

Direction des écosystèmes aquatiques

**CONTAMINATION DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS
DES RIVIÈRES AFFECTÉES
PAR LES CRUES EXCEPTIONNELLES DU SAGUENAY**

PRÉLIMINAIRE

Par

Hélène Bleau, biologiste, M.Sc.

et

Louise Lapierre, biologiste, M.Sc.

Ministère de l'Environnement et de la Faune

Juin 1998

CONTAMINATION DE L'EAU ET DE SÉDIMENTS DES RIVIÈRES AFFECTÉES PAR LES CRUES EXCEPTIONNELLES DU SAGUENAY

Bleau, H. et L. Lapierre. 1998. *Contamination de l'eau et de sédiments des rivières affectées par la crue de juillet 1996 au Saguenay Lac-Saint-Jean*, dans MEF (éd.), Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Rapport d'étape.

PRÉLIMINAIRE

RÉSUMÉ

Les pluies diluviennes survenues dans la partie sud du grand bassin versant du Saguenay Lac-Saint-Jean en juillet 1996 ont causé de sérieux dommages. Des quantités importantes de sédiments ont été charriés et déposés aux embouchures des rivières, en plus du transport de certains produits chimiques provenant d'installations commerciales, industrielles et municipales. Une étude sur la contamination de l'eau et des sédiments de surface a été réalisée à l'automne 1997 aux embouchures des rivières aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha ! affectées par les crues exceptionnelles. La station témoin est située en amont de la rivière Chicoutimi.

Les sédiments sont généralement peu contaminés. L'analyse en métaux, en BPC et en HAP dans les échantillons de sédiments a été effectuée sur la fraction granulométrique inférieure à 180 µm. En comparant les teneurs en métaux aux critères intérimaires de la qualité des sédiments, on retrouve des dépassements au niveau du seuil sans effet dans le cas du mercure (0,004-0,034 mg/kg) et du zinc (41-119mg/kg) au site témoin. Concernant les résultats des contaminants organiques, certains HAPs excèdent le seuil sans effet sur l'ensemble des sites, à l'exception de la rivière Ha !Ha !. Les teneurs en HAP totaux varient de 0,23 à 0,67µg/g de poids sec sans différence significative entre les sites. Les 45 congénères de BPC n'ont été détectés à aucun des sites. Ces dépassements du critère de qualité des sédiments sont peu problématiques puisqu'ils se situent dans la plage des teneurs pouvant être tolérée par la majorité des organismes benthiques. La faible contamination en métaux et en HAP des sédiments de surface comparativement aux teneurs antérieures aux embouchures des rivières s'expliquerait par une encapsulation par des nouveaux sédiments propres sur les anciens plus contaminés suite aux crues de juillet 1996.

Pour ce qui est de la contamination de l'eau, les dépassements de critères sont fréquents et avec parfois de grandes amplitudes. Les méthodes de grand volumes et en ultra-traces ont été utilisées pour déterminer la contamination de l'eau. Le mercure total dépasse le critère santé humaine dans 90% des cas jusqu'à 2,66 fois et excède le critère faune piscivore pour toutes les stations jusqu'à 3,68 fois. Les teneurs élevées en mercure à la rivière Ha !Ha ! (4,79 ng/L) sont étroitement liées à la charge importante de matière en suspension qui provient de l'instabilité des berges causée par la crue. Cette dernière est suivie, par ordre d'importance, des stations témoin, aux Sables, Chicoutimi et à Mars. Les HAPs totaux à potentiel cancérigène dépassent dans 60% des cas le critère santé humaine jusqu'à 7,37 fois. Les stations les plus contaminées en HAP totaux sont Ha !Ha !, Chicoutimi et témoin (113 à 316,93 ng/L) et sont suivies des stations à Mars et aux Sables. Les BPC totaux en novembre dépassent le critère santé humaine à toutes les stations jusqu'à 15,25 fois et excèdent le critère faune piscivore dans 80% des cas jusqu'à 5,6 fois. La rivière Ha !Ha ! la plus contaminée en BPC (671 pg/L), est 6 fois supérieure aux teneurs des autres stations. Les teneurs en équivalence toxique des dioxines et des furanes excèdent de manière importante les critères santé humaine et faune piscivore soit de 1,2 à 24 et de 1,4 à 102 fois respectivement, pour l'ensemble des stations, à l'exception de la rivière aux Sables. Les teneurs en dioxine et furane, principalement concentrées dans la phase particulaire (80-100%), sont plus importantes à la station témoin (0,32 pg/L) d'au moins 6 fois les teneurs présentes aux autres stations.

