette opération, s'il y a un chlore résiduel il y aura augmentation du chloroforme dans le réseau de distribution.

c) La génération de chloroforme est directement liée à la quantité de matières organiques dans l'eau. Il s'ensuit qu'une autre façon de limiter la production de chloroforme dans l'eau est d'enlever le plus de matières organiques possible avant de chlorer. Ceci peut être fait dans les usines de

coagulation-filtration en supprimant la pré-chloration. L'utilisation du charbon activé devrait être considérée dans cette optique.

B- TRAITEMENT DES EAUX USEES

Dans le traitement des eaux usées le chlore est encore un produit toxique qui soulève beaucoup de controverses. L'addition de chlore est effectuée afin de détruire les micro-organismes pathogènes. Ce faisant comme il y a beaucoup de matières organiques dans un tel effluent, des organochlorés sont générés tels les chlorobenzène, chlorotoluène, chloroalkylbenzène, etc.

Les produits d'oxydation ont un effet néfaste sur la vie aquatique. Notons que Brooks (9) mentionne que pour la truite arc-en-ciel la valeur LC50 de 96 heures est d'environ 0.1 mg/l de chlore total, que le LC50 de 4 heures est d'environ 1 mg/l de chlore total alors que le LC50 de 0.5 heure est de 2 mg/l de chlore résiduel total. De nombreuses publications font état des effets néfastes de la chloration des eaux résiduaires sur la vie aquatique en général.

DISCUSSION

Compte tenu de la concentration des solides présents dans l'effluent d'une usine de traitement d'eaux usées, on retrouve presque toujours des bactéries coliformes dans l'effluent même après une bonne désinfection au chlore. Notons que les bactéries coliformes sont moins résistantes au chlore que la plupart des virus. La matière organique dans un effluent d'eaux

résiduelles doit être dégradée. Cette opération se fera éventuellement dans le cours d'eau. Le fait de détruire des organismes disponibles dans l'effluent d'une usine d'épuration retarde tout simplement la dégradation de ces matières organiques.

La présence de zones à protéger proches de l'effluent, telle plage, prise d'eau d'alimentation, etc., requiert qu'on mette tout en oeuvre pour limiter le nombre de micro-organismes. C'est pourquoi il faut désinfecter un tel effluent. Dans un tel cas, il y aurait lieu de considérer la désinfection avec un autre produit possiblement l'ozone.

CONCLUSIONS

TRAITEMENT DE L'EAU DE CONSOMMATION

La chloration de l'eau se traduit en production de chloroforme, un produit reconnu cancérigène.

Il existe des moyens pour réduire la formation de chloroforme et ils devraient être pris dans la mesure du possible.

L'eau des quatre (4) municipalités précitées devrait être analysée à nouveau après avoir apporté des modifications au mode de traitement.

L'analyse de l'eau pour les haloformes devrait être effectuée pour toutes les eaux de consommation ayant une concentration de carbone organique total élevée.

TRAITEMENT DES EAUX USEES

La chloration des eaux résiduaires est néfaste à la vie aquatique.

On devrait limiter autant que possible la chloration des eaux résiduaires.

Des recherches devraient être accélérées pour trouver un substitut efficace au chlore quand une désinfection est absolument nécessaire.

RM/mlb



Rolland Mercier
Rolland Mercier, ing., M.Sc.

Québec, le 2 septembre 1977.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Bellar, T.A., Lichtenberg, J.J., Kroner, R.C.; J.A.W.W.A. 703, 1974, (Gas Sparging Method).
- (2) Nicholson, A.A. et Meresz, O., Environment Ontario Contamination and Toxicology 14, 453 (1975); (Direct Aqueous Injection Method).
- (3) Nicholson, A.A. et Meresz, O., Environment Ontario Organics In Drinking Waters, Part I.
- (4) Bellar, T.A. et Lichtenberg, J.J., J.A.W.W.A. 739, (1974).
- (5) Tardiff, R.G., "Health Effects of Organics: Risk and Hazard Assessment of Ingested Chloroform", 96th Conference A.W.W.A., New Orleans, June 1976.
- (6) Symons, J.M. et Associés, "Interim Treatment Guide For the Control of Chloroform and Other Trihalomethanes", Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio 45268, June 1976.
- (7) Drapeau, A.J., "Du chloroforme dans votre eau potable", Eau du Québec, avril 1975.
- (8) Smillie, R.D., Nicholson, A.A., Meresz, O., Duholke, W.K., Rees, G.A., "Organics in Ontario Drinking Waters, Part II, Environment Ontario.
- (9) Brooks, A.S., Seigert, G.L., "The Toxicity of Chlorine to Freshwater Organisms Under Varying Environmental Conditions", Conference on the Environmental Impact of Water Chlorination Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, 1976.
- (10) Ingols, R.S., "Chlorination of Water", Water and Sewage Works, February 1975.
- (11) Kopperman, H., "Chlorinated Compounds Found in Waste Treatment Effluents and their Capacity to Biocumulate", Conference on the Environmental Impact of Water Chlorination, Oak Ridge Laboratory, Tennessee, 1976.
- (12) Brungs, W.A., "Effects of Wastewater Chlorination on Freshwater Aquatic Life", W.P.C.F. Annual Conference, 1975.

TABLEAU 2

RESULTATS D'ANALYSES EFFECTUEES PAR "INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONSULTANTS"
POUR LE MINISTERE DE LA SANTE ET DU BIEN-ETRE SOCIAL DU CANADA

MUNICIPALITÉ	Date		Type d'eau	Méthode d'analyse *	Résultats en microgrammes/litre				T.O.C. mg/l
	Prélèvement	Analyse			CHCl ₃	CHCl ₂ Br	CHClBr ₂	CHBr ₃	
Cap-de-la-Madeleine	09-12-76	15-12-76	Traitée	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	0.5
Cap-de-la-Madeleine	09-12-76	14-02-77	Traitée	Direct Inj.	<0.5	<0.1	<0.1	<1	0.5
Drummondville	08-12-76	16-12-76	Brute	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	8.0
Drummondville	08-12-76	16-12-76	Traitée	Sparge	10.3	0.5	<0.01	<0.1	4.0
Drummondville	08-12-76	11-02-77	Traitée	Direct Inj.	13	0.7	<0.1	<1	4.0
Granby	06-12-76	21-12-76	Brute	Direct Inj.	<0.5	<0.5	<0.1	<5	8.5
Granby	06-12-76	15-12-76	Traitée	Sparge	46	4.5	0.22	0.3	2.0
Granby	06-12-76	11-02-77	Traitée	Direct Inj.	69	5.9	<0.1	<1	2.0
Hudson	02-12-76	14-12-76	Traitée	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	1.5
Hudson	02-12-76	10-02-77	Traitée	Direct Inj.	2.6	<0.1	<0.1	<1	1.5
Hull	03-12-76	15-12-76	Brute	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	8.5
Hull	03-12-76	10-02-77	Brute	Direct Inj.	1.2	<0.1	<0.1	<1	8.5
Hull	03-12-76	15-12-76	Traitée	Sparge	50	1.6	<0.01	<0.1	6.0
Hull	03-12-76	10-02-77	Traitée	Direct Inj.	68	2.5	0.8	<1	6.0

* Sparge 2 ml

Direct Injection 0.005 ml

TABLEAU 2 (suite)

RESULTATS D'ANALYSES EFFECTUEES PAR "INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONSULTANTS"
 POUR LE MINISTERE DE LA SANTE ET DU BIEN-ETRE SOCIAL DU CANADA

MUNICIPALITÉ	Date		Type d'eau	Méthode d'analyse *	Résultats en microgrammes/litre				T.O.C. mg/l
	Prélèvement	Analyse			CHCl ₃	CHCl ₂ Br	CHClBr ₂	CHBr ₃	
Longueuil	30-11-76	10-02-77	Traitée	Direct Inj.	10	2.4	1.3	<1	4.5
Magog	06-12-76	15-12-76	Brute	Sparge	<0.1	0.14	0.01	0.1	7.0
Magog	06-12-76	21-12-76	Brute	Direct Inj.	<0.5	<0.5	0.9	<5	7.0
Magog	06-12-76	15-12-76	Traitée	Sparge	9.6	0.39	0.01	<0.1	3.5
Magog	06-12-76	11-02-77	Traitée	Direct Inj.	9.4	2.0	1.2	<1	3.5
Montréal	01-12-76	14-12-76	Brute	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	2.0
Montréal	01-12-76	10-02-77	Brute	Direct Inj.	2.3	<0.1	<0.1	<1	2.0
Montréal	01-12-76	14-12-76	Traitée	Sparge	3.7	2.5	0.6	<0.1	1.5
Montréal	01-12-76	10-02-77	Traitée	Direct Inj.	6.1	2.5	0.4	<1	1.5
Pierrefonds	02-12-76	14-12-76	Brute	Sparge	6.5	0.33	<0.01	0.2	73
Pierrefonds	02-12-76	21-12-76	Brute	Direct Inj.	9.5	<0.5	<0.1	<5	73
Pierrefonds	02-12-76	14-12-76	Traitée	Sparge	6.4	0.34	<0.01	<0.1	20.5
Pierrefonds	02-12-76	21-12-76	Traitée	Direct Inj.	7.5	<0.5	<0.1	<1	20.5

* Direct Injection 0.005 ml

Sparge 2 ml

TABLEAU 2 (suite).

RESULTATS D'ANALYSES EFFECTUEES PAR "INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONSULTANTS"
 POUR LE MINISTERE DE LA SANTE ET DU BIEN-ETRE SOCIAL DU CANADA

MUNICIPALITÉ	Date		Type d'eau	Méthode d'analyse *	Résultats en microgrammes/litre				T.O.C. mg/l
	Prélèvement	Analyse			C H Cl ₃	C H Cl ₂ Br	C H Cl Br ₂	C H Br ₃	
Lachine	30-11-76	14-12-76	Brute	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	8.5
Lachine	30-11-76	09-02-77	Brute	Direct Inj.	5.1	<0.1	<0.1	<1	8.5
Lachine	30-12-76	14-12-76	Traitée	Sparge	2.0	0.55	<0.01	<0.1	3.5
Lachine	30-12-76	10-02-77	Traitée	Direct Inj.	7.8	0.7	<0.1	<1	3.5
Laval	01-12-76	14-12-76	Brute	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	8.5
Laval	01-12-76	10-02-77	Brute	Direct Inj.	1.4	<0.1	<0.1	<1	8.5
Laval	01-12-76	14-12-76	Traitée	Sparge	17	1.0	<0.01	<0.1	4.0
Laval	01-12-76	10-02-77	Traitée	Direct Inj.	18	0.5	<0.1	<1	4.0
Lévis	05-01-77	17-02-77	Brute	Direct Inj.	<0.5	<0.1	<0.1	<1	5.5
Lévis	05-01-77	15-01-77	Traitée Sta- tion sur réseau	Sparge	4.2	1.2	0.51	0.19	4.0
Lévis	05-01-77	14-01-77	Traitée	Direct Inj.	6.5	0.8	<0.1	<1	4.0
Longueuil	30-11-76	14-12-76	Brute	Sparge	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	6.0
Longueuil	30-11-76	10-02-77	Brute	Direct Inj.	1.2	0.1	<0.1	<1	6.0
Longueuil	30-11-76	14-12-77	Traitée	Sparge	7.4	3.8	1.2	<0.1	4.5

* Sparge 2 ml

Direct Injection 0.005 ml

TABLEAU 2 (suite)

RESULTATS D'ANALYSES EFFECTUEES PAR "INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONSULTANTS"
POUR LE MINISTERE DE LA SANTE ET DU BIEN-ETRE SOCIAL DU CANADA

MUNICIPALITÉ	Date		Type d'eau	Méthode d'analyse *	Résultats en microgrammes/litre				T.O.C. mg/l
	Prélèvement	Analyse			CHCl ₃	CHCl ₂ Br	CHClBr ₂	CHBr ₃	
Rimouski	18-01-77	21-01-77	Brute	Sparge	1.5	0.10	0.06	0.05	6.0
Rimouski	18-01-77	23-01-77	Brute	Direct Inj.	0.9	<0.1	<0.1	<1	5.0
Rimouski	18-01-77	21-01-77	Traitée	Sparge	8.5	0.49	0.06	0.04	5.0
Rimouski	18-01-77	23-01-77	Traitée	Direct Inj.	9.7	0.1	<0.1	<1	5.0
Rivière-du-Loup	07-01-77	16-01-77	Brute	Sparge	1.9	0.18	0.07	0.09	8.5
Rivière-du-Loup	07-01-77	14-01-77	Brute	Direct Inj.	2.0	<0.1	<0.1	<1	8.5
Rivière-du-Loup	07-01-77	16-01-77	Traitée	Sparge	40	1.1	0.05	0.05	3.5
Rivière-du-Loup	07-01-77	14-01-77	Traitée	Direct Inj.	33	1.9	<0.1	<1	3.5
St-Eustache	15-12-76	17-12-76	Brute	Sparge	<0.1	0.02	<0.01	<1	10.0
St-Eustache	15-12-76	11-02-77	Brute	Direct Inj.	2.4	<0.1	<0.1	<1	10.0
St-Eustache	15-12-76	17-12-76	Traitée	Sparge	26	1.2	<0.01	<0.1	5.5
St-Eustache	15-12-76	11-02-77	Traitée	Direct Inj.	36	1.8	<0.1	<1	5.5
Shawinigan	10-12-76	16-12-76	Brute	Sparge	<0.1	0.04	<0.01	<0.1	9.5
Shawinigan	10-12-76	21-12-76	Brute	Direct Inj.	<0.5	<0.5	<0.1	<5	9.5

* Sparge 2 ml

Direct Injection 0.005 ml

TABLEAU 2 (suite)

RESULTATS D'ANALYSES EFFECTUEES PAR "INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONSULTANTS"
 POUR LE MINISTERE DE LA SANTE ET DU BIEN-ETRE SOCIAL DU CANADA

MUNICIPALITÉ	Date		Type d'eau	Méthode d'analyse	Résultats en microgrammes/litre				T.O.C. mg/l
	Prélèvement	Analyse			C H Cl ₃	C H Cl ₂ Br	C H Cl Br ₂	C H Br ₃	
Shawinigan	10-12-76	16-12-76	Traitée	Sparge	16.0	0.33	<0.01	<0.1	10.5
Shawinigan	10-12-76	21-12-76	Traitée	Direct Inj.	20	<0.5	<0.1	<5	10.5
Sherbrooke	07-12-76	16-12-76	Brute	Sparge	<0.1	0.07	<0.01	<0.1	3.0
Sherbrooke	07-12-76	11-02-77	Brute	Direct Inj.	1.1	<0.1	<0.1	<1	3.0
Sherbrooke	07-12-76	16-12-76	Traitée	Sparge	31	1.8	<0.01	<0.1	4.5
Sherbrooke	07-12-76	11-02-77	Traitée	Direct Inj.	44	1.2	<0.01	<1	4.5
Thetford-Mines	08-12-76	15-12-76	Brute	Sparge	<0.1	0.08	<0.01	<0.1	41
Thetford-Mines	08-12-76	21-12-76	Brute	Direct Inj.	8.9	<0.5	<0.1	<5	41
Thetford-Mines	08-12-76	15-12-76	Traitée	Sparge	47	2.1	0.6	0.8	10.0
Thetford-Mines	08-12-76	21-12-76	Traitée	Direct Inj.	68	<0.5	<0.1	<5	10.0
Trois-Rivières	09-12-76	15-12-76	Brute	Sparge	3.8	<0.01	<0.01	<0.1	9.5
Trois-Rivières	09-12-76	20-12-76	Brute	Direct Inj.	1.5	<0.5	<0.1	<5	9.5
Trois-Rivières	09-12-76	15-12-76	Traitée	Sparge	71	0.6	<0.01	<0.1	6.0
Trois-Rivières	09-12-76	10-02-77	Traitée	Direct Inj.	110	2.3	<0.1	4.5	6.0

* Sparge 2 ml

Direct Injection 0.005 ml

ANNEXE 2

L'INDUSTRIE MANUFACTURIERE
AU QUEBEC

SITUATION ECONOMIQUE SECTORIELLE

Bertin Tremblay, Ing.
Direction Machinerie et Matériel de Transport
Direction Générale de l'Industrie
Ministère de l'Industrie et du Commerce

1977

TABLE DES MATIERES

1 - INTRODUCTION

2 - ORIGINE DES DOCUMENTS

3 - LISTE DES DOCUMENTS PRESENTES:

- Introduction du rapport de la D.G.R.P. (MIC)
"L'industrie Manufacturière: Perspectives de croissance par
secteur.
- Textile primaire (D.G.R.P.)
- Papiers et produits connexes (D.G.R.P.)
- Métaux primaires (D.G.R.P.)
- Produits métalliques (D.G.R.P.)
- Métallurgie (D.G.I.)
- Produits chimiques (D.G.R.P.)
- Situation économique du raffinage et de la pétrochimie (D.G.I.)
- Canadian Refinery Capacities
(oil week, June 1977)
- Potentiel de développement de la pétrochimie au Québec (D.G.I.)

1 - INTRODUCTION

Ayant reconnu que l'intervention gouvernementale se situe toujours dans le contexte

"d'une coexistence indubitable des systèmes social, environnemental, économique et politique",

et qu'elle doit

"satisfaire aux conditions et exigences imposées par l'évolution harmonieuse des quatre composantes du supra-système national",

il convient de décrire la situation économique de certains secteurs de l'industrie manufacturière, où des systèmes d'agression sont les plus susceptibles d'être rencontrés.

La connaissance de l'évolution de ces divers groupes d'activités industrielles, leur situation actuelle, leurs problèmes et leurs perspectives de développement principalement, constitue un des éléments qui vont permettre de planifier l'intervention, en respectant les principes que sous-tend la stratégie.

2 - ORIGINE DES DOCUMENTS

Nous présentons en annexe une série de documents, extraits d'une analyse de la Direction des études Industrielles, Direction Générale de la recherche et de la planification (D.G.R.P.) du Ministère de l'Industrie et du Commerce, intitulée "L'Industrie manufacturière: perspectives de croissance par secteur (avril 1977)". Ces analyses sont complétés par les études sectorielles suivantes de la Direction Générale de l'Industrie (D.G.I.):

A - Situation économique du raffinage et de la pétrochimie

Dominique Leturc, Direction des Produits chimiques et Matériaux de construction, Direction Générale de l'Industrie, MIC (juillet 77).

B - Canadian Refinery Capacities

Extrait de Oil Week, juin 1977.

C - Potentiel de Développement de la pétrochimie au Québec

Avila Vendette, Direction des Produits chimiques et Matériaux de construction, Direction générale de l'industrie, MIC (Mai 1977).

D - Métallurgie

Notes d'entrevues avec le groupe métallurgie de la Direction des Produits Chimiques et Matériaux de Construction, Direction Générale de l'Industrie, MIC, Bertin Tremblay (Août 1977).

E - La situation économique de l'Industrie des Pâtes et papiers au Québec

Paul Pellerin, Direction des produits du bois, Direction Générale de l'Industrie, MIC (octobre 1977).

F - Traitement de surface

Cette activité étant très segmentée et faisant partie intégrante de plusieurs entreprises de produits métalliques et électriques, il est très difficile d'en faire l'analyse. Ce travail, déjà amorcé, sera complété plus tard, si nécessaire.

Au nom du Sous-Comité de Stratégie, je remercie tous ceux qui ont collaboré à la préparation de cette annexe sur la situation économique de l'industrie.

L'INDUSTRIE MANUFACTURIERE:
PERSPECTIVES DE CROISSANCE PAR SECTEUR

INTRODUCTION

Avant d'aborder l'évolution particulière de chaque industrie, il est utile d'avoir une vue globale de la structure manufacturière et de son évolution, en examinant les changements survenus dans la composition même de l'activité manufacturière entre 1961 et 1976, et de présenter une image de la structure manufacturière selon la taille des entreprises et en fonction du niveau de contrôle québécois exercé sur ces entreprises.

Vue globale et évolution de la structure

Les tableaux 1, 2, 3 qui reproduisent la répartition de l'activité en termes de valeur ajoutée, d'emploi et de productivité font ressortir des modifications structurelles importantes. Pour rendre l'observation de ces modifications plus significative, des regroupements ont été effectués selon la nature des différentes industries ou la destination de leur production.

Ainsi, prises globalement, les industries qu'on peut considérer comme des industries légères de biens de consommation courante⁽¹⁾,

(1) Aliments et boissons, tabac, cuir, textile, bonneterie, vêtement, imprimerie et édition.

ont vu diminuer leur importance relative. La part de ce groupe dans l'emploi total est passée de 46.9% en 1961 à 42.1% en 1976, pendant que la valeur ajoutée passait de 40.5% à 35.6%. Seule l'industrie de l'imprimerie et édition accroissait son importance relative.