Les dépassements des critères de qualité de l'eau pour ces contaminants sont préoccupants et indiquent la nécessité d'intervenir sur les sources. La contamination importante en dioxine et furane, en HAP, en BPC et en mercure pour les stations Ha !Ha !, témoin, à Mars et Chicoutimi proviendrait principalement des apports récents tels que la déposition des apports atmosphériques via les émissions des usines environnantes (alumineries et papetières) et via la combustion de bois et de débris, le ruissellement des sites de déchets dangereux, les effluents municipaux et les trop pleins de débordement. La contamination pourrait être influencée par des particules contaminées remis en suspension par l'érosion des berges instables causée par la crue.

MOTS CLÉS : contaminants, HAP, dioxines, furanes, BPC, mercure, métaux, eau, sédiments, qualité de l'eau, grand volume, ultra-traces, Saguenay, rivière Chicoutimi, rivière aux Sables, rivière Mars, rivière Ha !Ha !

PRÉLIMINAIRE

INTRODUCTION

Les pluies diluviennes (279mm), qui se sont abattues entre le 19 et le 21 juillet 1996 sur la partie sud du bassin versant du Saguenay Lac-Saint-Jean, ont occasionné de sévères inondations, provoquant de sérieux dommages aux résidences, aux infrastructures municipales, industrielles et routières. Le gonflement des eaux des lacs et des rivières et la grande vitesse d'écoulement ont provoqué le décapage des rives et l'élargissement du lit des rivières. Des millions de mètres cubes de matériaux et de sédiments ont alors été charriés et déposés à l'embouchure des rivières et du fjord du Saguenay. On rapporte une accumulation de sédiments de 30 à 40 cm d'épaisseur au centre de la baie des Ha !Ha ! (Walsh et Bourgeois, 1997). À cela s'ajoute des produits chimiques provenant des établissements industriels, municipaux, des résidences et de divers équipements (transformateurs, réservoirs d'essence). Les municipalités qui ont subies les plus lourds dommages sont Chicoutimi, Jonquière, Laterrière, La Baie, Ferland et Boilleau, et l'Anse Saint-Jean. Cela s'explique par leur localisation par rapport aux bassins versants où les plus fortes pluies se sont concentrées sur les rivières Chicoutimi, du Moulin, aux Sables, Ha !Ha !, à Mars, et Saint-Jean. Les quatre premières municipalités citées ci-haut font parties des pôles démographiques et industriels du Saguenay Lac-Saint-Jean.

En plus des contaminants déversés lors de la crue, les industries, les sites de déchets toxiques, les sols contaminés, les effluents municipaux et les apports atmosphériques rejettent des toxiques persistants et bioaccumulatifs dans le milieu aquatique. La plupart des métaux, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les biphényles polychlorés (BPC) et les dioxines et les furanes peuvent, selon les concentrations, affecter la santé des organismes présents dans le milieu aquatique et même la santé humaine. Des teneurs relativement élevées en HAP et en métaux, principalement le mercure ont été mesurées dans le passé dans les sédiments fins prélevés en aval des alumineries et dans le fjord du Saguenay (Gobeil et Cossa, 1984 ; Laliberté, 1991 ; Ouellet, 1979 ; Paul et Laliberté, 1985 ; Pelletier et Canuel, 1988 ; Primeau et Goulet, 1983). Selon M. Emilien Pelletier (communication personnel), les apports de sédiments en provenance des bassins versants peuvent être considérés comme exempt de contaminants et viendraient recouvrir les sédiments contaminés.

Afin de vérifier le recouvrement des substances toxiques aux embouchures des rivières et la contamination résiduelle de l'eau et des matières en suspension, le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, par l'entremise de la Direction des écosystèmes aquatiques, a analysé les contaminants organiques et inorganiques de l'eau et des sédiments de surface à l'automne 1997 aux embouchures des rivières aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha !, ainsi qu'à une station témoin en amont de la rivière Chicoutimi.

De nouvelles techniques d'échantillonnage et d'analyse (ultra-traces et grand volume) de l'eau nous permettent de détecter des concentrations très faibles de substances toxiques et d'estimer la contamination récente. De plus ces résultats pourront être comparés avec les critères de qualité de l'eau afin de prédire le risque à la santé humaine, sur la faune piscivore et aquatique et de dégager des actions à prendre pour réduire la pollution.

Les objectifs de cette étude sont de :

1. Déterminer la contamination de l'eau (BPC, HAP, dioxines et furanes et le mercure) et des sédiments de surface (BPC, HAP et en métaux) de certaines rivières affectées par les crues
2. Comparer les teneurs détectées dans les sédiments avec les données historiques
3. Comparer les teneurs de l'eau avec les études utilisant les techniques d'ultra-traces et de grand volume.
4. Comparer entre chacune des rivières la contamination de l'eau et des sédiments
5. Déterminer les risques potentiels pour la santé humaine, la vie aquatique et la faune piscivore en comparant avec les critères établis
6. Identifier les sources potentielles de contamination

DESCRIPTION DE L'AIRES D'ÉTUDE

La zone d'étude se situe à l'intérieur du bassin versant du Saguenay - Lac-Saint-Jean et porte sur les bassins des rivières aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha!Ha!. Ce territoire s'inscrit dans les basses terres du lac Saint-Jean et les hautes terres du plateau laurentien selon une topographie constituée de collines fluvio-glaciaires, de dépressions lacustres, d'entailles d'érosion, d'affleurement rocheux et de terrasses deltaïques (Min. Agriculture et Développement rural, 1972). Les principales municipalités concernées sont : Jonquière, Laterrière, Chicoutimi et La Baie. Ces dernières constituent les pôles démographiques et industriels (en pâtes et papiers et en métallurgie) les plus importants de la région du Saguenay.

À la suite de la description de chacun des bassins versants, les sources potentielles de contamination à chacun d'eux seront élaborées. Les sources majeures de contamination relèvent des rejets industriels, des lieux d'élimination de déchets dangereux, des émissaires municipaux, et des contaminants transportés accidentellement lors de la crue. La localisation des sources de contamination pour chacune des rivières est illustrée à la figure 1 et énoncée au tableau 1.

PRÉLIMINAIRE

Rivière aux Sables

La rivière aux Sables s'étend de l'exutoire du lac Kénogami, qui à lui seule draine une superficie de 3 392,9 km², et suit son cours jusqu'à son embouchure dans la rivière Saguenay à Jonquière sur une distance de 10,5 km en drainant une superficie d'environ 70 km². Le premier tronçon (5,8 km) est situé dans une zone récréo-touristique et on y retrouve le barrage Pibrac, qui contrôle partiellement les eaux du lac, à la bordure du Bouclier canadien. La rivière chemine ensuite dans la plaine argileuse jusqu'au périmètre urbanisé. Le second tronçon poursuit son cours dans la municipalité de Jonquière (population d'environ 60 000 habitants) dans la plaine argileuse, puis jusqu'au niveau du roc en aval. Cette section comporte trois barrages destinés à la production d'énergie hydroélectrique et à l'approvisionnement en eau. Le débit annuel moyen de ce cours d'eau est évalué à 42,5 m³/s. Mis ensemble avec le bassin de la Chicoutimi, le couvert forestier représente environ 89% et les activités agricoles environ 5% de l'ensemble du territoire.