Un deuxième groupe d'activités⁽¹⁾ est directement relié à la transformation des produits forestiers. Ce groupe a maintenu sa part de l'activité manufacturière totale: entre 1961 et 1976, sa contribution à la valeur ajoutée est demeurée à 16.8% pendant que sa part de l'emploi passait de 15.0% à 16.7%. Cette situation est due au fait que l'industrie du papier et des produits connexes connaissait une baisse de 12% de sa valeur ajoutée.

Le groupe de la métallurgie, constitué par les industries 12 et 13 (métaux primaires et produits métalliques), a vu sa participation augmenter entre 1961 et 1976, sa part de la valeur ajoutée étant passée de 13.1% à 13.8% et sa part de l'emploi de 10.5% à 12.0%. L'augmentation de l'importance de l'industrie métallurgique est attribuable surtout à la croissance de la production d'aluminium et d'acier.

Les activités 14 à 16⁽²⁾ constituent dans l'ensemble des industries de biens d'équipements et de biens durables. L'importance

(1) Bois, meubles et accessoires, papiers et produits connexes

(2) Machinerie, matériel de transport, appareils et matériel électriques.

de ce groupe s'est également accrue: en 1976, la part de la valeur ajoutée et celle de l'emploi atteignaient respectivement 14.4% et 15.1%, comparativement à 12.6% et 14% en 1961. L'industrie du matériel de transport a subi de nombreuses fluctuations (construction navale, avionnerie) et le marché des motoneiges a atteint un point de saturation après une croissance rapide dans les premières années de production.

Le dernier groupe⁽¹⁾ est grosso modo rattaché à la production de biens intermédiaires destinés surtout à la construction, (produits minéraux non-métalliques), à la chimie et à la pétrochimie (groupe 3, 18 et 19). Une partie de la production pétrolière et chimique et des produits en caoutchouc est cependant destinée au marché de consommation. Ce groupe d'activités a maintenu une croissance légèrement supérieure à celle de l'ensemble du secteur manufacturier, sa contribution à la valeur ajoutée étant passée de 17.0% en 1961 à 19.4% en 1976, alors que sa participation à l'emploi s'établissait successivement à 13.6% et 14.1%.

Structure manufacturière selon la taille

Le tableau 4 présentant la structure manufacturière en fonction de la taille des entreprises, met en relief que 88.5% des établissements

(1) Produits minéraux non-métalliques, produits du pétrole et du charbon, produits chimiques, produits du caoutchouc et du plastique et industries diverses.

manufacturiers au Québec ont moins de 100 employés, procurant 25.6% de la valeur ajoutée totale. Les groupes majeurs où se retrouve la plus forte concentration de petits établissements (moins de 100 employés) sont: aliments et boissons (91.7%), le vêtement (88.6%), meubles et accessoires (92.7%), imprimerie et édition (96.3%) produits métalliques (91.0%) et industries manufacturières diverses (94.7%).

Par ailleurs, au niveau de l'ensemble manufacturier les grandes entreprises (500 employés et plus) contribuent à 34.5% de la valeur ajoutée même s'ils ne représentent que 1.5% des établissements.

Dans six groupes majeurs plus de la moitié de la valeur ajoutée est redevable à un petit nombre de grands établissements. C'est le cas notamment pour le secteur du tabac où 54% de la valeur ajoutée est attribuable à trois (3) établissements; il en va de même pour le papier et produits connexes où 24 établissements produisent 58% de la valeur ajoutée de tout le secteur, alors que dans le cas de la transformation des métaux primaires, treize établissements comptent pour 75% de la production totale. On retrouve une situation analogue dans le secteur du matériel de transport (11 établissements procurent 68% de la valeur ajoutée) et dans le secteur des appareils et matériel électriques (16 établissements pour 60% de la valeur ajoutée) et enfin pour les produits du pétrole et du charbon (87% de la production redevable à 6 établissements.)

TABLEAU 1
 REPARTITION DE LA VALEUR AJOUTEE PAR GROUPE MAJEUR
 QUEBEC
 1961 - 1974 - 1975 - 1976

GROUPE MAJEUR	VALEUR AJOUTEE MANUFACTURIERE							
	1961		1974		1975		1976	
	\$'000,000	%	\$'000,000	%	\$'000,000	%	\$'000,000	%
1. Aliments et boissons	469.4	14.7	1,115.0	11.6	1,359	13.3	1,442	13.1
2. Produits du tabac	87.8	2.8	167.8	1.7	187	1.8	195	1.8
3. Caoutchouc	36.5	1.1	212.3	2.2	236	2.3	280	2.5
4. Cuir	69.9	2.2	130.2	1.4	137	1.3	149	1.4
5. Textile	220.8	6.9	554.7	5.8	523	5.1	602	5.5
6. Bonneterie	52.1	1.6	179.0	1.9	170	1.7	169	1.5
7. Vêtement	239.5	7.5	648.9	6.7	668	6.6	742	6.7
8. Produits du bois	82.1	2.6	358.6	3.7	361	3.5	415	3.8
9. Meubles et accessoires	66.4	2.1	254.4	2.6	233	2.3	265	2.4
10. Papiers et produits connexes	384.0	12.1	1,164.2	12.1	1,062	10.4	1,168	10.6
11. Imprimerie et édition	169.6	4.8	485.3	5.0	534	5.2	616	5.6
12. Métaux primaires	217.8	6.8	766.7	8.0	695	6.8	722	6.6
13. Produits métalliques	199.5	6.3	710.4	7.4	756	7.4	797	7.2
14. Machinerie	67.9	2.1	277.7	2.9	342	3.4	315	2.9
15. Matériel de transport	165.9	5.2	481.4	5.0	660	6.5	654	5.9
16. Appareils et matériel élect.	169.7	5.3	550.5	5.7	579	5.7	621	5.6
17. Produits minéraux non mét.	111.8	3.5	340.7	3.5	405	4.0	393	3.6
18. Produits du pétrole et du charbon	82.8	2.6	343.9	3.6	347	3.4	416	3.8
19. Produits chimiques	224.3	7.0	648.3	6.7	714	7.0	791	7.2
20. Industries manufacturières diverses	88.5	2.8	243.8	2.5	238	2.3	255	2.3
TOTAL	3,206.4	100.0	9,633.7	100.0	10,206	100.0	11,007	100.0

SOURCE: Statistique Canada.

TABLEAU 2
REPARTITION DE L'EMPLOI PAR GROUPE MAJEUR
QUEBEC
1961 - 1974 - 1975 - 1974

GROUPE MAJEUR	EMPLOI							
	1961		1974		1975*		1976**	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
1. Aliments et boissons	55,264	12.2	56,840	10.5	54,828	10.7	56,583	11.0
2. Produits du tabac	7,105	1.6	5,818	1.1	5,570	1.1	5,670	1.1
3. Caoutchouc	6,295	1.4	13,822	2.6	12,685	2.5	12,711	2.5
4. Cuir	17,411	3.9	12,564	2.3	11,878	2.3	11,641	2.3
5. Textile	39,648	8.8	39,044	7.2	34,284	6.7	33,839	6.6
6. Bonneterie	11,493	2.5	16,026	3.0	15,496	3.0	14,519	2.8
7. Vêtement	60,456	13.4	67,139	12.4	65,732	12.8	68,031	13.3
8. Produits du bois	17,611	3.9	24,771	4.6	23,599	4.6	25,298	4.9
9. Meubles et accessoires	12,982	2.9	20,051	3.7	17,864	3.5	18,275	3.6
10. Papiers et produits connexes	37,216	8.2	45,367	8.4	41,519	8.1	42,102	8.2
11. Imprimerie et édition	21,063	4.5	25,289	4.7	25,607	5.0	25,864	5.0
12. Métaux primaires	20,286	4.5	30,267	5.6	29,671	5.7	24,331	4.7
13. Produits métalliques	27,320	6.0	39,161	7.2	36,592	7.1	36,886	7.3
14. Machinerie	10,016	2.2	17,487	3.2	17,737	3.4	16,602	3.2
15. Matériel de transport	25,872	5.7	30,006	5.5	30,945	6.0	31,935	6.2
16. Appareils et matériel électriques	27,671	6.1	33,692	6.2	30,412	5.9	29,226	5.7
17. Produits minéraux non métalliques	13,334	2.9	15,545	2.9	15,638	3.0	14,355	2.8
18. Produits du pétrole et du charbon	3,711	0.8	3,254	0.6	n.d.	-	n.d.	-
19. Produits chimiques	22,964	5.1	26,779	4.9	27,377	5.3	27,788	5.4
20. Industries manufacturières diverses	15,483	3.4	18,578	3.4	16,837	3.3	17,442	3.4
TOTAL	453,201	100.0	541,500	100.0	516,521	100.0	514,469	100.0

* Chiffres provisoires. ** Chiffres estimatifs, n.d.: non défini.

SOURCES: Industries manufacturières du Canada: niveaux National et provincial (31-203) Statistique Canada, Direction de l'analyse et de la prévision économiques, Direction générale de la recherche et de la planification, MIC.

TABIEAU 3
REPARTITION DE LA PRODUCTIVITE PAR GROUPE MAJEUR

QUEBEC

1961 - 1974- 1975 - 1976

(en dollars courants)

GROUPE MAJEUR	VALEUR AJOUTEE PAR HEURE/HOMME			
	1961	1974	1975*	1976*
1. Aliments et boissons	6.38	14.64	17.67	19.96
2. Produits du tabac	7.23	21.88	28.39	34.24
3. Caoutchouc	4.09	9.84	10.70	12.10
4. Cuir	2.40	5.68	6.61	7.53
5. Textile	3.23	8.62	10.55	12.57
6. Bonneterie	2.56	6.00	6.81	7.67
7. Vêtements	2.49	5.58	6.65	7.59
8. Produits du bois	2.55	7.80	10.09	11.69
9. Meubles et accessoires	2.88	6.99	8.37	9.74
10. Papiers et produits connexes	6.01	15.74	19.74	25.09
11. Imprimerie et édition	6.32	15.60	18.91	22.08
12. Métaux primaires	7.10	15.11	16.76	18.53
13. Produits métalliques	4.76	11.21	14.30	17.45
14. Machinerie	6.25	11.94	14.57	16.73
15. Matériel de transport	4.37	10.94	12.07	13.20
16. Appareils et matériel électriques	5.47	12.12	14.40	16.28
17. Produits minéraux non métalliques	5.00	13.98	17.21	19.17
18. Produits du pétrole et du charbon	18.92			
19. Produits chimiques	9.99	24.18	30.06	35.58
20. Industries manufacturières diverses	3.72	8.01	9.81	11.46
TOTAL	4.71	11.45	13.97	16.29

SOURCES: Statistique Canada, MIC Québec (Recherche et planification)

* : Chiffres estimés, basés sur l'accroissement annuel moyen du ratio productivité/rénumérations (hebdomadaires) de 1970-1974.

TABLEAU 4

STRUCTURE MANUFACTURIERE SELON LA TAILLE DES ENTREPRISES

1973

Groupe majeur	Taille total	Etablissements		Emploi à la production		Valeur ajoutée manufacturière	
		Nombre	%	Nombre	%	\$'000	%
Aliments et boissons	0 - 99	1,337	91.76	13,811	36.62	293,374	28.84
	100 - 199	63	4.32	5,978	15.85	160,246	15.75
	200 - 499	42	2.88	9,078	24.07	216,438	21.28
	500 +	15	1.03	8,844	23.45	347,055	34.12
	TOTAL	1,457	100.00	37,711	100.00	1,017,113	100.00
Produits du tabac	0 - 99	7	50.00	172	4.06	2,962	2.05
	100 - 199	-	-	-	-	-	-
	200 - 499	4	28.57	1,303	30.76	62,983	43.69
	500 +	3	21.43	2,761	65.18	78,223	54.26
	TOTAL	14	100.00	4,236	100.00	144,168	100.00
Caoutchouc	0 - 99	170	85.43	3,536	34.51	64,366	34.02
	100 - 199	14	7.04	1,750	17.08	30,385	16.06
	200 - 499	10	5.03	2,063	20.13	42,034	22.22
	500 +	5	2.51	2,898	28.28	52,403	27.70
	TOTAL	199	100.00	10,247	100.00	189,188	100.00
Cuir	0 - 99	161	78.54	3,929	34.36	39,951	35.85
	100 - 199	33	16.10	4,175	36.51	41,369	37.13
	200 - 999	11	5.37	3,332	29.14	30,105	27.02
	TOTAL	205	100.00	11,436	100.00	111,425	100.00
Textile	0 - 99	281	74.34	5,295	16.99	67,019	14.36
	100 - 199	37	9.79	4,476	14.36	69,924	13.92
	200 - 499	45	10.90	11,319	36.33	175,155	37.54
	500 +	15	3.97	10,070	32.32	159,451	34.18
	TOTAL	378	100.00	31,160	100.00	466,549	100.00

à suivre ...

TABLEAU 4

STRUCTURE MANUFACTURIÈRE SELON LA TAILLE DES ENTREPRISES

1973

(SUITE)

Groupe majeur	Taille total	Etablissements		Emploi à la production		Valeur ajoutée manufacturière	
		Nombre	%	Nombre	%	\$'000	%
Bonneterie	0 - 99	146	73.37	4,151	29.28	49,582	31.46
	100 - 199	35	17.59	4,469	31.52	48,507	30.77
	200 - 499	15	7.54	3,857	27.20	44,414	28.18
	500 +	3	1.51	1,701	12.00	15,124	9.59
	TOTAL	199	100.00	14,178	100.00	157,627	100.00
Vêtement	0 - 99	1,322	88.67	30,399	50.02	299,057	52.45
	100 - 199	126	8.45	15,911	26.18	139,673	24.50
	200 - 499	36	2.41	10,002	16.46	90,236	7.22
	500 +	7	0.47	4,466	7.35	41,191	7.22
	TOTAL	1,491	100.00	60,778	100.00	570,157	100.00
Produits du bois	0 - 99	968	94.35	12,325	56.52	172,256	50.03
	100 - 199	38	3.70	4,661	21.37	77,752	22.58
	200 - 999	20	1.95	4,822	22.11	94,305	27.39
	TOTAL	1,026	100.00	21,808	100.00	344,313	100.00
Meubles et accessoires	0 - 99	705	92.76	7,781	46.51	93,149	42.90
	100 - 199	37	4.87	4,524	27.04	61,046	28.11
	200 - 999	18	2.37	4,426	26.45	62,952	28.99
	TOTAL	760	100.00	16,731	100.00	217,147	100.00
Papiers et produits connexes	0 - 99	123	58.85	3,071	9.89	52,632	7.05
	100 - 199	28	13.40	3,026	9.75	63,043	8.45
	200 - 499	34	16.27	8,253	26.59	194,715	26.09
	500 +	24	11.48	16,689	53.77	435,797	58.40
	TOTAL	209	100.00	31,039	100.00	746,187	100.00

à suivre...

STRUCTURE MANUFACTURIERE SELON LA TAILLE DES ENTREPRISES

1973

(SUITE)

Groupe majeur	Taille total	Etablissements		Emploi à la production		Valeur ajoutée manufacturière	
		Nombre	%	Nombre	%	\$'000	%
Imprimerie et édition	0 - 99	1,023	96.33	7,755	51.78	173,418	41.44
	100 - 199	19	1.79	1,649	11.01	41,719	9.97
	200 - 499	12	1.13	2,895	19.33	68,097	16.27
	500 +	8	0.75	2,679	17.89	135,238	32.32
	TOTAL	1,062	100.00	14,978	100.00	418,472	100.00
Métaux primaires	0 - 99	61	62.24	1,736	9.15	35,836	6.45
	100 - 199	14	14.29	1,601	8.44	28,499	5.13
	200 - 499	10	10.20	2,609	13.75	72,654	13.07
	500 +	13	13.27	13,025	68.66	418,784	75.35
	TOTAL	98	100.00	18,971	100.00	555,773	100.00
Produits métalliques	0 - 99	877	90.98	11,044	39.54	170,684	31.49
	100 - 199	50	5.19	5,537	19.82	101,911	18.80
	200 - 499	30	3.11	7,133	25.54	166,946	30.80
	500 +	7	0.73	4,218	15.10	102,541	18.92
	TOTAL	964	100.00	27,932	100.00	542,082	100.00
Machinerie	0 - 99	144	80.45	2,775	28.95	52,739	24.96
	100 - 199	16	8.94	1,410	14.71	25,973	12.29
	200 - 499	14	7.82	2,133	22.25	50,816	24.05
	500 +	5	2.79	3,269	34.10	81,740	38.69
	TOTAL	179	100.00	9,587	100.00	211,268	100.00
Matériel de transport	0 - 99	171	81.43	3,103	14.00	46,336	11.82
	100 - 199	16	7.62	1,869	8.43	27,324	6.97
	200 - 499	12	5.71	2,766	12.48	49,886	12.73
	500 +	11	5.24	14,427	65.09	268,416	68.48
	TOTAL	210	100.00	22,165	100.00	391,962	100.00

à suivre...

TABLEAU 4

STRUCTURE MANUFACTURIERE SELON LA TAILLE DES ENTREPRISES

1973

(SUITE)

Groupe majeur	Taille total	Etablissements		Emploi à la production		Valeur ajoutée manufacturière	
		Nombre	%	Nombre	%	\$'000	%
Appareils et matériel électriques	0 - 99	120	71.01	2,896	15.03	51,027	12.22
	100 - 199	21	12.43	2,328	12.08	44,517	10.66
	200 - 499	12	7.10	2,589	13.44	71,468	17.12
	500 +	16	9.47	11,456	59.45	250,409	59.99
	TOTAL	169	100.00	19,269	100.00	417,421	100.00
Produits minéraux non métalliques	0 - 99	281	89.21	4,245	39.09	97,964	35.55
	100 - 199	21	6.67	2,308	21.25	70,756	25.67
	200 - 499	10	3.17	2,450	22.56	68,977	25.03
	500 +	3	0.95	1,856	17.09	37,902	13.75
	TOTAL	315	100.00	10,859	100.00	275,599	100.00
Produits du pétrole et du charbon	0 - 49	13	54.17	136	6.57	4,745	2.74
	50 - 199	5	20.83	315	15.22	16,583	9.59
	200 - 999	6	25.00	1,619	78.21	151,632	87.67
	TOTAL	24	100.00	2,070	100.00	172,960	100.00
Produits chimiques	0 - 99	258	81.39	3,100	25.09	117,150	22.56
	100 - 199	28	8.83	2,027	16.41	89,503	17.24
	200 - 499	23	7.26	4,408	35.68	175,149	33.73
	500 +	8	2.52	2,819	22.82	137,488	26.48
	TOTAL	317	100.00	12,354	100.00	519,290	100.00

à suivre ...

STRUCTURE MANUFACTURIERE SELON LA TAILLE DES ENTREPRISES

1973

(SUITE)

Groupe majeur	Taille total	Etablissements		Emploi à la production		Valeur ajoutée manufacturière	
		Nombre	%	Nombre	%	\$'000	%
Industries manufacturiè- res diverses	0 - 99	636	94.78	6,642	47.41	91,533	44.85
	100 - 199	15	2.24	1,607	11.47	22,484	11.02
	200 - 499	17	2.53	4,238	30.25	68,065	33.35
	500 +	3	0.45	1,522	10.86	21,987	10.77
	TOTAL	671	100.00	14,009	100.00	204,069	100.00
TOTAL MANUFACTURIER	0 - 99	8,808	88.55	128,098	32.72	1,979,855	25.80
	100 - 199	612	6.15	69,425	17.73	1,152,138	15.02
	200 - 499	376	3.78	88,947	22.72	1,895,528	24.70
	500 +	151	1.52	105,048	26.83	2,645,248	34.48
	TOTAL	9,947	100.00	391,518	100.00	7,672,769	100.00

Niveau de contrôle québécois par groupe majeur

Il existe très peu de données permettant de mesurer de façon adéquate et exhaustive le degré de propriété ou de contrôle des entreprises québécoises. Cependant une analyse de l'origine des immobilisations par secteur pour une année donnée permet d'avoir un bon indicateur de la situation.

Le tableau 5, constitue un échantillon très représentatif par secteur des immobilisations selon qu'elles sont d'origine québécoise-francophone, québécoise-anglophone, canadienne (autre que québécoise ou étrangère).

On peut établir à partir de ce tableau que les immobilisations ont été majoritairement (plus de 50%) québécoise-francophone dans un seul secteur soit celui du bois. Par ailleurs elles ont été majoritairement québécoises dans huit secteurs, soit ceux des aliments et boissons, du cuir, du textile, de la bonneterie, du vêtement, du meuble, de l'imprimerie et de l'édition et enfin des métaux primaires.

Par ailleurs on constate que l'origine des immobilisations fut majoritairement d'origine étrangère (au Canada) dans sept secteurs manufacturiers québécois: le tabac, caoutchouc et matières plastiques, pâtes et papiers, appareils électriques, pétrole et charbon, produits chimiques et industries manufacturières diverses.