Sources de contamination

Deux industries de pâtes et papiers rejettent leurs eaux usées dans la rivière aux Sables, Division Paperboard Jonquière inc. et Abitibi-Consolidated inc., division Kénogami. Division Paperboard produit un carton multicouches à partir de la pâte mécanique, de la pâte kraft blanchie et de fibres secondaires. Elle possède une capacité nominale de production de 143 000 t/a. Depuis 1990, des traitements primaire et secondaire (1995) ont été mis en service afin de réduire le volume d'eaux usées et de respecter les normes environnementales de rejet. Son effluent (débit de 5 912 m³/d, 1994) est déversé au pied du barrage Price dans la rivière aux Sables à un kilomètre de son embouchure. La caractérisation de son effluent, par le plan d'action Saint-Laurent en 1994, ne révèle pas la présence de dioxines et de furanes (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement et de la Faune, 1995a). Abitibi-Consolidated inc., division Kénogami, fabrique des papiers spéciaux à partir de pâte chimio-thermo-mécanique, de pâte mécanique et kraft blanchie. La capacité nominale de production est de 220 000 t/a. La compagnie rejette ses eaux usées (débit de 46 000 m³/d, 1994) dans la Chute-à-Caron, un bras du Saguenay, en aval de la rivière aux Sables. La mise en service d'un traitement secondaire par boue activée (1995), a réduit de 90% les teneurs en matières en suspension (MES) et en demande biologique en oxygène (DBO₅) par rapport aux valeurs de 1988 (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement et de la Faune, 1995b).

On retrouve deux lieux d'élimination de déchets dangereux où leurs eaux de surface, filtrée dans le premier cas, s'écoulent en direction de la rivière aux Sables : le parc à déchets solides de Cascades Jonquière Inc. et le parc à déchets solides de l'unité d'affaires de Kénogami d'Abitibi-Price. Ces lieux d'élimination reçoivent des boues de décantation, des boues de chaux, des cendres de bouilloire, des écorces, des fibres et des copeaux. Les boues et cendres sont susceptibles de contenir divers métaux lourds, de carbonate de calcium et de sodium. Les métaux