Il faut bien voir que ceci est une prise de vue instantanée de la structure des immobilisations manufacturières québécoises pour une seule année (1973) et ne constitue de ce fait qu'un indicateur du niveau de propriété québécoise des différents secteurs manufacturiers. Un exercice semblable pour une période de trois années est actuellement en cours et devrait apporter plus de rigueur aux observations précédentes.

TABLEAU 5

REPARTITION DES IMMOBILISATIONS MANUFACTURIERES

SELON LEUR ORIGINE

QUEBEC, 1973

Origine	Groupe Majeur	Aliments & Boissons	Produits du Tabac	Caoutchouc	Cuir	Textile
<i>Québécois francophones</i>						
-	Nombre d'établissements	418	-	26	45	27
-	Immobilisations (\$'000)	20,860	-	3,172	1,833	4,571
-	Expéditions (\$'000)	761,388	-	44,884	44,488	62,086
<i>Québécois anglophones</i>						
-	Nombre d'établissements	74	2	25	33	98
-	Immobilisations (\$'000)	9,244	189	2,008	567	21,425
-	Expéditions (\$'000)	226,020	2,075	54,362	39,649	360,843
<i>Canadiens (non québécois)</i>						
-	Nombre d'établissements	35	1	7	4	9
-	Immobilisations (\$'000)	10,072	941	1,319	351	2,886
-	Expéditions (\$'000)	401,936	31,465	8,751	9,784	48,738
<i>Etrangers</i>						
-	Nombre d'établissements	71	9	25	10	34
-	Immobilisations (\$'000)	18,732	5,411	15,914	871	11,595
-	Expéditions (\$'000)	633,596	214,655	149,378	26,408	271,001
<i>Total de l'échantillon</i>						
-	Nombre d'établissements	568	12	83	92	168
-	Immobilisations (\$'000)	58,908	6,541	22,413	3,622	40,477
-	Expéditions (\$'000)	2,022,940	248,195	257,375	120,329	742,668
<i>Total de la population</i>						
-	Nombre d'établissements					
-	Immobilisations (\$'000)	79,200	-	25,500	4,900	49,200
-	Expéditions (\$'000)	3,245,057	272,109	361,249	220,890	1,125,205

TABLEAU 5
REPARTITION DES IMMOBILISATIONS MANUFACTURIERES
SELON LEUR ORIGINE
QUEBEC, 1973
(Suite)

Origine	Groupe majeur	Bonneterie	Vêtement	Produits du bois	Meubles et accessoires	Papiers et produits connexes
<i>Québécois francophones</i>						
-	Nombre d'établissements	21	74	150	83	24
-	Immobilisations (\$'000)	1,804	1,110	33,539	4,772	6,230
-	Expéditions (\$'000)	25,286	65,766	162,870	90,287	91,705
<i>Québécois anglophones</i>						
-	Nombre d'établissements	74	356	25	53	59
-	Immobilisations (\$'000)	6,600	4,130	1,606	3,901	32,025
-	Expéditions (\$'000)	138,887	438,958	38,103	73,066	561,237
<i>Canadiens (non québécois)</i>						
-	Nombre d'établissements	-	6	4	5	18
-	Immobilisations (\$'000)	-	291	3,441	235	11,182
-	Expéditions (\$'000)	-	18,484	25,385	10,087	228,338
<i>Etrangers</i>						
-	Nombre d'établissements	9	16	7	5	27
-	Immobilisations (\$'000)	1,075	2,876	359	473	122,007
-	Expéditions (\$'000)	30,659	35,142	9,599	19,437	411,166
<i>Total de l'échantillon</i>						
-	Nombre d'établissements	104	452	186	146	130
-	Immobilisations (\$'000)	9,479	8,407	38,945	9,581	171,444
-	Expéditions (\$'000)	194,832	558,350	235,957	192,877	1,292,446
<i>Total de la population</i>						
-	Nombre d'établissements					
-	Immobilisations (\$'000)	13,100	12,600	56,400	13,400	178,500
-	Expéditions (\$'000)	358,354	1,240,902	699,162	422,372	1,641,868

à suivre...

TABLEAU 5

REPARTITION DES IMMOBILISATIONS MANUFACTURIERES

SELON LEUR ORIGINE

QUEBEC, 1973

(Suite)

Origine	Groupe majeur	Imprimerie & édition	Métaux primaires	Produits métalliques	Machinerie	Matériel de transport
<i>Québécois francophones</i>						
-	Nombre d'établissements	83	11	111	22	28
-	Immobilisations (\$'000)	5,904	3,058	7,137	594	8,755
-	Expéditions (\$'000)	113,478	97,050	149,622	21,700	325,583
<i>Québécois anglophones</i>						
-	Nombre d'établissements	45	15	62	16	5
-	Immobilisations (\$'000)	3,440	30,487	8,119	2,744	866
-	Expéditions (\$'000)	53,563	378,645	185,808	16,959	25,236
<i>Canadiens (non québécois)</i>						
-	Nombre d'établissements	13	14	14	1	5
-	Immobilisations (\$'000)	2,380	46,270	4,928	49	693
-	Expéditions (\$'000)	88,927	290,102	66,694	2,487	28,129
<i>Etrangers</i>						
-	Nombre d'établissements	5	15	28	23	15
-	Immobilisations (\$'000)	479	14,918	2,853	6,025	9,566
-	Expéditions (\$'000)	14,073	208,821	125,975	190,016	608,103
<i>Total de l'échantillon</i>						
-	Nombre d'établissements	146	55	215	62	53
-	Immobilisations (\$'000)	12,203	94,733	23,037	9,412	19,880
-	Expéditions (\$'000)	270,041	974,618	528,099	231,162	987,051
<i>Total de la population</i>						
-	Nombre d'établissements					
-	Immobilisations (\$'000)	17,600	114,400	36,900	11,700	22,900
-	Expéditions (\$'000)	646,603	1,219,501	1,040,293	374,425	978,990

à suivre...

TABLEAU 5

REPARTITION DES IMMOBILISATIONS MANUFACTURIERES

SELON LEUR ORIGINE

QUEBEC, 1973

(Suite et fin)

Origine	Groupe majeur	Appareils et matériel électriques	Prod. des minéraux	Prod. du pétrole et du charbon	Produits chimiques	Industries manufactu- rières di- verses	Total
<i>Québécois francophones</i>							
-	Nombre d'établissements	10	68	3	25	39	1,268
-	Immobilisations (\$'000)	564	16,896	259	1,916	970	123,944
-	Expéditions (\$'000)	20,366	96,632	2,512	50,999	41,632	226,833
<i>Québécois anglophones</i>							
-	Nombre d'établissements	21	12	-	23	38	1,006
-	Immobilisations (\$'000)	2,608	2,643	-	1,455	1,943	136,000
-	Expéditions (\$'000)	93,212	41,568	-	33,503	40,967	2,802,661
<i>Canadiens (non québécois)</i>							
-	Nombre d'établissements	12	8	-	8	9	173
-	Immobilisations (\$'000)	7,569	8,136	-	1,072	369	102,184
-	Expéditions (\$'000)	230,491	41,444	-	18,016	15,555	1,564,813
<i>Etrangers</i>							
-	Nombre d'établissements	43	27	11	90	26	498
-	Immobilisations (\$'000)	15,233	19,786	45,966	26,841	4,280	325,260
-	Expéditions (\$'000)	288,973	110,287	600,882	594,829	92,623	4,635,623
<i>Total de l'échantillon</i>							
-	Nombre d'établissements	86	115	14	146	112	2,945
-	Immobilisations (\$'000)	25,974	47,461	46,225	31,284	7,562	687,388
-	Expéditions (\$'000)	633,042	289,931	603,394	697,347	190,777	11,271,431
<i>Total de la population</i>							
-	Nombre d'établissements						
-	Immobilisations (\$'000)	34,200	54,400	46,800	54,500	11,400	940,200
-	Expéditions (\$'000)	794,817	473,142	991,917	968,312	389,744	17,464,942

TABLEAU 6
PART DU QUEBEC ET DE L'ONTARIO DANS LE CANADA PAR GROUPE MAJEUR
1961 - 1974
(en pourcentage)

GROUPE MAJEUR	VALEUR AJOUTEE				EMPLOI TOTAL			
	QUEBEC/CANADA		ONTARIO/CANADA		QUEBEC/CANADA		ONTARIO/CANADA	
	1961	1974	1961	1974	1961	1974	1961	1974
1. Aliments et boissons	27.4	25.0	44.0	44.6	26.2	26.0	40.5	39.3
2. Produits du tabac	69.1	55.4	30.9	44.6	68.4	60.6	28.7	37.0
3. Caoutchouc	24.9	22.7	70.8	69.0	30.1	25.5	64.1	64.1
4. Cuir	49.8	46.3	46.5	47.1	52.3	47.5	43.2	48.9
5. Textile	56.0	48.9	39.7	45.8	61.1	51.2	34.4	42.8
6. Bonneterie	51.4	64.6	41.6	27.7	50.7	62.7	41.4	28.7
7. Vêtement	63.3	65.3	26.8	22.8	64.8	66.0	24.8	21.8
8. Produits du bois	18.8	21.0	18.6	19.0	21.4	23.2	19.5	19.3
9. Meubles et accessoires	36.1	37.0	48.9	49.9	38.8	38.9	46.5	48.0
10. Papier et produits connexes	35.9	30.0	33.5	30.9	37.8	34.6	38.0	36.1
11. Imprimerie et édition	26.5	29.0	53.8	50.6	26.8	27.3	52.2	51.4
12. Métaux primaires	24.5	26.0	60.8	58.3	22.7	24.7	60.2	59.5
13. Produits métalliques	26.4	23.4	58.6	59.4	27.0	25.4	57.2	58.2
14. Machinerie	19.2	17.8	73.2	65.7	19.8	19.5	70.4	63.9
15. Matériel de transport	21.5	13.7	68.1	74.5	26.1	17.5	59.4	66.4
16. Appareils et matériel électriques	27.4	24.9	68.5	68.9	31.0	25.3	64.3	67.9
17. Produits minéraux non métalliques	29.3	26.2	48.0	49.8	30.8	27.2	48.1	49.8
18. Produits du pétrole et du charbon	28.6	35.5	31.2	31.6	22.6	18.7	41.7	54.1
19. Produits chimiques	29.4	27.8	58.4	59.8	36.3	32.8	53.5	56.2
20. Industries manufacturières diverses	27.9	25.2	65.2	67.2	30.3	28.6	61.4	61.2
TOTAL	30.6	27.5	50.3	51.5	33.5	30.3	47.2	49.6

SOURCE: Statistique Canada.

TEXTILE PRIMAIRE

Evolution

L'industrie du textile est l'une des plus anciennes industries du Québec, elle demeure aujourd'hui encore assez importante puisqu'elle emploie 6.6% de la main-d'oeuvre manufacturière en 1976 et s'attribue 5.5% de la valeur ajoutée. Cette industrie a néanmoins perdu un peu de son importance: en 1961 elle occupait 8.8% de la main-d'oeuvre et produisait 6.9% de la valeur ajoutée.

Pour le Québec, le textile a été un secteur de spécialisation par rapport au reste du Canada, quoique l'importance relative de l'industrie au Québec ait quelque peu décliné: en 1961, le rapport Québec/Canada était de 60.1% pour l'emploi et 56% pour la valeur ajoutée; en 1974, ces pourcentages passaient à 51% et 49% respectivement.

C'est à partir de 1952 que l'industrie québécoise du textile devait commencer à décliner, après avoir connu un essor prodigieux au lendemain de la deuxième guerre mondiale et pendant la guerre de Corée. Plus près de nous, dans la période 1966-1976 on décèle cependant une certaine stabilisation de l'industrie: en effet, si tout au long de cette période l'emploi a diminué de 2.1% par année en moyenne,

il reste qu'on assiste presque régulièrement à des phases de reprise qui suivent les phases de récession (notamment en 1967, 1972-1973). Par ailleurs, les immobilisations ont accusé de fortes augmentations entre 1973 et 1975, pour ensuite connaître une forte chute en 1976 et 1977 (tableau 7).

Parallèlement pour la période 1966 à 1974 la valeur des expéditions pondérée par l'indice des prix de vente canadiens a augmenté au taux annuel moyen de 2.8%. En fait la croissance a été encore plus rapide si l'on ne considère que les années 1966 à 1972, soit à un taux de 5.1%, car en 1973 les expéditions en termes réels n'ont augmenté que de 1.2% et en 1974 elles ont baissé de 9.3%. En 1975, elles ont connu une seconde baisse de 4% pour remonter la pente avec un taux de croissance de 7.2% en 1976.

Dans l'ensemble, le secteur a connu depuis une vingtaine d'années de nombreuses transformations qui lui ont valu des progrès technologiques énormes. Le développement des fibres synthétiques et leur mélange aux fibres naturelles a permis d'améliorer et de diversifier les textiles. Mais comme les progrès se sont généralisés partout, la concurrence a continué de se faire très vive sur les marchés.

Situation actuelle et problématique

L'industrie du textile affronte de nombreux problèmes au Québec qui se traduisent par une diminution de la part du marché canadien détenue par les producteurs québécois. Parallèlement, la part des importations est de plus en plus grande. En 1961, chaque Canadien consommait en moyenne 30 lbs de tissu, dont 20 lbs étaient produites par l'industrie locale. En 1975, sur les 44 lbs consommées par Canadien, il y avait toujours 20 lbs provenant de l'industrie canadienne.

En effet, même si les efforts déployés par les producteurs canadiens pour utiliser une technologie de pointe sont encourageants, il reste qu'ils sont supplantés par ceux de plusieurs pays, notamment les Etats-Unis, l'Allemagne et le Japon. Il faut ajouter que dans le secteur textile le Canada est un importateur de technologie plutôt qu'un innovateur.

Dans la structure des importations, la présence des pays en voie de développement se manifeste de plus en plus, mais leurs expéditions au Canada sont inférieures à celles des Etats-Unis et de la CEE. Les Etats-Unis accaparent plus de la moitié des importations canadiennes et leurs exportations vers le Canada augmentent presque aussi rapidement que celles des pays en voie de développement, ce qui démontre que les producteurs canadiens ont de plus en plus de difficulté à concurrencer même les pays développés.

La difficulté de concurrencer les pays développés est due à plusieurs raisons: les barrières tarifaires et non tarifaires de ces autres pays, qui sont pour certains produits plus élevées que les nôtres; nos salaires qui sont les plus élevés du monde dans le textile; l'échelle réduite de production; le fait que tout produit nouveau en textile a une très faible durée d'exclusivité ou "lead time" avant d'être produit par les pays à bas coûts.

Prévisions

La tendance actuellement observée dans l'industrie québécoise du textile est au redressement, mais celui-ci est plutôt timide. En 1976, la valeur des expéditions a dépassé de 15.1% celle enregistrée dans la période équivalente en 1975, mais les prix paraissent avoir augmenté d'environ 7%, et cette augmentation s'est accompagnée d'un accroissement presque nul de la valeur des stocks. Quoique la capacité de production (mesurée à l'échelle canadienne) soit davantage utilisée depuis la fin de 1975, elle demeure encore loin de la pleine utilisation (81.5% au deuxième trimestre de 1976). On peut se demander si l'année 1977 ne sera pas une année de stagnation; il paraît peu probable que l'industrie puisse fonctionner à pleine capacité d'ici la fin de 1977. A plus long terme, la croissance de l'industrie est conditionnée par sa capacité à résoudre les problèmes structurels dont elle est affectée.

Si l'on admet comme objectif global une restructuration de l'industrie du textile, qui se traduirait, suivant les cas, soit par la modernisation des équipements et des méthodes de gestion, soit par la spécialisation, soit par des regroupements d'entreprises, il importe que la réalisation d'un tel objectif puisse s'effectuer de manière à ne pas nuire au développement régional et à la stabilité de l'emploi. Pour concilier ces diverses préoccupations, il faudrait que la politique de restructuration de l'industrie s'accompagne de mesures protectionnistes. De la sorte, la restructuration ne s'appliquerait qu'aux branches de l'industrie du textile qui offrent les meilleures possibilités, soit en termes de potentiel de croissance, soit en termes d'avantages comparatifs par rapport à d'autres pays; les autres branches feraient alors l'objet d'une protection douanière accrue, à condition qu'elles soient viables et présentent une importance reconnue en ce qui concerne leurs effets sur l'économie régionale ou le niveau de l'emploi.

Cependant les investissements pour les années 1976 et 1977 semblent nous indiquer un mauvais présage puisqu'ils sont très faibles.

TABLEAU 7

TEXTILE

QUEBEC

1966 - 1977

Années	EMPLOI TOTAL		MASSE SALARIALE		EXPEDITIONS		IMMOBILISATIONS		PRODUCTIVITE	
	Nombre	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	V.A.H. \$ courants	Δ %
1966	42,533		184.0		703.8		38.9		4.25	
1967	43,835	3.1	198.3	7.8	757.0	7.5	25.0	-35.7	4.40	3.5
1968	39,619	-9.6	190.2	-4.1	805.6	6.4	21.3	-14.8	4.95	12.5
1969	39,690	0.2	203.2	6.8	852.2	5.8	34.1	60.1	5.49	10.9
1970	37,197	-6.3	205.1	0.9	823.6	-3.4	44.7	31.1	5.62	2.4
1971	36,615	-1.6	217.9	6.2	865.4	5.1	39.0	-12.8	5.84	3.9
1972	38,783	5.9	245.1	12.5	982.7	13.6	47.7	22.3	6.40	9.6
1973	40,080	3.3	270.3	10.3	1,125.2	14.5	49.2	3.1	7.07	10.5
1974	39,044	-2.6	294.4	8.9	1,272.4	13.1	83.2	69.1	8.62	21.9
1975	34,284*	-12.2	299.8*	1.8	1,234.4	-3.0	92.8*	11.5	10.55	22.4
1976	33,839	-1.3	337.1**	12.4	1,421.0*	15.1	44.0	-52.6	12.57	19.1
1977							38.2	-13.2		

* Chiffre préliminaire

** Chiffre estimé

SOURCES: Statistique Canada

Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec (Recherche et planification).

PAPIER ET PRODUITS CONNEXES

Des vingt groupes majeurs qui composent l'activité manufacturière, l'industrie du papier et des produits connexes est celle qui fournit la valeur ajoutée la plus élevée, soit \$1.168 millions en 1976 représentant 10.6% de la valeur ajoutée totale. En termes de valeur des expéditions (10.8%), elle arrive en deuxième position après l'industrie des aliments et boissons, tandis qu'en termes d'emploi (8.2%) elle occupe le troisième rang après le vêtement et les aliments et boissons. C'est dire l'importance de cette activité, qui constitue d'ailleurs l'exploitation industrielle la plus importante de l'une des principales ressources naturelles du Québec.

Evolution

Sur l'ensemble de la période 1966-1974, l'industrie québécoise des papiers et produits connexes a affiché une performance plutôt moyenne quant à la croissance de ses expéditions, le taux d'accroissement réel ayant été de 3.5% par année. De 1974 à 1975, elle a connu une forte période de ralentissement (-23%) pour reprendre en 1976 avec un taux de croissance de 7%. L'emploi n'a pratiquement pas augmenté (tableau 8). Mais il faut dire que le taux moyen de croissance dissimule des fluctuations assez amples qui sont le contrecoup des fluctuations conjoncturelles enregistrées sur le marché mondial, ponctuées par des grèves et fermetures d'usines. La croissance de cette industrie a été plus faible au Québec qu'au

Canada, de sorte que la part du Québec dans la valeur ajoutée canadienne a décru, passant de 35.9% en 1961 à 30% en 1974. Il est à remarquer qu'en Ontario également l'importance relative de l'industrie a diminuer, plaçant cette province presque à égalité avec le Québec. Par contre, si l'on considère uniquement l'industrie des pâtes et papiers (la plus importante branche du groupe des papiers et produits connexes), le Québec arrive en tête avec 37% de la valeur ajoutée canadienne, comparativement à 26% pour l'Ontario. Entre 1961 et 1974, le pourcentage n'a diminué que très légèrement au Québec (-0.6%) alors qu'en Ontario il a baissé de 3%. Pour tous les autres produits connexes (cartons pliants et boîtes montées, boîtes en carton ondulé, transformations diverses du papier), le Québec est dépassé par l'Ontario.