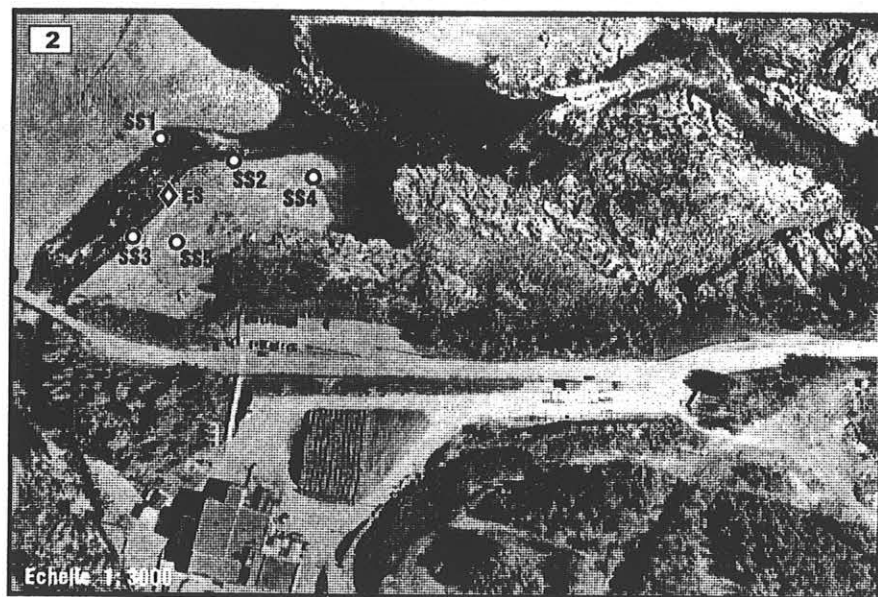
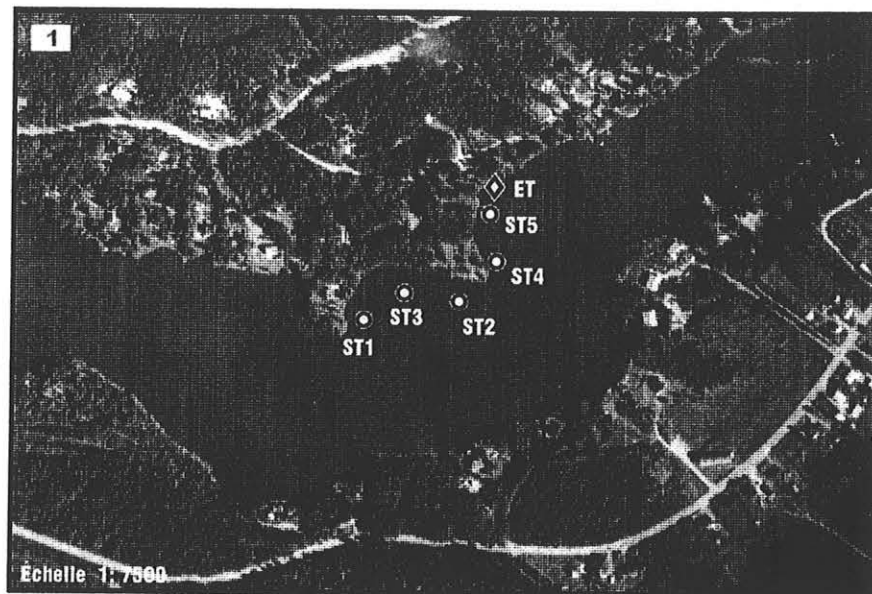
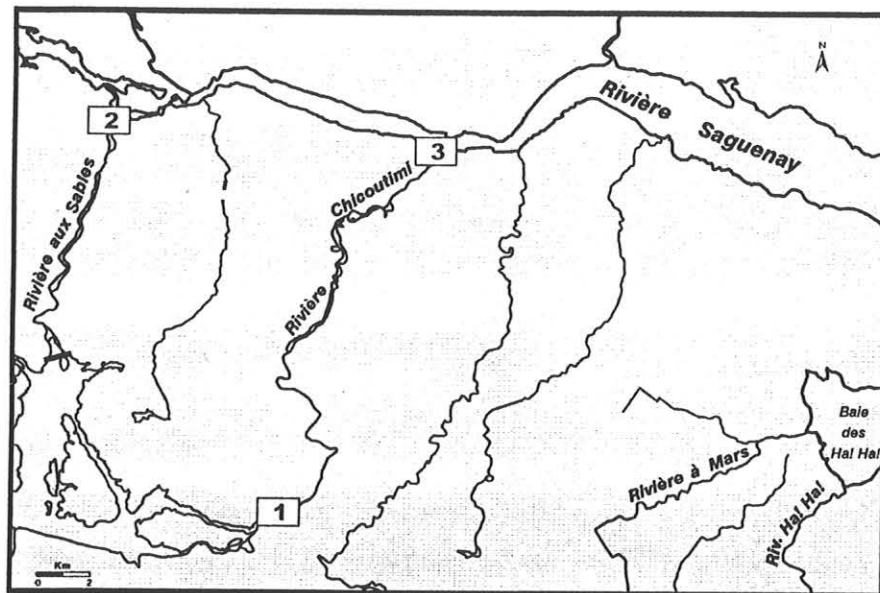
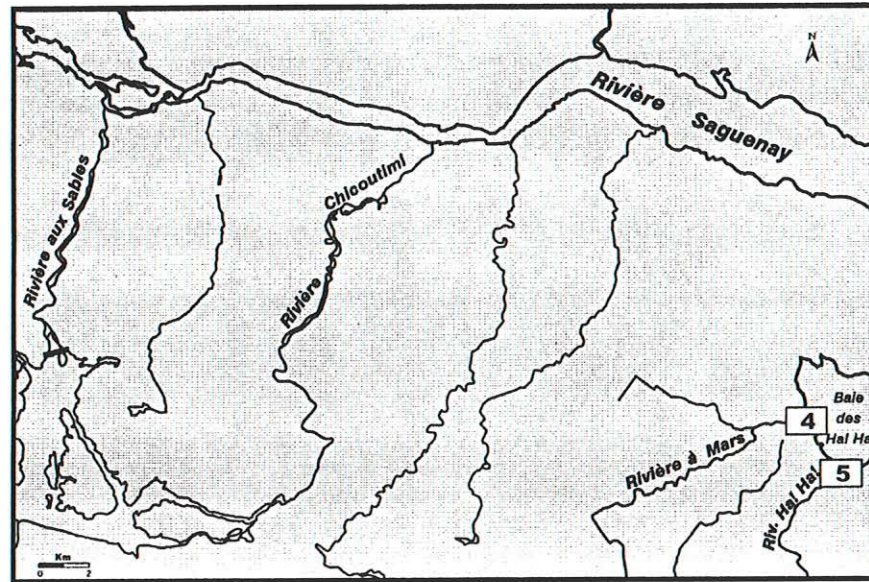


Figure 1a Stations d'échantillonnage de l'eau (♦) et des sédiments (○) aux embouchures des rivières Chicoutimi (3) et aux Sables (2), et au site témoin (1)

PRÉLIMINAIRE



PRÉLIMINAIRE

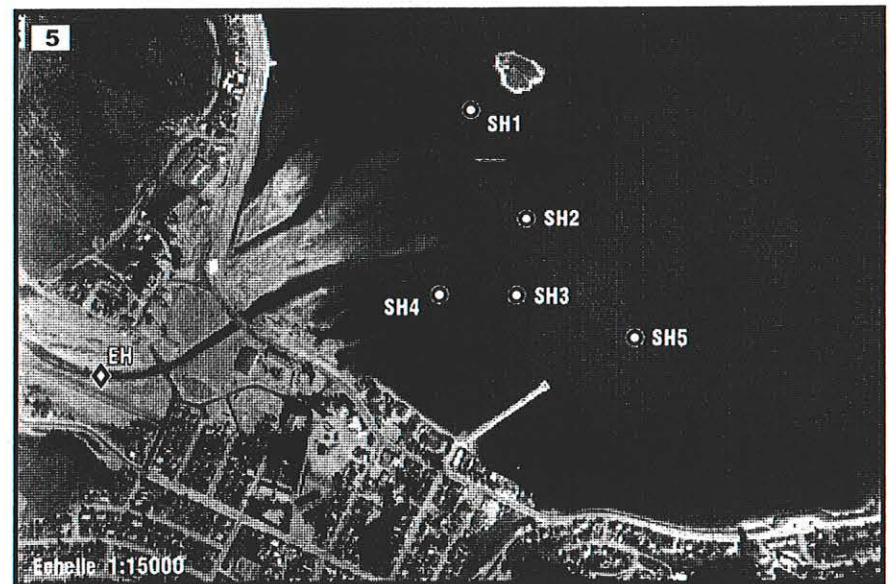


Figure 1b Stations d'échantillonnage de l'eau (♦) et des sédiments (○) aux embouchures des rivières à Mars (4) et Ha!Ha! (5)

PRÉLIMINAIRE

Tableau 1 Sources réelles et potentielles de contamination dans la zone d'étude en 1997