La stagnation qui a marqué le début des années '70 a été suivie d'une bonne reprise à partir de 1972. L'optimisme qui a prévalu alors s'est traduit par un accroissement spectaculaire des immobilisations pendant trois années consécutives, soit en 1972, 1973 et 1974⁽¹⁾. L'année 1974 a été une année record pour l'industrie du papier. Parallèlement, le taux d'utilisation de la capacité canadienne de production est remonté graduellement, passant de 86% en 1971 à 91.2% en 1974, ce qui a permis d'accroître les inventaires en prévisions des grèves anticipées dans ce secteur. L'année suivante a été effectivement assez mauvaise pour l'industrie, les grèves prolongées ayant paralysé une partie de l'activité: en 1975, le taux d'utilisation tombait à 65.5% et

(1) Ces investissements étaient principalement destinés à rajeunir l'équipement, améliorer les procédés de fabrication et faciliter le travail de la main-d'oeuvre en usine et dans les forêts.

dans la première moitié de 1976 il s'établissait à 61.5% seulement. En même temps, la valeur des immobilisations décroissait de 14.6% en 1975 pour augmenter de 3.3% en 1976. L'année 1977 laisse entrevoir une hausse des immobilisations de l'ordre de 32%.

Si on considère l'évolution des deux principales catégories de produits de l'industrie, à savoir les pâtes de bois et les papiers et cartons, il ressort que la croissance du volume des expéditions a été un peu plus soutenue dans le cas des papiers et cartons que dans celui des pâtes de bois. Sur la longue période 1961-1974, le taux de croissance moyen du volume des expéditions a été de 3.3% pour les pâtes de bois et de 3.8% pour les papiers et cartons. Il faut cependant préciser que les expéditions de pâtes de bois ne représentent que 15% environ de la production, étant donné que la plus grande partie de celle-ci (soit quelque 85%) n'est pas écoulee telle quelle sur le marché mais est transformée directement par les entreprises productrices en papiers et cartons. De sorte que production et expéditions de pâtes ne varient pas toujours dans le même sens. Ainsi, entre 1970 et 1973 les expéditions de pâtes de bois ont diminué de 7.3% en moyenne par année, tandis que la production ne diminuait que de 1.7% et que, pendant ce temps, les expéditions de papiers et cartons s'accroissaient de 1.3% en moyenne. En 1974, les résultats ont été positifs sur tous les plans mais à des degrés variables: pour la pâte de bois, la production a augmenté de 13% et les expéditions de 23.7%; quant aux expéditions de papiers et cartons, elles se sont accrues de 7.1%.

Situation et problématique de l'industrie

Pour mieux comprendre la problématique de l'industrie du papier au Québec, il faut préciser certaines de ses particularités.

Tout d'abord, le développement de l'industrie papetière au Québec a été favorisé non seulement par la forêt mais aussi par la présence de cours d'eau et le prix abordable de l'énergie électrique. Aujourd'hui encore cette industrie continue à se localiser à proximité des ressources, mais de plus en plus elle tend à intégrer en amont l'industrie du sciage (e.g. complexe de St-Félicien). Ces caractéristiques font qu'avec l'industrie du bois, l'industrie papetière est l'une des activités manufacturières les plus "régionalisées": 70% de l'activité se concentre dans les régions autres que Montréal dans le cas des pâtes et papiers, 75% dans le cas des produits du bois. On comprend donc l'importance vitale de ces industries pour certaines régions, qui en dépendent parfois entièrement.

L'industrie du papier se caractérise également par une très forte intensité de capital, ce qui la rend très vulnérable en période de mauvaise conjoncture en raison des coûts fixes incompressibles. Malgré son caractère capitaliste et les salaires élevés qu'elle paye, l'industrie a une productivité qui ne dépasse que légèrement la moyenne manufacturière québécoise. Cela tient au vieillissement des usines de pâtes et papiers et particulièrement de papier-journal, dont un grand

nombre ont plus de 30 ans et ne possèdent pas toujours la technologie et les dimensions qui pourraient leur assurer un rendement élevé.

La sensibilité de la consommation de papier à la conjoncture économique se manifeste à travers trois groupes de consommateurs: 1) la publicité, pour le papier-journal; 2) la construction; 3) l'emballage, pour un ensemble de produits du papier et du carton. Il n'est donc pas étonnant qu'en 1975 on ait assisté à une contraction de la production de papier.

Depuis quelques années, les industries québécoises ont de plus en plus de difficultés à pénétrer le marché américain. En 1975, 45% de la valeur des expéditions québécoises ont été exportés à l'étranger (soit \$1,041 millions), dont \$800 millions (soit 76.9% des exportations) aux Etats-Unis. Ces exportations sont surtout constituées de papier-journal⁽¹⁾, celui-ci s'attribuant 81% des exportations totales du Québec et 86% des exportations aux Etats-Unis. Le Canada et donc le Québec n'ont pas pu cependant profiter de l'expansion formidable du marché américain, à cause de la concurrence de plus en plus forte des producteurs américains à partir du moment où ils ont amélioré le procédé Kraft. Celui-ci a permis en effet l'exploitation des immenses

(1) Le Québec est le principal producteur de papier-journal au Canada, avec 46.6% de la production canadienne.

capacité de production excédentaire suite à des investissements massifs. Or ce phénomène ne s'est pas reproduit à la fin de 1974 et au début de 1975: les pénuries mondiales qui s'étaient manifestées jusque là n'ont pas entraîné d'accroissement significatif de la capacité de production. Au Canada, la capacité ne s'est accrue que de 4% entre la fin de 1974 et la fin de 1975, et si le taux d'utilisation de cette capacité a dégringolé d'environ 30% en un an, cela est dû principalement aux grèves qui ont touché l'industrie des papiers.

Cette baisse conjoncturelle de la production, qui s'est accélérée dans la seconde moitié de 1975, a heureusement coïncidé avec un fléchissement de la demande mondiale qui a favorisé le maintien des prix qui avaient fortement augmenté en 1974. De sorte que pour les entreprises, si le niveau des profits a baissé, il est resté tout de même supérieur à celui enregistré dans les trois premières années de la présente décennie.

De très basses qu'elles étaient en 1976, les expéditions canadiennes aussi bien que québécoises se sont considérablement redressées dans le courant de l'année. Les expéditions du Québec étaient de 10.0% supérieures à celles de l'année 1975; dans le même temps, le taux d'utilisation de la capacité canadienne avait augmenté de 6.2%.

Il faut cependant souligner que l'expansion de l'industrie canadienne des papiers ne profite plus au Québec, mais qu'au contraire on assiste depuis trois ans à un transfert des nouveaux investissements vers l'Ontario. La croissance des immobilisations en 1974, 1975 et 1976 a été en Ontario de 83%, 44% et 51% successivement, alors qu'au Québec elle a été de 33%, -15% et 3.3%. La reprise modérée en 1976 semble se poursuivre en 1977 puisqu'on prévoit une augmentation de 32% des immobilisations. Par contre, l'appareil de production du Québec sera sûrement exploité davantage, peut-être même dans une mesure comparable à celle de 1974. Le rattrapage de la production québécoise en 1977 devrait être facilité par le faible accroissement prévu des capacités de production à l'étranger (aux Etats-Unis, on prévoit une hausse de 2% à 2.5% de la capacité pour chacune des deux années à venir). Le flux des exportations devrait donc se maintenir, pendant au moins une à deux années.

TABLEAU 8
PAPIERS ET PRODUITS CONNEXES
QUEBEC
1966 - 1977

Années	EMPLOI TOTAL		MASSE SALARIALE		EXPEDITIONS		IMMOBILISATIONS		PRODUCTIVITE	
	Nombre	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	VAHH \$ courants	Δ %
1966	42,504		260.5		1,131.5		128.9		7.21	
1967	43,018	1.2	276.9	6.3	1,147.0	13.7	139.4	8.1	7.09	-1.7
1968	42,480	-1.3	295.5	6.7	1,190.7	3.8	102.3	-26.6	7.28	2.7
1969	43,986	3.5	327.2	10.7	1,317.4	10.6	105.6	3.2	7.88	8.2
1970	43,743	-0.5	348.1	6.4	1,370.4	4.0	84.7	-19.8	8.35	6.0
1971	42,125	-3.7	356.9	2.5	1,374.9	0.3	52.0	-38.6	8.75	4.8
1972	41,988	-0.3	386.5	8.3	1,481.0	7.7	93.9	80.6	9.46	8.1
1973	41,427	-1.3	404.5	4.7	1,641.9	10.9	178.5	90.0	11.15	17.9
1974	45,367	9.5	505.6	25.0	2,422.4	47.5	236.9	32.7	15.74	41.2
1975	41,519*	-8.5	532.9*	5.4	2,309.8	-4.7	202.4	-14.6	19.74	25.4
1976	42,102**	1.8	620.4**	16.4	2,541.0*	10.0	209.1	3.3	25.09	27.1
1977							276.2	32.0		

* Chiffre préliminaire

** Chiffre estimé

SOURCES: Statistique Canada.

Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec (Recherche et planification).

MÉTAUX PRIMAIRES

Evolution

L'industrie québécoise des métaux primaires a perdu de son importance dans l'activité manufacturière du Québec, puisqu'en 1976 elle s'attribuait 6.6% de la valeur ajoutée et 4.7% de l'emploi, comparé à 6.8% et 4.5% respectivement en 1961. Pourtant son importance s'était légèrement accrue à l'intérieur de l'industrie canadienne des métaux primaires pour l'année 1974: sa contribution à la valeur ajoutée était en effet passée de 24.5% en 1961 à 26% en 1974, pendant que sa participation à l'emploi passait de 22.7% à 24.7%. Le Québec demeure cependant loin derrière l'Ontario qui s'attribue 58.3% de la valeur ajoutée canadienne et 59.5% de l'emploi.

L'accroissement réel des expéditions au cours de la période 1966-1974 a été de 3.5% par année en moyenne. Cependant pour les années 1974-1976, la croissance réelle a diminué au rythme de -3.5% par année. Dans le même temps, l'emploi augmentait de 1.8% pour ensuite connaître une diminution de l'ordre de -2.8%. Ce qui témoigne malgré tout d'une amélioration de la productivité (tableau 9). Notons que l'industrie métallique primaire affiche au Québec une productivité supérieure non seulement à celle du Canada mais aussi à celle de l'Ontario.

Situation actuelle

Des sept branches qui composent le groupe des métaux primaires, c'est l'industrie de la fonte et de l'affinage des métaux non ferreux qui, au Québec, accapare la majeure partie de l'activité du groupe avec 62.1% de la valeur ajoutée et 55.3% de l'emploi en 1973. La sidérurgie vient en deuxième position avec 19% de la valeur ajoutée et 23.5% de l'emploi. En Ontario, par contre, les positions sont inversées: c'est la sidérurgie qui arrive en tête avec 67% de la valeur ajoutée et 58% de l'emploi, tandis que l'industrie de la fonte et de l'affinage ne retient que 9% de la valeur ajoutée et 12% de l'emploi.

L'importance de la fonte et de l'affinage au Québec tient essentiellement à la production d'aluminium de première fusion, dont on sait que le Québec assure les trois quarts de la production canadienne. Cette industrie de base doit son développement à l'abondante disponibilité d'énergie hydro-électrique au Québec et contribue de façon très significative au développement régional (notamment dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean). Il faut cependant remarquer que la proportion de la production d'aluminium brut qui est transformée au Québec est assez réduite. Ainsi, l'industrie du laminage, du moulage et de l'extrusion de l'aluminium est relativement peu représentée au Québec, qui détient 27% de l'emploi canadien alors que l'Ontario en détient 67%. Toutefois, l'écart entre le Québec et l'Ontario se rétrécit d'année en année depuis 1970.

Quant à la sidérurgie, qui est une industrie de base par excellence, elle est extrêmement sous-représentée au Québec (en 1973, le Québec détenait 12% de l'emploi canadien et l'Ontario 75.4%). Néanmoins, la mise sur pied d'une sidérurgie intégrée, contrôlée par l'Etat et constituant de ce fait un secteur-témoin, est un premier pas vers l'objectif de l'auto-suffisance en acier primaire. Mais plus encore, elle fournit l'exemple d'une transformation possible et nécessaire des ressources naturelles du Québec. En effet, l'introduction du procédé Midrex permettant la réduction du minerai de fer, en plus de faire de Sidbec une sidérurgie des plus modernes, doit se prolonger par l'exploitation du gisement de fer de Fire Lake et l'utilisation d'un concentrateur au Lac Jeannine, à Gagnon, pour produire un minimum de 5 millions de tonnes de concentrés destinés à alimenter une usine de bouletage à Port-Cartier. En aval, l'activité de Sidbec devrait avoir pour effet de stimuler l'implantation et l'expansion d'industries secondaires utilisant l'acier. C'est dans ce but que l'entreprise a élargi la gamme de ses produits en y incluant certains qui, comme les aciers plats, n'étaient pas immédiatement rentables au plan financier.

Prévisions

L'industrie des métaux primaires est l'une de celles qui réagit le plus rapidement aux mouvements cycliques de l'économie. Ainsi, dans la période 1961-1966, qui correspond à une phase de croissance

économique vigoureuse, l'accroissement réel de la production de l'industrie québécoise des métaux primaires avait été de 7.2% par an en moyenne, alors que dans la période 1966-1974 caractérisée par des hauts et des bas, le taux d'accroissement n'a été que de 3.5%. Dans le cas particulier du Québec, qui dépend en bonne partie des marchés étrangers pour l'écoulement de sa production d'aluminium, la conjoncture mondiale et la concurrence extérieure ont des répercussions non négligeables sur le volume de production.

Après les années florissantes de 1973 et 1974, l'année 1975 a été marquée par un ralentissement important du volume des livraisons, qui serait de l'ordre de 6.7% si on applique au Québec l'augmentation des prix canadiens (estimée à 8.2%). Le fléchissement de la production en 1975 s'explique par la baisse de la demande, liée à la récession économique, de même que par l'accumulation d'inventaires ainsi que par des arrêts sporadiques de travail (qui ont été proportionnellement élevés au Québec comparativement au reste du Canada). Dans l'ensemble du Canada, le taux d'utilisation de la capacité de production est passé de 90% au dernier trimestre 1974 à 77.9% au dernier trimestre 1975, pendant que la capacité elle-même s'accroissait de 3.7%.

En 1976, la situation de l'industrie québécoise a été aggravée par les grèves qui ont paralysé pendant plusieurs mois l'industrie de l'aluminium (Alcan) et la sidérurgie (Sidbec). Le conflit à l'Alcan a ainsi immobilisé 7,500 travailleurs à Arvida de juin à novembre;

le conflit chez Sidbec a entraîné l'arrêt de travail de plus de 2,600 travailleurs depuis le printemps dernier jusqu'en octobre. Cependant, l'importance des stocks accumulés en 1975 (43.3% de plus qu'en 1974 au Canada) a permis à l'industrie des métaux primaires (notamment celle de l'aluminium) de poursuivre ses livraisons, quoiqu'à un rythme ralenti. Si la valeur des livraisons totalisée en 1976 a été de 3.9% supérieure à 1975, il faut tenir compte de l'accroissement des prix qui, au niveau canadien, serait de 5% en 1976. Cela se traduirait par une baisse des livraisons québécoises en termes réels de l'ordre de .3%. En même temps, on assiste à une baisse de la valeur des immobilisations au Québec de 28.8% pour l'année 1976 (le Canada enregistre une diminution de 15.7%), et de 11.2% pour 1977.

Concernant l'industrie de l'aluminium, son avenir paraît conditionné par la capacité à investir. En raison de la difficulté de s'assurer des marges bénéficiaires satisfaisantes, la tendance des producteurs occidentaux depuis la récente crise économique est de réduire la production plutôt que de réduire les prix. Ceux-ci ont même été augmentés aussitôt que se sont manifestés les premiers signes de reprise⁽¹⁾. Il faut s'attendre à d'autres hausses en 1977 car, au dire des producteurs, il deviendra impossible à l'industrie de lever des fonds aux fins d'investissement si le prix du métal est inférieur à 55-60¢.

(1) En août dernier, le prix du lingot s'élevait à 48¢/lb., comparativement à 39¢ au début de 1976.

La demande mondiale d'aluminium devrait augmenter au rythme moyen de 5.5% au cours des prochaines années. Sur cette base, et en faisant l'hypothèse que le Québec maintienne sa part du marché, il apparaît qu'il y aurait de la place pour une capacité de production additionnelle d'au moins 200,000 tonnes d'ici à 1980. Une telle expansion entre d'ailleurs dans les projets de l'Alcan mais ne sera pas réalisée dans l'immédiat. Pour le moment, l'industrie de l'aluminium traverse une phase de réajustement en termes de niveau de production, niveau des stocks et prix. Ce n'est qu'après avoir retrouvé l'équilibre de l'offre et de la demande qu'elle pourra accroître sa capacité. L'année 1977 devrait consacrer la reprise de l'industrie de l'aluminium, d'autant plus que le volume mondial des stocks a considérablement diminué. L'activité de l'industrie québécoise de l'aluminium devrait donc se situer en 1977 à un niveau proche de la pleine utilisation, comme en 1974.

Quant à la sidérurgie, la dépression de 1975 s'est fait sentir de façon aiguë chez les producteurs canadiens, qui ont vu décliner dans la seconde moitié de 1975 leurs exportations aux Etats-Unis (principal client) de même que leurs livraisons sur le marché domestique. Les prix ont cependant continué leur ascension en raison des pressions exercées par les salaires et les coûts des matières premières (hausse de 40% du prix du minerai de fer). Malgré la stagnation conjoncturelle, les producteurs canadiens ont accru leur capacité de

production d'acier de près de 3% en 1975, comptant sur une reprise à moyen et long terme. Au Québec, les immobilisations continuent d'être considérables chez Sidbec, en vertu d'un programme d'expansion et d'intégration verticale, et devraient porter fruit à partir de 1978. A moyen terme, la demande d'acier sera stimulée par les grands projets d'installations électriques, de transport de l'énergie et par la croissance de la production d'équipements de transport en commun. Par contre, le secteur de la construction non-résidentielle, grand consommateur d'acier, semble devoir accuser un ralentissement en 1977, si on se base sur les adjudications de contrats et permis de bâtir délivrés depuis le milieu de l'été.

Pour l'ensemble de l'industrie des métaux primaires, on peut s'attendre à une reprise très modérée en 1977, puisque les investissements prévus pour cette année continueront d'être à la baisse. A plus long terme, les perspectives s'annoncent intéressantes avec les projets d'expansion d'Alcan et de Sidbec. Ces projets ne seront toutefois pas suffisants pour réduire significativement l'écart disproportionné entre le Québec et l'Ontario quant à la production de métaux primaires. Les moyens de modifier cet état de chose ne peuvent découler que d'une politique audacieuse et structurée de transformation des ressources minières du Québec.

TABLEAU 9
METAUX PRIMAIRES
QUEBEC
1966 - 1977

Années	EMPLOI TOTAL		MASSE SALARIALE		EXPEDITIONS		IMMOBILISATIONS		PRODUCTIVITE	
	Nombre	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	VAHH \$ courants	Δ %
1966	25,579		160.2		847.7		89.1		8.57	
1967	25,795	0.8	169.0	5.5	797.6	-5.9	39.0	-56.3	8.39	-2.1
1968	25,267	-2.1	176.7	4.6	870.3	9.1	36.5	-6.4	10.03	19.5
1969	26,065	3.2	195.2	10.5	1,005.7	15.6	63.4	73.7	10.98	9.5
1970	26,184	0.5	207.6	6.4	1,071.2	6.5	45.9	-27.6	11.43	4.1
1971	25,291	-3.4	217.9	5.0	1,023.8	-4.4	34.2	-25.5	11.19	-2.1
1972	25,103	-0.7	237.8	9.1	1,033.9	0.1	82.0	139.8	10.81	-3.4
1973	27,147	8.1	278.5	17.1	1,296.3	25.4	114.4	39.5	13.33	23.3
1974	30,267	11.5	352.8	26.7	1,729.4	33.4	194.1	69.7	15.11	13.4
1975	29,671*	-2.0	384.1*	8.9	1,764.8	2.0	246.5	27.0	16.76	10.9
1976	24,331	-18.0	355.6**	-7.4	1,834.0*	3.9	175.6	-28.8	18.53	10.6
1977							156.0	-11.2		

* Chiffre préliminaire

** Chiffre estimé.

SOURCES: Statistique Canada.

Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec (Recherche et planification)

PRODUITS METALLIQUES

Evolution

L'industrie des produits métalliques se situe en aval de l'industrie des métaux primaires dont elle tire la majeure partie de ses intrants. Ces deux industries constituent ensemble l'armature de base d'une structure industrielle forte. Au Québec, l'industrie des produits métalliques a amélioré sa représentation dans la structure industrielle entre 1961 et 1976, sa part de la valeur ajoutée étant passée de 6.3% à 7.2% et sa part de l'emploi de 6% à 7.3%. Par comparaison, en Ontario, la représentation de cette industrie est plus forte, avec 9.9% de la valeur ajoutée et 10.1% de l'emploi.

Contrairement à l'industrie des métaux primaires, l'industrie québécoise des produits métalliques a vu son importance relative dans l'industrie correspondante canadienne décliner quelque peu: de 26.4% en 1961, le rapport de la valeur ajoutée est tombé à 23.4% en 1974. Dans le même temps, l'Ontario accroissait quelque peu sa part de 58.6% en 1961 à 59.4% en 1974, ce qui signifie que la dimension de l'industrie ontarienne est maintenant deux fois et demie supérieure à celle de son homologue québécoise. Parallèlement, le rapport des expéditions québécoises à la consommation canadienne apparente a baissé lui aussi, passant de 23.4% en 1961 à 20.7% en 1971. Pourtant, le déficit de la balance canadienne de produits métalliques s'est considérablement

rétréci en termes proportionnels, au cours de la dernière décennie, la valeur des exportations ayant augmenté au rythme annuel de 18% pendant que les importations augmentaient au rythme de 7.7%. Le Québec n'a donc pas profité de l'amélioration de la part des producteurs canadiens sur le marché domestique.

On ne connaît pas l'accroissement des expéditions du secteur en dollars constants, mais on sait que la valeur en dollars courants s'est accrue de 8.7% par an en moyenne entre 1966 et 1976. Dans la même période, le niveau de l'emploi a baissé de .32% par an en moyenne. Toutefois, si l'on exclut l'année 1975, l'évolution de l'emploi est positive avec 0.7% d'accroissement annuel (tableau 10). C'est de 1972 à 1974 que l'industrie a connu ses plus forts accroissements, en même temps qu'un afflux considérable de capitaux sous forme d'immobilisations.

Situation actuelle

Parmi les neuf branches du groupe des produits métalliques, les plus importantes sont: l'industrie de l'emboutissage, du matriçage et du revêtement des métaux (20.8% de la valeur ajoutée du groupe), l'industrie du fil métallique (15.6%), l'industrie des éléments de charpente métallique (13.2%) et l'industrie des chaudières et plaques (9.5%). Cette dernière activité est la seule pour laquelle le Québec détient

une part supérieure à 30% de l'activité correspondante canadienne, en l'occurrence 36% de la valeur ajoutée canadienne. Les industries qui ont connu la croissance la plus rapide du groupe sont celle des chaudières et plaques, celle du fil métallique ainsi que la branche des ateliers d'usinage. L'industrie des appareils de chauffage par contre a perdu du terrain par rapport aux autres.

Dans l'ensemble, on peut affirmer que l'industrie québécoise des produits métalliques n'est pas suffisamment intégrée à la structure industrielle du Québec, compte tenu des possibilités qui existent tant en amont qu'en aval de cette industrie. En amont, on sait qu'une trop faible proportion de la production d'aluminium primaire est transformée sur place. En aval, il y aurait, en plus du débouché important de la construction et des travaux de voirie, le marché fantastique qui s'ouvre dans le transport de l'énergie électrique (câbles, pylônes, transformateurs, etc.). Il est vrai par exemple que le Québec s'attribue environ 60% de la production canadienne de fils et câbles d'aluminium non isolés, mais il reste que le Canada importe encore chaque année pour plus de \$2 millions de ces produits. Une spécialisation plus poussée du Québec dans ces secteurs en vue de conquérir les marchés étrangers devra cependant affronter non seulement les politiques protectionnistes des pays à grand marché, mais aussi savoir s'adapter aux normes de fabrication rigoureuses imposées par un pays comme les Etats-Unis pour les produits conducteurs d'électricité.

Par contre, le Québec pourrait explorer les possibilités nouvelles qui s'offrent dans l'utilisation de l'aluminium, sachant que ce matériau est appelé à remplacer à plus ou moins brève échéance d'autres matériaux dans un grand nombre d'applications, notamment dans les véhicules de transport et la construction domiciliaire⁽¹⁾. La concrétisation de tels prolongements conduirait à une intégration plus poussée de l'industrie métallurgique au Québec, et contribuerait à renforcer la structure industrielle de la Province.

Prévisions

L'industrie des produits métalliques paraît avoir été moins affectée par la récession économique de 1975 que ne l'a été l'industrie des métaux primaires, comme en témoigne la variation du taux d'utilisation de la capacité de production canadienne. Celui-ci est en effet passé de 99.7% en 1973 à 98.4% en 1974 et à 90.3% en 1975, soit une baisse de 8.2% en 1975 comparativement à une baisse de 13% dans le cas des métaux primaires. Au premier trimestre 1976, le taux est remonté à 92.2%. Concernant les variations de la valeur des stocks au Canada, celle-ci s'est accrue de 37% en 1974, de 20% en 1975 et de 5.6% seulement dans la première moitié de l'année 1976, pendant que la moyenne

(1) Il faut cependant compter avec les matériaux concurrents tels les plastiques et la fibre de verre, dont la concurrence pourrait être redoutable si le prix de l'aluminium continue de grimper.

mensuelle des nouvelles commandes retrouvait le même niveau qu'en 1974. La décélération des accroissements de stocks s'est ainsi accompagnée d'une augmentation de la valeur des expéditions canadiennes de 7% au cours des huit premiers mois de 1976 par rapport à la période correspondante de l'année précédente. Mais au Québec la croissance a été de 5.4%; sachant que les prix canadiens ont augmenté de près de 6% cela implique qu'il n'y a pas vraiment eu d'accroissement réel.

De plus, le Québec en 1976 et 1977 a connu une baisse des immobilisations comme ce fut le cas dans l'ensemble du Canada et plus particulièrement en Ontario, où les investissements sont en baisse depuis 2 ans. Par ailleurs, les prévisions d'investissements pour l'année 1977, indiquent une poursuite de cette conjoncture.

TABLEAU 10

PRODUITS METALLIQUES

QUEBEC

1966 - 1977

Années	EMPLOI TOTAL		MASSE SALARIALE		EXPEDITONS		IMMOBILISATIONS		PRODUCTIVITE	
	Nombre	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	VAHH \$ courants	Δ %
1966	37,091		202.5		685.5		25.3		5.80	
1967	36,264	-2.2	210.0	3.7	654.7	-4.5	23.1	-8.7	5.82	0.3
1968	35,535	-2.0	221.0	5.2	703.0	7.4	30.1	30.3	6.42	10.3
1969	35,529	-0.1	232.8	5.3	728.4	3.6	25.5	-15.3	6.69	4.2
1970	35,818	0.8	249.1	7.0	782.0	7.4	25.2	-1.2	6.81	1.8
1971	35,165	-1.8	257.3	3.3	799.9	2.3	23.2	-7.9	7.19	5.6
1972	35,839	1.9	283.1	10.0	900.5	12.6	22.3	-3.9	8.06	12.1
1973	36,675	2.3	315.0	11.3	1,040.3	15.5	36.9	65.5	9.09	12.8
1974	39,161	6.8	373.8	18.6	1,359.8	30.7	42.2	14.4	11.21	23.3
1975	36,592*	-6.6	396.6*	6.1	1,446.8	6.4	50.0	18.5	14.30	27.6
1976	36,886**	0.8	451.4**	13.8	1,525.0*	5.4	45.7	-8.6	17.45	22.0
1977							44.4	-2.8		

* Chiffre préliminaire

** Chiffre estimé.

SOURCES: Statistique Canada.

Ministère de l'Industrie et du Commerce (Recherche et planification)

METALLURGIE

1 - L'état actuel de l'ensemble du secteur

La métallurgie étant à la base de tout un ensemble d'activités de fabrication de produits métalliques et fournissant des intrants dans une foule d'autres industries, tout ralentissement économique entraîne des effets néfastes sur ce secteur. Comme le pays connaît présentement une période où la conjoncture est défavorable, il faut s'attendre à ce que les divers sous-secteurs de la métallurgie soient dans un état plus ou moins grave de stagnation. Certains autres facteurs, comme la sur-capacité de production, les procédés, les importations, baisse des permis de construction, etc... exercent des pressions rendant la solution des problèmes encore plus ardue.

Afin de pouvoir mieux évaluer l'état de ce secteur examinons la situation dans laquelle se trouvent les principaux sous-secteurs qui composent la métallurgie soit:

- A - l'industrie des ferro-alliages
- B - les aciéries
- C - les fonderies.

A - Les ferro-alliages et silicium

Il y a trois grands producteurs canadiens, tous installés au Québec qui ont tous un excédent de capacité de production. Union Carbide Company Limited (UCCL) a inauguré une nouvelle usine moderne de ferro-manganèse en 1974.

SKW a mis en marche une usine moderne de ferro-silicium et de silicium en juin 1976. Chromasco a ajouté un four de ferro-silicium en septembre 1976. Tous les trois producteurs exportent une grande partie de leur production (plus de 50%) en dehors du Canada. SKW exporte plus de 80%. A cause de la faiblesse du marché des aciers, il y a plusieurs fours (2 ou 3) continuellement fermés depuis trois mois. Les perspectives pour 1978 ne sont pas plus encourageantes. Les producteurs prétendent qu'il y a une capacité excédentaire mondiale pour au moins 5 ans. Donc la rentabilité dans ce champ d'activité n'est pas à ce moment-ci aussi marquée que les prévisions faites il y a deux ou trois ans. Cependant, comme ces industries sont de grandes consommatrices d'énergie électrique, le Québec présente pour elles, malgré tout, un avantage économique important. En effet, les tarifs sont encore sensiblement plus bas ici si on les compare avec toute autre province au pays.

B - Les aciéries

Les principales firmes au Québec:

Sidbec-Dosco
Q.I.T.
Stelco
Atlas Steel
Canadian Steel Wheel
Colt Industrie (Canada) division Crucible
Q.S.P. (actuellement fermée)

souffrent du malaise identifié au départ, le ralentissement économique qui provoque la baisse du marché de l'acier et ceci au niveau mondial. On note des milliers de mises à pied en France, par exemple. Suite à la mise en place de son programme d'investissement, actuellement en

cours, Sidbec-Dosco aura plus que doublé sa capacité de production pour atteindre 600 - 700 mille tonnes/année. Ivaco dont l'aciérie est située à l'Orignal en Ontario près du Québec, avec une capacité de 250,000 tonnes/année alimente sa tréfilerie de Marieville privant ainsi les firmes québécoises de ce débouché.

La présence de plus en plus grande de l'état dans l'industrie de la sidérurgie, témoigne des difficultés rencontrées par ce secteur à demeurer rentable. Les grandes compagnies privées utilisent leurs puissants moyens de pression pour amener les gouvernements à ériger des barrières tarifaires afin d'assurer leur viabilité.

C - a) Les fonderies (ferreux)

L'on compte cinquante (50) entreprises dont 80% sont des petites fonderies. 15% seulement de la production est contrôlée par des intérêts québécois dans les fonderies d'acier, alors que ce chiffre s'établit à 60% dans les fonderies de fonte. Onze fonderies ont une production supérieure à 8,000 tonnes/an.

Les marchés existent mais, en général, les entreprises n'ont pas les ressources humaines nécessaires pour s'accaparer leur quote-part.

Lors de la reprise de 1974, beaucoup ont investi et font maintenant face à de sérieuses difficultés, encore à cause du ralentissement général de l'économie dont il a été question plus haut.

Les moyennes entreprises devront se mécaniser pour demeurer compétitives, sinon, elles demeureront artisanales et seront vouées à la fermeture

à plus ou moins brève échéance. Cette perspective est loin d'être encourageante si l'on considère les autres facteurs négatifs suivants:

- manque de garanties financières
- marché local restreint
- marchés étrangers difficiles à percer
- difficultés d'approvisionnement en coke.
- protection de la qualité du milieu

Signalons que nous avons malgré tout au Québec, une entreprise d'envergure, Canadian Steel Foundries, et aussi le plus grand fabricant de roues de wagons de chemin de fer au Canada, Griffin Steel (à Saint-Hyacinthe).

b) Les non-ferreux

la valeur des expéditions en 1975 pour les pièces coulées non-finies, de métaux non-ferreux, s'élevait à \$71 430 000 (\$21.5 Al, \$15.6 Cu, \$34.3 autres). Le total des expéditions en produits finis s'établissait alors à \$330 849 000., en ne tenant compte des entreprises intégrées.

La main-d'oeuvre totale affectée au secteur de la fonte des non-ferreux y compris l'usinage, totalise 5 476 emplois directs.

Le Québec compte environ soixante-dix (70) entreprises dans le secteur des fonderies de non-ferreux. A l'exception de celles qui font du moulage sous pression, les unités de production sont encore plus petites que dans le secteur des ferreux, sauf deux (2) d'entre elles.

Les industries qui font la coulée de lingots (Alcan, Noranda, Reynolds) sont exclues de cette analyse.

2 - Importance aux niveaux régional et provincial

Les commentaires précédents et les tableaux 11 à 17 nous permettent d'apprécier l'importance des fonderies vis-à-vis l'économie du Québec aux niveaux régional et provincial, compte-tenu des emplois qu'elles génèrent partout dans le Québec à cause de leur dispersion. Les P.M.E. de ce secteur constituent souvent la seule industrie dans nombre de petites villes et villages. Les fonderies, à cause de leurs activités mêmes, jouent un rôle essentiel en fournissant une grande quantité de produits à une foule d'industries en aval, dont une partie importante du secteur des produits métalliques. Cette situation fait que les fonderies constituent un chaînon essentiel du processus d'industrialisation. L'état dans lequel se trouvent la majorité de ces entreprises du Québec, dont la production est déjà 4 - 5 fois inférieure à celle de l'Ontario, doit avant toute chose être corrigé. L'hygiène industrielle et les émissions dans l'atmosphère pourraient être améliorées pour correspondre davantage aux standards, par un programme de modernisation et de revalorisation du secteur, afin de la rendre plus compétitif, plus rentable et plus dynamique.

TABLEAU 11

Nombre de fonderies

	Fonte	Acier
Québec	43	7
Ontario	46	7
Canada	127	23

TABLEAU 12

Capacité (milliers de tonnes/année) en 1975

	Fonte	Acier
Québec	318	93
Ontario	1 313	59
Canada	1 772	212

TABLEAU 13

Emplois (milliers)

	Fonte	Acier
Québec	2 799	2 589
Ontario	9 707	1 909
Canada	14 216	5 363

TABLEAU 14

Valeurs des expéditions (millions \$)

	Fonte		Acier	
	1974	1975	1974	1975
	Québec	82.6	93.8	69.0
Ontario	456.8	492.8	56.1	76.7
Canada	586.0	646.0	157.0	213.2

TABLEAU 15

Investissements (réponse partielle) (millions \$)

	1974		1975		1976-80	
	Fonte	Acier	Fonte	Acier	Fonte	Acier
	Québec	8.2	2.6	14.7	6.1	35.2
Ontario	15.2	1.6	13.8	3.0	68.0	12.3
Canada	26.0	4.7	35.7	13.4	112.0	34.8

TABLEAU 16

Production au Québec en 1975 (milliers de lbs/année)

	Production	Capacité
Pièces à base Al	11,736	21,264
Pièces à base Cu	37,548	75,564
Pièces d'autres métaux	3,924	7,236

TABLEAU 17

Investissements au Québec en 1975 (millions \$)

	1974	1975	1976-79
L'ensemble des fonderies de non-ferreux	4.6	3.7	13.2

PRODUITS CHIMIQUES

Evolution

La croissance de l'industrie des produits chimiques au Québec s'est maintenue en longue période aux alentours de la moyenne observée pour l'ensemble de l'activité manufacturière. En 1961, elle s'attribuait 7% de la valeur ajoutée et 5.1% de l'emploi du secteur manufacturier québécois; en 1976, ces pourcentages avaient très légèrement augmenté, s'établissant respectivement à 7.2% et 5.4%.

Par rapport à l'industrie canadienne des produits chimiques, l'industrie québécoise représentait, en 1974, 27.8% de la valeur ajoutée et 32.8% de l'emploi, comparativement à 29.4% et 36.3% en 1961. Si la participation à la valeur ajoutée canadienne n'a perdu qu'un demi point, alors que la participation à l'emploi baissait de 2.4 points, c'est parce que la productivité au Québec s'est accrue plus rapidement que dans le reste du Canada, notamment qu'en Ontario. Il est intéressant de relever à ce chapitre que trois branches de cette industrie ont au Québec une productivité supérieure à celle de l'Ontario: l'industrie des engrais composés, celle des produits pharmaceutiques et celle des produits de toilette.

Les branches les plus importantes au Québec sont, par ordre décroissant: les produits pharmaceutiques, qui ont amélioré leur

importance relative dans le secteur des produits chimiques, et dont la part dans la valeur ajoutée sectorielle est passée de 24% en 1962 à 28% en 1974; les produits chimiques industriels, dont la croissance plus faible que celle de l'ensemble a fait passer leur part de la valeur ajoutée de 19% en 1962 à 15.3% en 1974; les produits de toilette, dont la croissance très rapide a fait passer leur participation de 7.7% en 1962 à 15.2% en 1974; enfin les peintures et vernis qui ont connu une croissance légèrement supérieure à celle du secteur, leur part dans la valeur ajoutée passant de 10.3% en 1962 à 10.9% en 1974 (tableau 18).

Les quatre industries québécoises les mieux représentées au Canada sont, dans l'ordre: les produits de toilette (58.2% de la valeur ajoutée canadienne en 1973 contre 36.6% en 1962), les matières plastiques et résines synthétiques (45.7% en 1973 contre 50.4% en 1962), les engrais composés (43.2% en 1973 contre 29.5% en 1962), les produits pharmaceutiques (42.2% en 1973 contre 45.5% en 1962). Pour le reste, dans les produits chimiques industriels, le Québec ne détient que 14% de la valeur ajoutée canadienne en 1973, alors qu'en 1962 il s'en attribuait 17%. Dans les savons et produits de nettoyage, la participation du Québec se limite à 6.5%. Pour les peintures et vernis, la contribution québécoise se situe dans la moyenne (26.8% en 1973, comparativement à 29.6% en 1962).

On remarque donc que, dans les deux industries qui desservent presque exclusivement le marché industriel, et qui sont à ce titre des industries de base (soit l'industrie des matières plastiques et résines synthétiques et l'industrie des produits chimiques industriels), le Québec a perdu du terrain à l'avantage de ses concurrents du reste du Canada, notamment de l'Ontario.

Situation actuelle

Au niveau de l'ensemble des produits chimiques, le Canada demeure encore déficitaire, les importations dépassant les exportations d'environ 40% et représentant le quart de la consommation canadienne apparente (données 1971). On constate en outre que chacune des branches du secteur est déficitaire, à l'exception de celle des produits chimiques industriels.

Le rapport des expéditions québécoises de produits chimiques à la consommation canadienne apparente est resté très stable entre 1961 et 1971, soit aux alentours de 25%, ce qui dénote une corrélation très étroite entre l'évolution de la production québécoise et celle du marché canadien. Pour les produits pharmaceutiques ainsi que les produits de toilette, le rapport expéditions québécoises/consommation canadienne est relativement très élevé, soit respectivement de 41% et 47% en 1971. Pour les produits chimiques industriels de même que pour

les matières plastiques, ce rapport a faibli sensiblement au cours de la dernière décennie pour s'établir à 21% et 17% respectivement en 1971.

Ces résultats montrent donc grosso modo que si les industries québécoises de produits chimiques destinés à la consommation des particuliers ont une performance convenable (malgré certains problèmes touchant la structure des entreprises et les réseaux de distribution), les industries de produits chimiques de base destinés à l'industrie sont par contre sur le déclin au Québec. Ces dernières industries se rattachent très étroitement à la pétrochimie.

Les problèmes de l'industrie pétrochimique québécoise sont nombreux et complexes. La capacité de production actuellement en place au Québec est mal utilisée et les installations de production sont vétustes. Cette situation ne peut être qu'aggravée par le déséquilibre croissant dans les investissements pétrochimiques, qui s'exerce au détriment du Québec par rapport aux autres centres pétrochimiques traditionnels de l'Ontario et de l'Alberta. A cela il faut ajouter les problèmes reliés à la géo-politique du pétrole, dont la disparition des avantages du Québec en matière de prix pour ses approvisionnements en pétrole.

Ainsi, la vétusté des installations au Québec a nécessité la fermeture de certaines unités de production, tandis que d'autres

n'ont pu être conservées en état de marche que par un entretien poussé. Si cette situation n'est pas corrigée, la puissance pétrochimique du Québec risque de s'effriter vers 1980, reposant uniquement sur des unités dispersées de transformation secondaire (polypropylène, caprolactame) pour lesquelles l'approvisionnement sera devenu plus coûteux.

Depuis 1970, les actions majeures se résument à l'expansion de Gulf et UCCL dans l'éthylène, grâce à l'implantation de Hercules (polypropylène), de même qu'à l'implantation de Du Pont (fibres polyesters), ainsi qu'à des investissements réalisés par Goodyear à Valleyfield. Mais ceci est peu de chose comparé aux investissements en cours en Ontario: \$676 millions en 1975 et \$909 millions en 1976. Au Québec, les investissements ont été pour ces deux années de \$188 et \$95.4 millions.