Points de rejets	Type ¹	Sources	Secteur / contaminants	Catégories ²
Rivière aux Sables	M	Ville de Jonquière	Trop pleins de débordements des eaux usées de Jonquière/ MES, DBO, DCO	
	I	Abitibi-Consolidated inc., Division Kénogami	Pâtes meules /MES, DBO, DCO, acides gras et résiniques	
	I	Division Paperboard Jonquière inc.	Carton multicouche / MES, DBO, acides gras et résiniques, hydrocarbures	
	D	Parc à déchets solides de la cartonnerie Paperboard Jonquière	Noeuds, fibres, copeaux, lies, grès surplus de boues de chaux	III
	D	Parc à déchets solides de la cie Price de Kénogami	Boues de décanteur, cendres de bouloire et écorces	III
Rivière Chicoutimi	M	Ville de Chicoutimi	Trop pleins de débordement des eaux usées de Chicoutimi/ MES, DCO, DBO	
	D	Lac de boues rouges de la compagnie Alcan à Laterrière	Boues rouges (riche en fer et basique) et blanches (riche en plomb et arsenic)	II
	D	Elkem Metal Canada	Scories synthétiques, briques réfractaires et ferraille	III
	D	Ancien site d'enfouissement sanitaire de Laterrière	Déchets domestiques/ lixiviat	
Rivière à Mars	M	Ville de La Baie	Trop pleins de débordement des eaux usées de La Baie/ MES, DBO, DCO	
	I	Société d'électrolyse et de chimie Alcan, La Baie	Aluminerie/ DCO, MES, fluorures, HAP métaux, huiles et graisses	
	D	Site de dépôt de matériaux secs, La Baie	Déchets solides et industriels	
Rivière du Moulin	I	Société d'électrolyse et de chimie Alcan, Laterrière ³	Aluminerie/ SD, DCO, MES, métaux, huiles et graisses, HAP	
Rivière Saguenay (Baie des Ha!Ha!)	M	Ville de La Baie	Émissaire municipal de La Baie	
	I	Abitibi-Consolidated inc., Division Port-Alfred ³	Papier journal/ MES, acides gras et résiniques, hydrocarbures, sulfure	
	I	Société d'électrolyse et chimie Alcan Jonquière ³	Aluminerie/ MES, métaux, HAP, BPC huiles et graisses	
	I	Abitibi Consolidated Ltée, div. Kénogami ³	Pâtes et papiers/ MES, DBO, acides gras et résiniques, métaux	
	D	Amoncellements vieilles brasques, Alcan	Résidus des cuves électrolytiques	I
	D	Dépotoir de déchets solides de la compagnie Alcan	Poussière de coke, matériaux secs résidus de nettoyage et mercure	I
	D	Lac de boues rouges de la compagnie Alcan à Jonquière	Boues rouges et blanches, mercure brasques et gypse	I
	D	Elkem Metal Canada	Scories synthétiques, briques réfractaires et ferraille	III

¹ I = Industries D = Lieux d'élimination de déchets dangereux M = Réseau municipal

² Catégories des lieux d'élimination de déchets dangereux utilisés par le MEF (MENVIQ, 1990).

³ Les effluents de ces 4 usines se jettent dans le Saguenay mais les secteurs à l'étude pourraient être influencés (transport atmosphérique, le ruissellement etc...) par les contaminants rejetés par ces usines.

PRÉLIMINAIRE

Tableau 2 Situation géographique des stations échantillonnage des sédiments et de l'eau à l'automne 1997 à l'embouchure des rivières et en amont de la rivière Chicoutimi pour le site témoin