Il existe pourtant de bonnes possibilités de développement de l'industrie pétrochimique au Québec. Un des principaux atouts du Québec réside dans la disponibilité d'une main-d'oeuvre qualifiée pour cette activité. Un autre atout demeure l'ouverture maritime du Québec sur l'Atlantique d'une part, vers la Nouvelle-Angleterre et les Grands-Lacs d'autre part. Enfin, l'abondance de l'énergie électrique à prix compétitif peut s'avérer un atout dans certains procédés de transformation secondaire (comme les hydrocarbures chlorés).

Prévisions

L'activité de l'industrie québécoise des produits chimiques considérée dans son ensemble est dans un état stationnaire depuis deux ans, pour ne pas parler de fléchissement. En effet, en dégonflant la valeur des expéditions de 1974 par l'indice canadien des prix de ce secteur, la croissance réelle serait de -2.5%, en raison d'une hausse de prix de 23% cette année-là. D'après l'indice canadien des prix à la production dans le secteur chimique, ce dernier aurait augmenté en 1975 de 13%. De sorte que l'accroissement de 8.2% de la valeur des expéditions québécoises a été annulé par l'inflation, ce qui réduirait la croissance réelle à (-5.4%) pour l'année 1975. Pour 1976, le taux d'inflation dans ce secteur serait de 4%. Or dans cette même période les expéditions québécoises (en valeur) se sont accrues de 10.7%, ce qui correspondrait alors à une croissance réelle de 6.2%.

Quant aux immobilisations, si elles ont fléchi en 1976, leur niveau reste cependant assez appréciable pour maintenir la reprise amorcée en 1975. Pour l'année 1977, on prévoit une hausse spectaculaire des investissements de l'ordre de 156%. Donc la reprise amorcée en 1975 n'aura pas de mal à se poursuivre au delà de 1977.

TABLEAU 18
PRODUITS CHIMIQUES
QUEBEC
1966 - 1977

Années	EMPLOI TOTAL		MASSE SALARIALE		EXPEDITONS		IMMOBILISATIONS		PRODUCTIVITE	
	Nombre	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	\$'000,000	Δ %	VAIII \$ courants	Δ %
1966	25,989		157.1		583.0		58.3		12.79	
1967	26,450	1.8	169.1	7.6	617.5	5.9	59.0	1.2	13.16	2.9
1968	28,042	6.0	193.3	14.3	658.8	6.7	67.2	13.9	13.32	1.2
1969	28,454	1.5	212.2	9.8	732.5	11.2	46.5	-30.8	14.00	5.1
1970	27,854	-2.1	219.1	3.3	729.0	-0.5	57.5	23.7	14.72	5.1
1971	27,061	-2.8	228.7	4.4	768.9	5.5	60.5	5.2	16.08	9.2
1972	26,047	-3.7	237.3	3.8	810.6	5.4	37.2	-38.5	17.54	9.0
1973	26,330	1.1	259.5	9.4	968.3	19.4	54.5	46.5	19.86	13.2
1974	26,779	1.7	292.4	12.7	1,230.5	27.1	169.9	211.7	24.18	21.8
1975	27,377*	2.2	319.2*	9.2	1,331.7	8.2	188.0	10.7	30.06	24.3
1976	27,788**	1.5	359.0**	12.5	1,474.0*	10.7	95.4	-49.2	35.58	18.4
1977							244.6	156.4		

* Chiffre préliminaire

** Chiffre estimé.

SOURCES: Statistique Canada.

Direction générale de la recherche et de la planification, ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec.

SITUATION ECONOMIQUE DU RAFFINAGE

ET DE LA PETROCHIMIE

1. Raffinage

Le raffinage au Québec est conditionné par deux faits saillants:

1. Le pétrole provient majoritairement de l'étranger.
2. Les marchés d'exportations traditionnels des fractions lourdes ont été fermés depuis la crise pétrolière de 1973.

Par conséquent, le Québec (et les Maritimes qui ont une situation similaire, ce qui amplifie le problème) fait face aux problèmes suivants:

1. Approvisionné principalement en brut étranger, il ne bénéficie pas d'une sécurité absolue d'approvisionnement et dépend de programmes fédéraux pour baisser le prix de ce pétrole au cours moyen canadien.
2. Cette insécurité d'approvisionnement freine les investissements requis par le point suivant.
3. La structure de production basée sur l'exportation des mazouts est inadaptée à la consommation domestique et excédentaire (400,000 barils par jour en 1979 pour le Québec et les

.../2

(Maritimes). Par conséquent, l'efficacité de ces raffineries est réduite et leur capacité n'est utilisée qu'à 70%, voire 60% dans certains cas. Il faudrait accroître la complexité des raffineries pour augmenter les fractions légères au détriment des mazouts, mais la hausse vertigineuse du coût de l'équipement couplée à l'utilisation marginale de la capacité présente rend l'investissement requis difficile et son rendement problématique.

Situation actuelle

Sept raffineurs au Québec ont une capacité de production globale de 645,000 barils par jour, réparties entre Montréal (6 raffineries) et Québec (103,000 barils par jour). Ceci représente 29% de la capacité canadienne de raffinage (tableau 19), alors que la demande québécoise ne compte que pour 28% de la demande canadienne. Toutefois, sur une période de 10 ans, si la croissance de la demande en essence et diesel a suivi la moyenne canadienne, l'huile à chauffage domestique (no. 2) a vu croître sa demande de 48% alors que la demande canadienne n'a augmenté que de 27%, et l'huile industrielle a augmenté de 28% au Québec, contre 13% à l'ensemble du pays. Ceci est dû d'une part à la disponibilité dans l'Ouest et l'Ontario de gaz naturel moins cher et à la surcapacité en fractions lourdes dans l'Est qui a amené une chute des prix.

Situation future

La demande québécoise, selon la tendance historique, ne rencontrera l'offre globale de la capacité de raffinage qu'en 1982

ou 1983. C'est donc dire que d'ici là, il est hors de question de voir une expansion se réaliser. Mais si l'offre et la demande globales coïncident à ces dates, il n'est pas sûr que la situation soit équilibrée par produits. Il est probable qu'un déficit sera enregistré dans les fractions légères (essence, naphte, carburéacteur) et qu'il existera un surplus d'huile à chauffage et de mazouts.

Ce bilan ne tient pas compte des objectifs d'économie d'énergie, visant à réduire en 1985 la dépendance pétrolière d'environ 65,000 barils par jour, ni de l'impact de la pénétration du gaz dans l'ensemble du Québec par le biais des projets ambitieux de Petrocan-AGTL, Tenneco, Dome, etc.

Une modification de la structure des produits du raffinage s'avère donc indispensable, mais la faible rentabilité du raffinage actuellement n'incite pas aux investissements nouveaux. Ce secteur n'aura donc pas dans les dix prochaines années une vitalité débordante.

2. Pétrochimie (tableaux 20, 21, 22)

Là également, la crise de 1973 a laissé des séquelles. La sécurité d'approvisionnement qu'offre l'Alberta a déplacé vers cette province les investissements traditionnellement faits à Montréal ou Sarula. On note donc pour les trois prochaines

années \$1 milliard d'investissements déclarés pour l'Alberta, \$1.2 milliards d'investissements en cours ou déclarés pour l'Ontario, et environ \$100 millions en cours ou déclarés pour le Québec.

Situation actuelle

Raffinage et pétrochimie sont intimement liés puisque deux raffineurs (Gulf et Petrofina) sont directement impliqués dans la pétrochimie primaire (oléfines et aromatiques) tandis que Shell est impliqué dans les solvants et alcools. Par ailleurs UCCL utilise pour sa production d'oléfines une partie des gaz de raffinerie.

Toutefois, la pétrochimie primaire au Québec n'utilise que 3.5% des fractions pétrolières raffinées au Québec, une partie du naphte de Gulf provenant des Provinces Maritimes.

L'industrie pétrochimique du Québec s'est axée autour des vapocraqueurs de Gulf à Varennes (1963-1975) et de UCCL à Montréal-Est (1958). Suite aux développements technologiques récents, ces unités doivent être considérées comme trop petites selon les standards économiques mondiaux, mais leur faible coût original et leur dépréciation les gardent encore compétitives quant aux coûts de production.

Par contre, de nombreuses unités de transformation secondaire, construites avant ou vers cette période, avec une capacité alors satisfaisante mais aujourd'hui tout à fait non-compéti-

tive, ont fermé ou survivent actuellement sans qu'une relève ou une amélioration ne soit prévue. C'est ainsi que le chlorure de vinyle (Varenes) et le polychlorure de vinyle (Monsanto) ont été fermés en 1975 tandis que les usines de Monsanto (polystyrène, ABS), Gulf (phénol, acétone) et Shell (isopropanol) vivent leurs dernières années.

Actuellement, la relève pétrochimique n'est assurée que par des usines de transformation secondaire comme Hercules (polypropylène 1977), DuPont (polyesters 1978) venues s'ajouter aux quelques usines compétitives que possède le Québec, comme le polyéthylène BD et l'éthylène glycol (UCCL), l'éthanol (CAL), les alcools OXO (BASF), le cyclohexane (Gulf), l'anhydride phtalique (BASF) et autres spécialités mineures.

Situation future

Si aucune action n'est entreprise, il est à prévoir que l'industrie pétrochimique au Québec périlitera après 1980, avec la fermeture des unités les plus anciennes et la désaffection des investisseurs potentiels. Seuls quelques développements ponctuels seront rendus possibles (Petrofina, BASF).

L'objectif poursuivi conjointement par le gouvernement et les principales firmes concernées vise à consolider et accroître la production de bases pétrochimiques nécessaires aux nouveaux investissements dans la transformation secondaire entre 1980 et 1985.

Ces investissements sont nécessaires à cause de leur effet d'entraînement dans des secteurs clés comme les produits chimiques industriels, les matières plastiques, les colorants, peintures et vernis, l'industrie pharmaceutique et cosmétique, etc. Compte tenu de l'évolution technologique rendue nécessaire tant du point de vue économique qu'écologique, le Québec disposerait alors d'un noyau pétrochimique moderne, compétitif et relativement peu polluant, qui se substituerait aux anciennes unités déjà citées. De plus, cette stratégie de développement aurait pour effet de résorber au moins partiellement l'excédent de capacité de raffinage en employant l'équivalent de 35,000 barils par jour de fractions pétrolières supplémentaires.

Dominique Leturc

Québec, le 10 août 1977

CANADIAN REFINERY CAPACITIES

JUNE 1977

Refinery	Location	CHARGE CAPACITY — b/sd										PRODUCTION CAPACITY — b/sd					
		Crude Capacity b/sd	Crude Capacity b/sd	Vacuum Distillation	Thermal Operations	Catalytic Fresh Feed	Cracking Recycle	Catalytic Reforming	Hydro- Refining	Hydro- Treating	Hydro- Cracking	Alkylation	Polymerization	Lubes	Asphalt	Coke (tons)	Sulphur (tons)
ALBERTA																	
Gulf Oil	Calgary	8,700	9,300	2,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,100
Gulf Oil	Edmonton	74,600	80,000	24,400	—	30,000	—	15,400	45,000	6,000	—	10,000	—	—	—	—	431
Husky Oil	Lloydminster	11,200	12,000	7,000	—	—	—	—	1,000	—	1,000	—	—	—	—	—	5,500
Imperial Oil	Edmonton*	140,000	—	32,000	—	41,000	—	22,000	—	46,000	—	8,500	—	2,900	—	—	40
Shell Canada	Bowden*	5,000	—	—	—	—	—	—	2,500	—	2,700	—	—	—	—	—	—
Texaco Canada	Edmonton*	21,000	—	7,500	2,400	8,400	—	—	3,200	—	6,000	—	900	—	—	—	—
Total †		269,500	279,300	73,400	2,700	84,900	—	47,200	45,000	67,600	—	19,400	1,000	3,200	8,600	510	80
BRITISH COLUMBIA																	
Chevron Canada	Burnaby	35,000	—	8,400	—	8,000	1,000	10,000	—	10,000	—	600	—	2,200	—	—	—
Gulf Oil	Kamloops	7,700	8,300	2,200	—	2,500	—	1,800	4,650	—	—	110	—	500	—	—	—
Gulf Oil	Port Moody	37,200	40,000	12,500	—	10,000	—	9,300	22,700	—	—	1,050	—	300	—	—	25
Husky Oil	Prince George	7,700	8,000	3,120	—	—	—	1,250	—	5,200	—	—	—	1,000	—	—	—
Imperial Oil	loco*	36,800	—	16,200	—	11,700	—	5,700	—	5,400	—	2,100	—	2,800	—	—	—
Pacific Petroleum	Taylor	14,300	15,400	1,150	—	5,000	—	2,200	—	11,500	—	1,000	—	550	—	—	—
Shell Canada	Shellburn*	22,000	—	7,000	—	6,000	—	2,700	—	17,000	—	750	—	2,500	—	—	15
Total †		166,700	179,300	52,900	—	45,200	1,000	33,850	27,350	52,100	—	2,050	3,810	10,450	—	—	40
MANITOBA																	
Shell Canada	St. Boniface*	30,000	—	6,000	—	7,500	—	8,200	—	8,000	1,500	—	500	—	2,000	—	—
NEW BRUNSWICK																	
Irving Oil	Saint John	—	250,000	20,000	—	18,000	—	13,500	15,000	13,500	—	—	4,000	—	5,000	—	—
NEWFOUNDLAND																	
Golden Eagle	Holyrood	12,000	13,000	—	—	—	—	1,400	—	3,900	—	—	—	—	—	—	—
Nfld. Rfg.	Come-by-chance	—	105,000	49,000	12,000	—	—	25,700	—	36,500	35,000	—	—	—	—	—	190
Total		112,000	138,000	49,000	12,000	—	—	27,100	—	40,400	35,000	—	—	—	—	—	190
NORTHWEST TERRITORIES																	
Imperial Oil	Norman Wells*	2,900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NOVA SCOTIA																	
Gulf Oil	Pt. Tupper	81,000	87,000	—	—	—	—	12,000	40,000	—	—	—	—	—	—	—	30
Imperial Oil	Dartmouth*	82,800	—	40,700	—	22,500	—	5,800	—	22,200	—	1,900	—	6,700	—	—	44
Texaco Canada	Halifax*	20,000	—	8,600	—	7,200	—	3,600	—	8,800	—	—	—	—	—	—	—
Total †		183,800	187,000	51,300	—	24,000	—	22,400	40,000	34,400	—	2,100	—	7,400	—	—	78
ONTARIO																	
BP Canada	Oakville	79,000	85,000	44,000	—	24,000	—	17,250	—	25,500	—	4,000	—	10,000	—	—	—
Gulf Oil	Clarkson	79,100	85,000	28,000	—	18,000	—	20,000	30,000	—	—	3,600	—	1,220	6,800	—	40
Imperial Oil	Sarnia*	130,300	—	30,500	21,600	22,800	—	32,300	—	83,900	9,100	7,100	—	5,900	—	—	114
Shell Canada	Oakville*	44,000	—	11,500	—	14,000	—	7,000	—	29,000	—	2,300	—	—	—	—	50
Shell Canada	Sarnia*	80,000	—	26,000	3,400	16,000	—	23,300	—	23,700	7,500	—	700	—	—	—	31
Sun Oil	Sarnia	85,000	90,000	—	6,000	17,000	2,000	21,000	27,500	4,200	—	4,000	—	—	—	—	13
Texaco Canada	Port Credit*	48,000	—	17,000	6,300	15,500	—	6,600	—	6,600	—	1,100	—	—	—	—	—
Total †		545,400	577,400	161,700	40,800	134,800	2,000	135,750	57,500	187,800	18,500	21,300	1,920	7,720	16,800	—	248
QUEBEC																	
BP Canada	Montreal	71,000	75,000	18,500	—	16,500	—	12,000	—	43,000	—	800	—	11,000	—	—	—
Golden Eagle	St. Romuald	103,000	108,000	20,000	—	—	—	15,000	—	27,000	—	—	—	10,000	—	—	—
Gulf Oil	Montreal	77,300	83,000	29,400	—	22,000	—	13,000	31,000	—	—	630	600	4,000	—	—	—
Imperial Oil	Montreal*	105,800	—	60,200	—	23,000	—	11,600	—	37,000	—	2,300	—	19,300	—	—	—
Petrofina Canada	Montreal	93,000	95,000	45,000	—	20,000	6,000	32,000	—	33,000	16,000	1,500	600	8,000	100	—	—
Shell Canada	Montreal*	120,000	—	52,000	9,000	23,500	—	23,000	—	67,000	13,000	1,600	—	3,200	8,000	—	—
Texaco Canada	Montreal*	74,500	—	31,000	12,200	26,500	—	12,000	—	24,000	—	3,000	1,500	—	—	—	—
Total †		644,600	677,000	283,600	23,500	139,600	6,000	123,800	31,000	245,200	32,100	5,600	6,230	4,100	63,300	100	—
SASKATCHEWAN																	
Consumers Co-op	Regina	26,500	29,500	9,500	3,000	10,000	1,000	3,300	—	6,300	—	1,300	—	—	—	—	165
Gulf Oil	Moose Jaw	9,300	10,000	5,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,600	—	—
Total		35,800	39,500	15,000	3,000	10,000	1,000	3,300	—	6,300	—	1,300	—	2,600	—	—	165
TOTAL ALL CANADA		2,225,600	2,353,400	634,000	82,000	464,200	10,000	415,200	215,850	857,400	54,500	45,530	20,960	15,020	116,150	775	635

* All figures reported per calendar day — stream day figures not available.

† Provincial Totals: Calendar Day figures converted to stream day basis using 0.95 factor for crudes and vacuum units and 0.90 for all other processes.

SURVEY OF CANADIAN PETROCHEMICAL INDUSTRY

JUNE, 1977

COMPANY	PLANT LOCATION	FEEDSTOCK		PRODUCTS	
		TYPE	CAPACITY	TYPE	ANNUAL CAPACITY
ALBERTA					
Alberta Gas Chemicals	Medicine Hat	Natural Gas	50 mmcf/d	Methanol	440,000 Tons
Borden Chemical	Edmonton	Methanol	—	Formaldehyde	—
Cancarb Ltd.	Medicine Hat	Natural Gas	8 mmcf/d	Thermal Carbon Black	40 Million Lbs.
Canadian Fertilizers Ltd.	Medicine Hat	Natural Gas	100 mmcf/d	Anhydrous Ammonia Urea	840,000 Tons 495,000 Tons
Canadian Industries Ltd.	Edmonton	Ethane Ethylene	—	Ethylene Polyethylene	70 Million Lbs. (captive) 70 Million Lbs.
Canadian Industries Ltd.	Carseland	Ammonia	113,000 Tons	Nitric Acid Ammonium Nitrate	200,000 Tons (captive) 250,000 Tons
Celanese Canada	Edmonton	Butane Methanol Acetaldehyde	2,000 b/d	Formaldehyde, Acetic Acid & Anhydride Pentaerythritol	200 Million Lbs. 160 Million Lbs. 55 Million Lbs.
Cominco Ltd.	Calgary	Natural Gas	14 mmcf/d	Ammonia Ammonia Nitrate Urea	120,000 Tons 70,000 Tons 80,000 Tons
Dow Chemical Ltd.	Fort Saskatchewan	Ethylene Oxide, Ammonia, Chlorine	—	Ethylene Glycol Ethanolamines	—
Esso Chemical Canada	Redwater	Natural Gas	—	Nitrogenous and Phosphatic Fertilizers	500,000 Tons
Inland Chemicals	Fort Saskatchewan	Sulphur	55,000 tons	Sulphuric Acid	170,000 Tons
Sherritt Gordon Mines Ltd.	Fort Saskatchewan	Natural Gas Sulphur	27 mmcf/d 184 tons/d	Ammonia Urea Ammonia Sulphate Phosphate Fertilizers	150,000 Tons 110,000 Tons 145,000 Tons 135,000 Tons
Thio-Pet Chemicals Ltd.	Fort Saskatchewan	Natural Gas Sulphur	26 mmcf/d 16 million lbs.	Hydrogen Sulphide Carbon Disulphide	8.5 Million Lbs. 9.5 Million Lbs.
Western Co-operative Fertilizers Ltd.	Calgary	Natural Gas	9 mmcf/d	Nitrogenous and Phosphatic Fertilizers Ammonia	425,000 Tons 70,000 Tons
Western Co-operative Fertilizers Ltd.	Medicine Hat	Natural Gas	9 mmcf/d	Nitrogenous and Phosphatic Fertilizers Ammonia	260,000 Tons 65,000 Tons
BRITISH COLUMBIA					
Borden Chemical (Western) Ltd.	Vancouver	Methanol	—	Formaldehyde	20 Million Lbs.
Cominco Ltd.	Trail	Natural Gas	6.5 mmcf/d	Ammonia	75,000 Tons
Dow Chemical Ltd.	Ladner	Toluene	—	Phenol, Benzoic Acid	—
Esso Chemical Canada	Ioco	Naphtha	—	Toluene	15 Million Gallons
Inland Chemicals Ltd.	Prince George	Sulphur	15,000 tons	Sulphuric Acid	45,000 Tons
Reichhold Chemicals Ltd.	Port Moody	Methanol	2.3 million gal.	Formaldehyde	35 Million Lbs.
MANITOBA					
Simplot Chemical Co.	Brandon	Natural Gas	12 mmcf/d	Ammonia Ammonia Phosphates and Nitrates Urea	100,000 Tons 283,000 Tons 36,000 Tons
NOVA SCOTIA					
Esso Chemical Canada	Halifax	Propylene, Butylene	—	Heptene	30 Million Lbs.
ONTARIO					
Allied Chemical Ltd.	Ammerstburg	Natural Gas Bunker C	—	Soda Ash Calcium Chloride Fluorinates Hydrocarbons	—
Allied Chemical Ltd.	Corunna	Toluene, Diamines, Natural Gas, Chlorine	—	Di-isocyanates	20 Million Lbs.
Bakelite Thermosets Ltd.	Belleville	Methanol Phenol	—	Formaldehyde Phenolic Resins and Compounds	16 Million Lbs. 50 Million Lbs.
3ASF Canada Ltd.	Cornwall	Orthoxytene	85 million lbs.	Phthalic Anhydride Plasticizers & Resins Polyester (unsaturated)	85 Million Lbs. 70 Million Lbs. 15 Million Lbs.
3P Canada	Oakville	Propylene-Propane LCCBC, C ₄	1,200 b/d 1,600 b/d	Propylene Propylene-Propane	270,000 lbs. 460,000 lbs.
Borden Chemical Co.	North Bay	Methanol	—	Formaldehyde	—
Borden Chemical Co.	West Hill	Methanol	—	Formaldehyde	—
Brockville Chemical Ind.	Maitland	Natural Gas	8.5 mmcf/d	Ammonia Nitric Acid Ammonium Nitrate Liquor Ammonium Nitrate Prills Urea Liquor Urea Prills/Crystal Nitrogen Solutions	90,000 Tons 270,000 Tons 200,000 Tons 180,000 Tons 55,000 Tons 55,000 Tons 50,000 Tons
Cabot Carbon Ltd.	Sarnia	Petroleum Fractions	—	Carbon Black	175 Million Lbs.
Canadian Industries Ltd.	Courtright	Natural Gas	50 mmcf/d	Ammonia, Nitrogenous & Phosphatic Fertilizers	700,000 Tons
Canadian Industries Ltd.	Cornwall	Natural Gas	1.5 mmcf/d	Carbon Bisulphide, Carbon Tetrachloride Sodium Hydrosulphide	31,000 Tons 17,000 Tons 10,000 Tons
Celanese Canada	Cornwall	Naphtha	750 b/d	Methanol	120 Million Lbs.

TABLEAU 2.1

**DOMESTIC DISPOSITION OF SELECTED
REFINED PRODUCTS
IN BARRELS DAILY**

	Ontario	Prairies & NWT	Quebec & Maritimes	British Columbia	Total
GASOLINE					
1976	218,800	132,800	201,600	63,300	616,500
1975	215,000	126,300	199,100	62,400	602,800
1974	210,000	118,100	188,500	61,900	578,500
1973	206,900	115,400	188,500	58,500	569,300
1972	188,200	106,400	168,100	53,100	515,800
1971	180,000	102,200	157,600	49,900	489,700
1970	168,000	98,900	155,800	46,000	468,700
1969	160,200	94,800	145,600	44,400	445,000
1968	154,000	90,900	137,200	41,000	423,100
1967	145,300	86,000	127,600	38,800	397,700
AVIATION TURBO FUEL					
1976	19,400	15,500	23,100	8,500	66,500
1975	19,600	14,900	23,700	8,700	66,900
1974	18,900	14,200	22,900	7,800	63,800
1973	15,900	11,800	22,600	6,700	57,000
1972	13,600	11,200	19,700	5,500	50,000
1971	13,000	10,300	18,800	5,300	47,400
1970	12,600	9,500	18,400	5,300	45,800
1969	11,200	8,700	17,600	4,400	41,900
1968	9,800	7,400	16,200	3,500	36,900
1967	9,000	6,900	14,300	3,000	33,200
KEROSENE, STOVE OIL & TRACTOR FUEL					
1976	6,500	7,900	25,500	3,400	43,300
1975	6,700	9,300	24,400	4,500	44,900
1974	7,200	9,100	26,500	4,500	47,300
1973	7,500	8,600	29,100	4,800	50,000
1972	9,000	10,200	32,900	5,300	57,400
1971	9,700	8,900	30,600	5,300	54,500
1970	9,800	8,300	30,800	4,600	53,500
1969	9,600	8,200	31,300	4,600	53,700
1968	9,400	8,700	30,000	5,500	53,600
1967	10,300	8,300	30,100	4,700	53,400
DIESEL FUEL OIL					
1976	46,600	61,500	64,400	30,500	203,000
1975	44,600	59,900	58,800	28,000	190,500
1974	43,600	53,700	60,800	31,400	189,500
1973	39,600	48,600	56,600	29,200	174,000
1972	34,400	46,300	47,900	26,200	154,800
1971	32,900	42,100	43,900	24,200	143,100
1970	30,700	39,200	41,400	20,700	132,000
1969	28,400	37,400	41,400	20,400	127,600
1968	27,000	35,800	37,500	19,100	119,400
1967	23,300	34,500	37,700	18,600	114,100
LIGHT FUEL OIL					
1976	103,800	12,000	162,400	16,600	294,800
1975	96,200	13,300	153,600	17,800	280,900
1974	105,600	16,000	159,800	16,800	298,200
1973	105,300	13,800	156,600	19,100	294,800
1972	114,000	13,500	155,400	19,700	302,600
1971	110,600	13,400	141,500	18,600	284,100
1970	104,800	12,800	145,300	16,400	279,300
1969	100,700	13,100	127,600	16,600	258,100
1968	102,000	12,600	124,600	13,200	252,400
1967	96,900	13,000	109,700	13,300	232,900
HEAVY FUEL OIL					
1976	81,200	6,700	212,000	25,500	325,400
1975	72,600	10,300	205,000	23,300	311,200
1974	88,800	9,400	221,500	28,600	348,300
1973	89,900	10,000	227,400	26,200	353,500
1972	86,900	9,800	225,400	24,300	346,400
1971	90,500	9,400	217,600	24,200	341,700
1970	92,900	9,800	212,200	23,700	338,600
1969	83,500	9,700	201,300	27,000	321,500
1968	84,500	9,400	184,900	27,000	305,800
1967	82,200	10,900	165,000	29,000	287,100

TABLEAU 22

REGIONAL MARKET GROWTH BY PRODUCT

1967 — 1976

	Gasoline		Aviation Turbo Fuel		Kerosene		Diesel		LightFuel Oil		HeavyFuel Oil	
	B/D	% In-crease	B/D	% In-crease	B/D	% In-crease	B/D	% In-crease	B/D	% In-crease	B/D	% In-crease
Ontario	73,500	50.6	10,400	115.6	-3,800	-36.9	23,300	100.0	6,900	7.1	-1,100	-1.2
Prairies & NWT	46,800	54.4	8,600	124.6	-400	-4.8	27,000	78.3	-1,000	-7.7	-4,200	-38.5
Quebec & Maritimes	74,000	58.0	8,800	61.5	-4,600	-15.3	26,700	70.8	52,700	48.0	47,000	28.5
British Columbia	24,500	63.1	5,500	183.3	-1,300	-27.7	11,900	64.0	3,300	24.8	-3,500	-12.1
Total	218,800	55.0	33,300	100.3	-10,100	-18.9	88,900	77.9	61,900	26.6	38,300	13.3

LA PREVISION TECHNOLOGIQUE ET L'INDUSTRIE DU QUEBEC

OPPORTUNITES ET DEFIS

3^E COLLOQUE AUGUSTIN-FRIGON - 4 ET 5 MAI 1977

ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL

SECTEUR II - LES FACTEURS DE PRISE DE DECISION DANS
LES GRANDS SECTEURS DE L'INDUSTRIE DU
QUEBEC.

POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE LA

PETROCHIMIE AU QUEBEC

AVILA VENDETTE
GOUVERNEMENT DU QUEBEC
MINISTERE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE
1, PLACE VILLE-MARIE - SUITE 2300
MONTREAL, QUEBEC
H3B 3M6

INTRODUCTION

MONSIEUR LE PRESIDENT, MESDAMES, MESDEMOISELLES ET MESSIEURS, C'EST UN HONNEUR POUR MOI DE VOUS FAIRE PART DE MES VUES PERSONNELLES SUR LE "POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE LA PETROCHIMIE AU QUEBEC". L'HORAIRE DU PROGRAMME NE PERMET QUE D'EFFLEURER LE SUJET; CEPENDANT, J'ESPERE POUVOIR VOUS INTERESSER ET VOUS MONTRER LA COMPLEXITE DE LA SITUATION AU QUEBEC. JE SUIS CONVAINCU QUE LES ECHANGES, DURANT LES DEUX JOURS DU SYMPOSIUM, VONT M'ECLAIRER AFIN D'AMELIORER LES PERSPECTIVES DE LA PETROCHIMIE AU QUEBEC.

DEFINITION DE LA PETROCHIMIE

LA DEFINITION DE LA PETROCHIMIE VARIE BEAUCOUP D'UN PAYS A UN AUTRE, D'UNE PROVINCE A UNE AUTRE ET MEME D'UN INDIVIDU A UN AUTRE. POUR CE COLLOQUE, NOUS NOUS LIMITERONS SURTOUT A LA PARTIE DE LA PETROCHIMIE QUI DEBUTE AVEC LES MATIERES PREMIERES (GAZ NATUREL, GAZ DE RAFFINERIE, NAPhte ET GAZ OIL) ET QUI SE TERMINE AVEC LES HYDROCARBURES ALIPHATIQUES ET AROMATIQUES ET LES MONOMERES. DONC, IL S'AGIT DE LA PARTIE DE LA PETROCHIMIE QUI FAIT LE CRAQUAGE DE DIFFERENTES COUPES D'HYDROCARBURES LEGERS, MOYENS ET LOURDS POUR ENSUITE EN EXTRAIRE ET SEPARER LES HYDROCARBURES ALIPHATIQUES, AROMATIQUES ET LES MONOMERES.

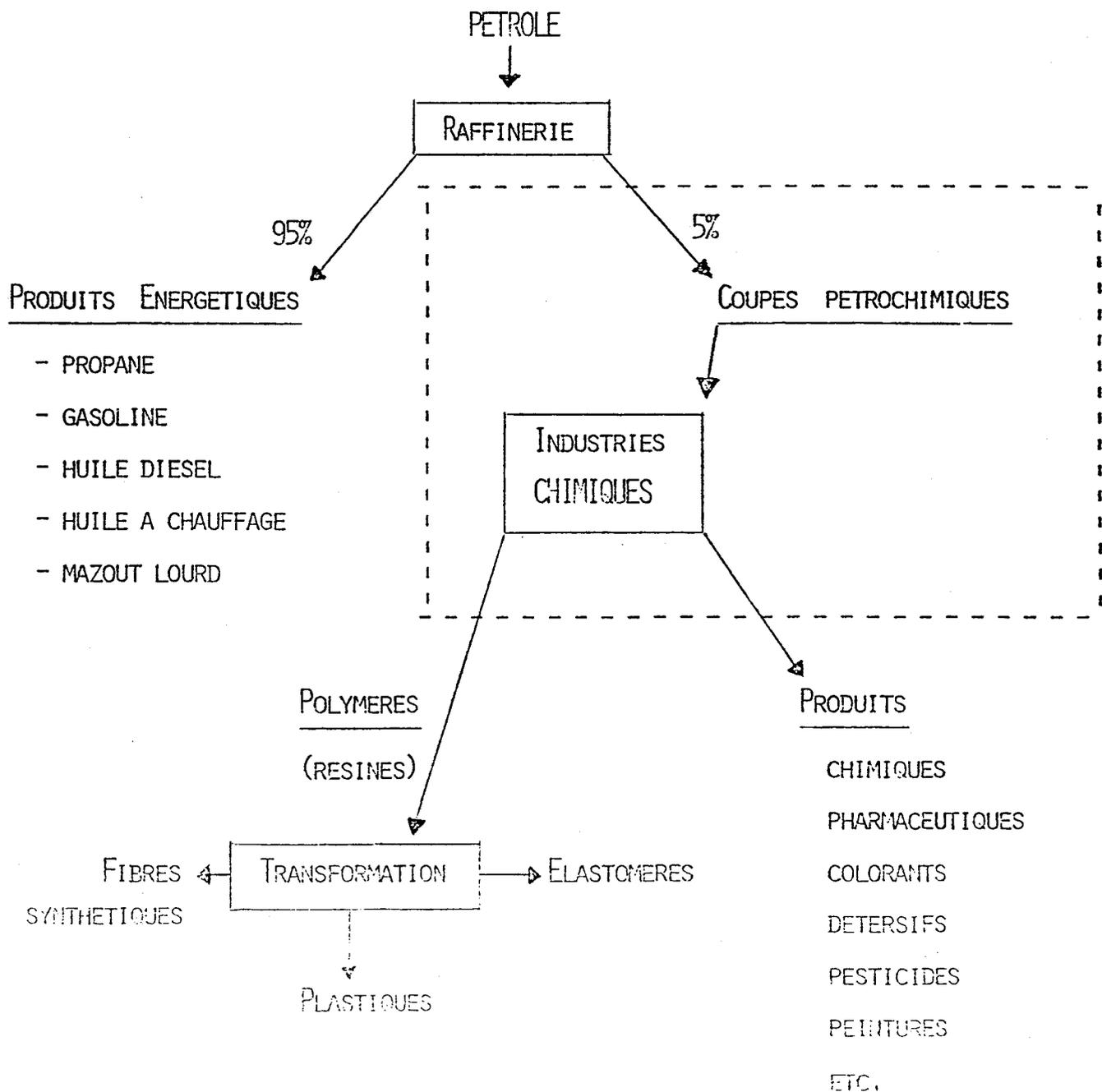
POUR ILLUSTRER LA PARTIE DE LA PETROCHIMIE EN QUESTION (ENTRE LES LIGNES POINTILLEES) SUR LE TABLEAU NO. 23.

EXEMPLE UTILISE

DONNER UNE EXPANSION A CETTE PARTIE DE LA PETROCHIMIE QUI A UNE CAPACITE ACTUELLE DE 700 MILLIONS DE LIVRES / AN A 1.2 MILLIARDS DE LIVRES / AN D'ETHYLENE TOUT EN RATIONALISANT LES UNITES EXISTANTES A MONTREAL-EST ET A VARENNES.

EVOLUTION PETROCHIMIQUE

TRADITIONNELLEMENT, LA PETROCHIMIE N'A REPRESENTE QU'UNE PART MINIME DE L'INDUSTRIE PETROLIERE, N'ACCAPARANT QUE 4 A 5% DU VOLUME DE PETROLE BRUT POUR DONNER TOUT L'EVENAIL DES MATIERES PLASTIQUES ET AUTRES PRODUITS DE SYNTHESE.



PUISSANCE TECHNOLOGIQUE DE LA PETROCHIMIE

A - VALEUR AJOUTEE

LE POINT DE DEPART EST UNE FRACTION DE L'HUILE BRUTE QUI EST SOUVENT BRULEE COMME COMBUSTIBLE POUR SA VALEUR ENERGETIQUE, DONC UNE VALEUR NOMINALE, QUI EST RAPIDEMENT MULTIPLIEE PAR QUATRE LORS DE LA TRANSFORMATION PRIMAIRE PAR CRAQUAGE TEL QU'ILLUSTRE ENTRE LES LIGNES POINTILLEES DU TABLEAU NO. 24.

LA VALEUR DES EXPEDITIONS DE LA PETROCHIMIE DE CE SECTEUR EST ESTIMEE A \$175 MILLIONS; TANDIS QUE LES EXPEDITIONS DU SECTEUR SECONDAIRE APPROCHENT \$650 MILLIONS.

B - ECHELLE MONDIALE

LE COUT PAR UNITE DE PRODUCTION DECROIT GENERALEMENT AVEC L'AUGMENTATION DE LA TAILLE DU CRAQUEUR. AUX ETATS-UNIS, AU JAPON ET EN EUROPE VERS 1955, LA TAILLE MOYENNE D'UNE USINE D'ETHYLENE ETAIT DE 200 - 300 MILLIONS DE LIVRES PAR ANNEE TANDIS QU'AUJOURD'HUI LA TAILLE MOYENNE ATTEINT 1.0 A 1.2 MILLIARD DE LIVRES PAR ANNEE. ON ESTIME QUE LA TAILLE DE LA PLUPART DES USINES PETROCHIMIQUES VA SE STABILISER A CE NIVEAU. LES UNITES CANADIENNES A CAUSE DE LEUR FAIBLE TAILLE ONT ETE PRESQUE TOUTOURS EN DIFFICULTE POUR COMBATTRE LES IMPORTATIONS DE PRODUIT DE TRANSFORMATION PRIMAIRE ET SURTOUT SECONDAIRE ET TERTIAIRE.

C - CAPITAL INTENSIF

EN 1975 AU CANADA, L'INVESTISSEMENT EN PETROCHIMIE ETAIT EVALUE A \$200,000 PAR EMPLOYE, SOIT QUATRE FOIS PLUS QUE LA MOYENNE DES INDUSTRIES MANUFACTURIERES. ON PREVOIT QU'EN 1978, L'INVESTISSEMENT PAR EMPLOYE ATTEINDRA \$500,000. LA PRODUCTIVITE PAR EMPLOYE, MESUREE EN TERME VALEUR AJOUTEE, EST D'ENVIRON LE DOUBLE DE LA MOYENNE DE L'INDUSTRIE MANUFACTURIERES ET TRES PROCHE DE CELLE DU RAFFINAGE DE PETROLE.

EVOLUTION PETROCHIMIQUE

TOUTEFOIS, LA VALORISATION DE CES COUPES PETROCHIMIQUES EST TELLEMENT IMPORTANTE QUE LES PRODUITS FINIS DERIVES DE CES MAIGRES 5% DU PETROLE ONT UNE VALEUR COMPARABLE A CELLE DES 95% A USAGE ENERGETIQUE CE QUE L'ON PEUT COMPRENDRE EN VISUALISANT LE SCHEMA CI-DESSOUS:

PRODUIT DU DEPART

- PETROLE BRUT \$1.00

VALEUR
EQUIVALENTE

TRANSFORMATION PRIMAIRE (BASE CHIMIQUE)

- ETHYLENE 4.50

- BENZENE 3.00

TRANSFORMATION SECONDAIRE (MONOMERE)

- CHLORURE DE VINYLE 18.00

- CYCLOHEXANE - CAPROLACTAME 21.00

TRANSFORMATION TERTIAIRE (POLYMERE)

- PVC 72.00

- NYLON 66 OU NYLON 6 85.00

TRANSFORMATION QUATERNAIRE (PRODUIT FINI)

- EMBALLAGE PLASTIQUE (PVC) 230.00

- TAPIS (NYLON - POLYESTER - POLYPROPYLENE) 300.00

LES CÔUTS EN CAPITAL AU CANADA SONT BEAUCOUP PLUS ÉLEVÉS (ENVIRON 25%) QUE SUR LE "GULF COAST" NOTRE PLUS GRAND COMPÉTITEUR À CAUSE:

- 1- CLIMAT (ISOLATION);
- 2- CÔUT DE LA MAIN-D'ŒUVRE;
- 3- CÔUT DE L'ÉQUIPEMENT.

D - PERSONNEL

LA PÉTROCHIMIE EMPLOIE ENVIRON UN DIPLOMÉ UNIVERSITAIRE SUR CINQ EMPLOYÉS. UN COMPLEXE PÉTROCHIMIQUE EST GRANDÉMENT AUTOMATISÉ ET UTILISE DES ORDINATEURS POUR CONTRÔLER LES PROCÉDÉS QUI REQUIÈRENT UN PERSONNEL HAUTÉMENT QUALIFIÉ ET BIEN ENTRAÎNÉ. LE SALAIRE MOYEN DANS CE SECTEUR EST DE 35% PLUS ÉLEVÉ QUE LA MOYENNE DES INDUSTRIES MANUFACTURIÈRES.

AU QUÉBEC, L'INDUSTRIE PÉTROCHIMIQUE DE TRANSFORMATION PRIMAIRE ET SECONDAIRE REPRÉSENTÉE PAR UNE TRENTAINE DE FIRMES, EMPLOIE PRES DE 5,000 PERSONNES ET LA VALEUR DES EXPÉDITIONS EST ESTIMÉE À PLUS DE \$800 MILLIONS.

DEVELOPPEMENT DE LA PÉTROCHIMIE

A - DANS LE MONDE

TOUS LES PAYS INDUSTRIALISÉS ONT UN OU PLUSIEURS COMPLEXES PÉTROCHIMIQUES ET LES DERNIERS VENUS SONT LES PAYS DU MOYEN-ORIENT QUI POURRONT APPORTER UNE VIVE CONCURRENCE APRÈS 1980.

B - AU CANADA (VOIR TABLEAU NO. 25)

POUR ILLUSTRER D'AVANTAGE L'IMPORTANCE DE CE SECTEUR DE LA PÉTROCHIMIE AU QUÉBEC, VOICI SA STRUCTURE EN 1977. (VOIR TABLEAU NO. 26)

DEVELOPPEMENT DE LA PETROCHIMIE AU CANADA

EN DEHORS DU QUEBEC, IL Y A DEUX AUTRES CENTRES, SOIT A SARNIA ET EDMONTON QUI SONT TOUS DEUX EN PLEINE EXPANSION.

SARNIA - FEED STOCK NAPhte ET GAZ DE RAFFINERIES (20%)

<u>FIRMES</u>	<u>CAPACITE THEORIQUE</u>
Esso	450 MILLIONS LBS / AN D'ETHYLENE
Dow *	100 MILLIONS LBS / AN D'ETHYLENE
PETROSAR **	1,200 MILLIONS LBS / AN D,ETHYLENE

* ON S'ATTEND A CE QUE L'UNITE DE DOW FERME SES PORTES EN 1980 ALORS QUE LE COMPLEXE DE L'ALBERTA FOURNIRA DOW (SARNIA) PAR PIPELINE.

** PETROSAR DONT LE CAPITAL EST FORME DE: POLYSAR - 40%, C.D.C. - 20%, DU PONT - 20%, UNION CARBIDE - 20%. ELLE VA ENTRER EN PRODUCTION EN OCTOBRE 1977. ON ESTIME LE COUT DU COMPLEXE A \$650 MILLIONS.

ALBERTA - FEED STOCK ETHANE

<u>FIRMES</u>	<u>CAPACITE THEORIQUE</u>
C.I.L. (EDMONTON)	70 MILLIONS LBS / AN D'ETHYLENE
A.G.E. (JOFFRE)	1,200 MILLIONS LBS / AN D'ETHYLENE

A.G.E. = ALBERTA GAS ETHYLENE DONT LE CAPITAL EST DETENU INDIRECTEMENT PAR LE GOUVERNEMENT ALBERTAIN; PRESENTEMENT EN CONSTRUCTION POUR MISE EN ROUTE EN 1979.

DEVELOPPEMENT DE LA PETROCHIMIE AU CANADA

SUITE

QUEBEC - FEED STOCK NAPHTE ET GAZ DE RAFFINERIES (25%)

<u>FIRMES</u>	<u>CAPACITE THEORIQUE</u>
GULF (VARENNES)	525 MILLIONS LBS / AN D'ETHYLENE
UNION CARBIDE (MTL.-EST)	175 MILLIONS LBS / AN D'ETHYLENE

GULF CRAQUE DIFFERENTS NAPHTE, TANDIS QU'UNION CARBIDE EXTRAIT L'ETHYLENE DES GAZ DE RAFFINERIES ET CRAQUE UN MELANGE D'HYDRO-CARBURES LEGERS TEL QUE ETHANE, PROPANE, N-BUTANE AVEC UN PEU DE NAPHTE.

MARITIMES -

CETTE PROVINCE A EGALEMENT DES AMBITIONS AVEC SON PROJET "PETRONOVA" MAIS SON SEUL AVANTAGE ACTUEL EST SON SUPERPORT AU DETROIT DE CANSO.

STRUCTURE DE LA PETROCHIMIE QUEBECOISE EN 1977ETHYLENEPRODUCTEURS

- GULF (VARENNES)
- UCCL (MONTREAL-EST)

PRINCIPAUX PRODUITS DERIVES

- | | |
|--------------------|----------------------------------|
| - POLYETHYLENE BD | - UCCL (MONTREAL-EST) |
| - OXYDE D'ETHYLENE | - UCCL (MONTREAL-EST) |
| - ETHANOL | - COMMERCIAL ALCOHOLS (VARENNES) |

PROPYLENEPRODUCTEURS

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| - BP (ANJOU) | - SHELL (MONTREAL-EST) |
| - GULF (VARENNES & MONTREAL-EST) | - UCCL (MONTREAL-EST) |
| - PETROFINA (PTE-AUX-TREMBLES) | |

PRINCIPAUX PRODUITS DERIVES

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| - CUMENE | - GULF (MONTREAL-EST) |
| - PHENOL | - GULF (MONTREAL-EST) |
| - ACETONE | - GULF (MONTREAL-EST) |
| - POLYPROPYLENE | - HERCULES (VARENNES) |
| - ALCOOLS OXO (2 - E.H.) | - BASF (LAVAL) |
| - ISOPROPANOL | - SHELL (MONTREAL-EST) |
| - NONENE | - PETROFINA (PTE-AUX-TREMBLES) |
| - BUTANOL | - BASF (LAVAL) |

STRUCTURE DE LA PETROCHIMIE QUEBECOISE EN 1977

SUITE

C₄ 'S (BUTYLENES - BUTADIENE)PRODUCTEURS

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| - GULF (VARENNES) | - SHELL (MONTREAL-EST) |
| - PETROFINA (PTE-AUX-TREMBLES) | - UCCL (MONTREAL-EST) |

PRINCIPAUX PRODUITS DERIVES

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| - METHYL-ETHYL-CETONE | - SHELL (MONTREAL-EST) |
| - POLYBUTENES | - PETROFINA (PTE-AUX-TREMBLES) |

BENZENEPRODUCTEURS

- GULF (MONTREAL-EST)
- PETROFINA (PTE-AUX-TREMBLES)

PRINCIPAUX PRODUITS DERIVES

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| - CUMENE - PHENOL | - GULF (MONTREAL-EST) |
| - CYCLOHEXANE | - GULF (MONTREAL-EST) |
| - ANHYDRIDE MALEIQUE | - MONSANTO (LA SALLE) |

O - XYLENEPRODUCTEURS

- PETROFINA (PTE-AUX-TREMBLES)

PRINCIPAUX PRODUITS DERIVES

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| - ANHYDRIDE PHTALIQUE | - BASF (CORNWALL) |
| - SOLVANTS | - PETROFINA (PTE-AUX-TREMBLES) |

OPPORTUNITE DU QUEBEC POUR OBTENIR UN
COMPLEXE PETROCHIMIQUE DE TAILLE MONDIALE

A - FEEDSTOCK (MATIERE PREMIERE)

ALIMENTATION PETROCHIMIQUE POSSIBLE PAR SEPT RAFFINERIES QUEBECOISES SI UNE BONNE PARTIE Y CONTRIBUE. TEMPORAIREMENT, ON PEUT COMPTER SUR UN APPROVISIONNEMENT PARTIEL EN HUILE BRUTE DE L'ALBERTA ET COMPLETER PAR DES IMPORTATIONS VIA LE PIPELINE DE PORTLAND - MONTREAL ET VIA "SUPER TANKER" POUR ST-ROMUALD. DE TOUTE FACON, LE COUT DU PETROLE BRUT NE SERA PAS SUPERIEUR AU NIVEAU MONDIAL.

LA PRESENCE DE GRANDES QUANTITES D'ELECTRICITE A COUT COMPETITIFS S'AVERE UN ATOUT CAR L'ELECTROLYSE DU SEL PROCURE AU QUEBEC UN EXCEDENT DE CHLORE; CE QUI PERMET D'ENVISAGER DES USINES DE TAILLE MONDIALE POUR LA FABRICATION DU CHLORURE DE VINYLE ET DE SOLVENTS CHLORES.

B - MARCHE

COMME ON L'A MONTRE SUR LE TABLEAU NO. 26, A MONTREAL ET AUX ENVIRONS, ON A DEJA UN GRAND NOMBRE D'UTILISATEURS POUR LA PLUPART DES PRODUITS DE CRAQUAGE. D'AILLEURS, LA PLUPART DE CES USINES DE TRANSFORMATION SONT RELIEES ENTRE ELLES PAR PIPELINE. PLUSIEURS DE CES UTILISATEURS SONT PRETS A ABSORBER UNE PARTIE DES OLEFINES PRODUITES D'UN SYSTEME DE CRAQUAGE AGRANDI ET DE TAILLE MONDIALE (1.0 A 1.2 MILLIARDS DE LIVRES / AN D'ETHYLENE). EVIDEMMENT, IL FAUT PREVOIR LA VENUE DE DEUX OU TROIS NOUVELLES USINES POUR FABRIQUER DES PRODUITS NOUVEAUX AFIN DE CONSOMMER PRESQUE TOUTE LA PRODUCTION DU VAPOCRAQUEUR DONT LES PRINCIPAUX PRODUITS SONT:

<u>PRODUITS</u>	<u>% EN POIDS</u>
HYDROGENE	1
METHANE	16.7
ACETYLENE	0.6
ETHYLENE	31.3
ETHANE	4.3
C ₃ ET C ₄ ACETYLENIQUES	1.1
PROPYLENE	16.2
PROPANE	0.5
BUTADIENES	4.7
ISOBUTENES	2.1
N - BUTENES	1.9
BUTANES	0.2
GAZOLINE DE PYROLYSE (C ₅ A 190° C)	17.9
MAZOUT DE PYROLYSE (190° C +)	1.5
	<u>100.0</u>

RENDEMENTS TYPIQUES POUR LE NAPHTE A LA SORTIE DU FOUR APRES UNE PASSE.

C - PERSONNEL TECHNIQUE

LE QUEBEC DISPOSE D'UN PASSE CHIMIQUE DE PLUS DE 75 ANS ET D'UNE EXPERIENCE PETROCHIMIQUE DE PLUS DE 25 ANS CE QUI LUI A PERMIS DE BATIR UNE GRANDE EXPERIENCE DANS CE DOMAINE.

EN PLUS D'UN RESERVOIR DE MAIN-D'OEUVRE QUALIFIEE EXISTANT, IL Y A TOUT UN RESEAU D'UNIVERSITES ET DE CEGEP QUI VONT AMELIORER LA RELEVÉ.

D - INFRASTRUCTURE

L'INFRASTRUCTURE DANS L'AXE DE MONTREAL-EST, LAVAL ET VARENNES EST PRESQUE COMPLETE POUR ACCUEILLIR UN COMPLEXE PETROCHIMIQUE A L'ECHELLE MONDIALE.

E - TRANSPORT

L'OUVERTURE MARITIME DU QUEBEC SUR L'ATLANTIQUE ET SUR LES GRANDS LACS LUI PERMET D'ENVISAGER DES MARCHES MONDIAUX POUR ECOULER L'EXCEDENT DE PRODUITS QUI NE SERAIT PAS UTILISE AU QUEBEC. SI ON ENVISAGE VERS 1982 - 84 UN APPROVISIONNEMENT PETROLIER IMPORTE NON SEULEMENT POUR LE QUEBEC MAIS AUSSI PARTIELLEMENT POUR L'ONTARIO, L'AVANTAGE D'ETRE EN TETE DE LIGNE SERA CETTE FOIS POUR LE QUEBEC. L'ALIMENTATION PETROCHIMIQUE POURRA ETRE SUPPLEMENTEE PAR LES RAFFINERIES DES MARITIMES.

DEFIS DU QUEBEC

MALHEUREUSEMENT, LES DEFIS A RELEVER SONT AUSSI NOMBREUX QUE LES OPPORTUNITES. IL S'AGIRA DE BIEN SOUPESER LE TOUT POUR EN ARRIVER A UNE CONCLUSION VALABLE.

A - ASSURANCE DE FEEDSTOCK

IL S'AGIT D'OBTENIR UN CONTRAT DE FOURNITURE D'ALIMENTATION PETROCHIMIQUE A LONG TERME (10 ANS ET PLUS). OR, LES COMPAGNIES PETROLIERES SONT PLUS OU MOINS ATTIREES PAR CETTE PHASE DE LA PETROCHIMIE; AU CANADA SEULEMENT ESSO A SARNIA ET GULF A MONTREAL SONT IMPLIQUES. JUSQU'A DATE, LES PRODUITS ENERGETIQUES ONT UNE MEILLEURE RENTABILITE ECONOMIQUE ET L'INDUSTRIE PETROLIERE EST VRAIMENT INTERESSEE A L'ALIMENTATION PETROCHIMIQUE SEULEMENT LORSQU'IL Y A UN EXCEDENT DE CAPACITE COMME C'EST LE CAS PRESENTEMENT.

B - MARCHE

LES PRODUITS ET LEURS DERIVES DU COMPLEXE MONTREALAIS DEVRONT FAIRE FACE A LA CONCURRENCE DE:

- 1 - SARNIA - PETROSAR ET ESSO QUI SONT DEJA EN PLACE ET QUI AURONT UNE BONNE AVANCE DE QUATRE - CINQ ANS SUR MONTREAL. L'EXCEDENT DE PRODUCTION A SARNIA VA REFOULER JUSQU'A MONTREAL POUR QUELQUES ANNEES SEULEMENT.

2 - ALBERTA - AGE - L'EXCEDENT DE LA PRODUCTION DES DERIVES SECONDAIRES DE CE COMPLEXE, QUI AURA DEUX - TROIS ANS D'AVANCE SUR NOUS, AURA TENDANCE A REFOULER SUR MONTREAL MEME AVEC LES COUTS DE TRANSPORT EXHORBITANTS AFIN DE MAINTENIR LA PRODUCTION A UN NIVEAU RENTABLE. LA DUREE DE CETTE SITUATION EST FONCTION DES TARIFS QUI SERONT EN VIGUEUR AU ETATS-UNIS AU DEBUT DES ANNEES 80.

3 - COMPETITION INTERNATIONALE - LE CANADA ET LE QUEBEC EN PARTICULIER, A CAUSE DE SON ACCES MARITIME, ONT TOUJOURS ETE UN TERRAIN FERTILE POUR ACCUEILLIR LES EXCEDENTS DE PRODUCTION DES AUTRES PAYS.

C - DISPONIBILITE DES CAPITAUX

L'INVESTISSEMENT NECESSAIRE POUR MODERNISER CETTE PARTIE DE LA PETROCHIMIE EST EVALUE A ENVIRON \$300 MILLIONS. PLUSIEURS DES MULTINATIONALES SONT DEJA SURCHARGEES PAR DES DEPENSES EN CAPITAL AU QUEBEC ET SURTOUT EN ONTARIO ET EN ALBERTA; DONC, AVANT D'INVESTIR AU QUEBEC, ELLES EXIGENT CERTAINES ASSURANCES ET SURTOUT UNE BONNE RENTABILITE. LES RESSOURCES DU GOUVERNEMENT QUEBECOIS SONT LIMITEES; IL FAUDRA DONC IMPLIQUER LE FEDERAL QUI SEMBLE AVOIR DES RESSOURCES ILLIMITEES.

D - CONSTRUCTION

LORSQUE LE FEU VERT SERA DONNE, IL FAUDRA QUE L'EXPANSION SE FASSE EN VITESSE. AUCUN RALENTISSEMENT DE LIVRAISON D'EQUIPEMENT MAJEUR NE POURRA ETRE TOLERE. LE VRAI DEFI POUR LE QUEBEC SERAIT UNE CONSTRUCTION AVEC LA PRODUCTIVITE TRADITIONNELLE DES ANNEES D'AVANT 1975 ET SANS GREVES. UN RETARD D'UN AN DANS CE GENRE DE PROJET COUTE PLUS DE \$30 MILLIONS EN FRAIS D'INTERETS SUR LE CAPITAL SANS COMPTER LE MANQUE A GAGNER.

LA MISE EN MARCHÉ D'UN TEL PROJET PEUT COUTER \$5 A \$10 MILLIONS. LES RETARDS FAVORISENT D'AUTRES CONSTRUCTIONS SEMBLABLES PAR DES CONCURRENTS ET ENTRAINENT LA PERTE DES MARCHES.

E - ECOLOGIE ET PERMIS

UN PROJET DE CETTE NATURE DEMANDE UNE SERIE DE PERMIS ET D'APPROBATIONS PAR LES AUTORITES GOUVERNEMENTALES. UNE SERIE DE MINISTERES TANT AU FEDERAL QU'AU PROVINCIAL SONT IMPLIQUES EN PLUS DES MUNICIPALITES, DES AGENCES GOUVERNEMENTALES ET PARA - GOUVERNEMENTALES. DE TOUTE EVIDENCE UN TEL PROJET A BEAUCOUP D'INCIDENCE SUR L'ENVIRONNEMENT; LE MILIEU, L'EAU, L'AIR, LE BRUIT ET L'HYGIENE INDUSTRIELLE SONT DES FACTEURS QUI DEMANDENT DES ETUDES APPROFONDIES. LES SITUATIONS OU LES GOUVERNEMENTS OU LES MINISTERES SE METTENT A TOURNER EN ROND PEUVENT CAUSER DES RETARDS TELS QUE LE PROJET PEUT ETRE ABANDONNE.

MECANISME DE PRISE DE DECISION

SCENARIO 1

UNE MULTINATIONALE SEULE FAIT LE PROJET, CECI EST DE MOINS EN MOINS PROBABLE. MEME AUX ETATS-UNIS ON FORME DES CONSORTIUM DE DEUX OU TROIS MULTINATIONALES.

SCENARIO 2

UN GOUVERNEMENT SEUL FAIT LE PROJET COMME EN ALBERTA. CETTE DECISION S'APPUIE SUR DEUX CRITERES QUI N'EXISTENT PAS AU QUEBEC:

- 1 - CONTROLE DE GRANDES RESERVES DE GAZ, D'HUILE ET DE SABLES BUTIMINEUX SUR LE TERRITOIRE;
- 2 - BONNES RESSOURCES FINANCIERES.

SCENARIO 3

CONSORTIUM D'UNE MULTINATIONALE ET D'UN GOUVERNEMENT - QUEBEC OU FEDERAL. CECI EST PEU PROBABLE A CAUSE D'INCERTITUDE DES CAPACITES D'INTERVENTION DE PART ET D'AUTRE CONCERNANT L'APPROVISIONNEMENT OU LES MARCHES.

SCENARIO 4

CONSORTIUM D'UNE MULTINATIONALE AVEC LE GOUVERNEMENT FEDERAL ET LE GOUVERNEMENT DU QUEBEC. C'EST UNE CONJONCTURE POSSIBLE, CAR LES RESPONSABILITES ET LES RISQUES SONT PLUS PARTAGES.

SCENARIO 5

UN CONSORTIUM DE MULTINATIONALES PEUT TRES BIEN FAIRE LE PROJET EN AUTANT QU'IL Y AIT AU MOINS UNE COMPAGNIE PETROLIERE (POUR ASSURER L'ALIMENTATION PARTIELLEMENT) ET AU MOINS UNE COMPAGNIE PETROCHIMIQUE POUR CONSOMMER PARTIELLEMENT LA PRODUCTION. L'IDEAL SERAIT D'AVOIR DEUX COMPAGNIES PETROLIERES ET DEUX COMPAGNIES PETROCHIMIQUES; MAIS AVEC QUATRE PARTENAIRES, LE MECANISME DE DECISION DEVIENT LONG ET DIFFICILE. DONC, UN CONSORTIUM DE DEUX OU TROIS MULTINATIONALES SERAIT SOUHAITABLE.

SCENARIO 6

CONSORTIUM DE MULTINATIONALES ET GOUVERNEMENT FEDERAL - L'EXEMPLE TYPIQUE EST PETROSAR A SARNIA. L'ACCOUCHEMENT DU PROJET FUT LONG ET DIFFICILE MAIS IL SEMBLE QUE LE PROJET SERA VIABLE ET RENTABLE. LA FAIBLESSE DE CE CONSORTIUM EST QU'IL Y A EN REALITE QUATRE PARTENAIRES DONT TROIS SONT DES CONSOMMATEURS ET SEULEMENT UN (CDC) EST UNE SOURCE D'ALIMENTATION POTENTIELLE OU EVENTUELLE.

SCENARIO 7

CONSORTIUM DE MULTINATIONALES ET GOUVERNEMENT DU QUEBEC, C'EST UNE EXPERIENCE A TENTER. DANS CE CAS-CI ON VERRAIT AU MOINS UNE COMPAGNIE PETROLIERE ET UNE COMPAGNIE CONSOMMATRICE AVEC LE QUEBEC.

CONCLUSION

LES SCENARIOS 4, 5, 6 ET 7 ONT TOUS DES POSSIBILITES DE SUCCES CAR LES AVANTAGES NATURELS DU QUEBEC (TRANSPORT MARITIMES, MARCHES, MAIN-D'OEUVRE, ELECTRICITE) NE CHANGERONT PAS DANS LES PROCHAINES ANNEES. PLUSIEURS INCONVENIENTS PASSES (LIMITATION DES MARCHES POTENTIELS ET COUTS DE PRODUCTION ELEVES) ET PRESENTS (PETROLE IMPORTE) SERONT MINIMISES DES 1981 - 1982.