Rivière	Type	N°court	N° BQMA	Identification de la station	UTM est (m)	UTM nord (m)
Chicoutimi (témoin)	sédiments	ST1	6100120	3,1km aval barrage Portage-des-roches, Laterrière	338 870	5 351 880
		ST2	6100121	3,13km aval barrage Portage-des-roches, Laterrière	338 910	5 351 900
		ST3	6100122	3,16km aval barrage Portage-des-roches, Laterrière	338 960	5 351 940
		ST4	6100123	3,19km aval barrage Portage-des-roches, Laterrière	339 040	5 351 980
		ST5	6100124	3,22km aval barrage Portage-des-roches, Laterrière	339 030	5 352 030
	eau	ET	6100116	3,22km aval barrage Portage-des-roches, Laterrière	339 030	5 352 020
aux Sables	sédiments	SS1	6670009	70m aval pont-route Alcan, Jonquière	333 790	5 367 740
		SS2	6670010	60m aval pont-route Alcan, Jonquière	333 830	5 367 730
		SS3	6670011	30m aval pont-route Alcan, Jonquière	333 800	5 367 690
		SS4	6290056	100m aval pont-route Alcan, Jonquière	333 860	5 367 690
		SS5	6290057	80m aval pont-route Alcan, Jonquière	333 820	5 367 650
	eau	ES	6670008	60m aval pont-route Alcan, Jonquière	333 830	5 367 700
Chicoutimi	sédiments	SC1	6100119	150m amont embouchure, Chicoutimi	346 470	5 365 730
		SC2	6100118	340m amont embouchure, Chicoutimi	346 510	5 365 580
		SC3	6100117	375m amont embouchure, Chicoutimi	346 490	5 365 530
		SC4	6290054	20m aval embouchure, Chicoutimi	346 530	5 365 960
		SC5	6290055	45m aval embouchure, Chicoutimi	346 570	5 365 960
	eau	EC	6100115	300m aval pont Delisle, Chicoutimi	346 180	5 365 400
à Mars	sédiments	SM1	6290044	Baie des Ha!Ha!, 500m aval embouchure	361 070	5 355 250
		SM2	6290045	Baie des Ha!Ha!, 450m aval embouchure	360 950	5 355 350
		SM3	6290046	Baie des Ha!Ha!, 600m aval embouchure	361 140	5 355 330
		SM4	6290047	Baie des Ha!Ha!, 700m aval embouchure	361 270	5 355 310
		SM5	6290048	Baie des Ha!Ha!, 300m quai de la Stone	361 390	5 354 320
	eau	EM	6070015	200 m amont pont route 170, La Baie	360 330	5 355 060
Ha!Ha!	sédiments	SH1	6290049	Baie des Ha!Ha!, 1 km aval embouchure	362 240	5 353 680
		SH2	6290050	Baie des Ha!Ha!, 600m aval embouchure	362 370	5 353 420
		SH3	6290051	Baie des Ha!Ha!, 650m aval embouchure	362 470	5 353 380
		SH4	6290052	Baie des Ha!Ha!, 500m aval embouchure	362 450	5 353 340
		SH5	6290053	Baie des Ha!Ha!, 800m aval embouchure	362 610	5 353 490
	eau	EH	6060018	300m amont pont route 170, La Baie	362 100	5 352 770

lourds peuvent contaminer la nappe d'eau souterraine et la rivière aux Sables. Cette contamination potentielle constitue un risque pour l'environnement sans toutefois menacer la santé publique (MENVIQ, 1990).

La municipalité de Jonquière traite ses eaux usées depuis 1986 et se jettent dans la rivière Saguenay à 4 km en aval de la rivière aux Sables. Par contre, 8 trop-pleins du poste de pompage du réseau d'égout se rejettent le long de la rivière aux Sables lors des pluies abondantes et contribuent à affecter la qualité de l'eau dans ce secteur en terme de résidus domestiques dangereux, de coliformes fécaux, de phosphore, etc...

Concernant les dégâts lors du déluge, les 2 tronçons ont subi de sévères inondations, décapage des rives, érosion dans certaines sections, perte de l'alimentation en eau, destruction de bâtiments (ponts, barrage, habitations). Une certaine quantité de produits chimiques nécessaires au fonctionnement du système de traitement secondaire de l'usine Cascades a été rejetée dans le milieu aquatique (12 750 L urée, 10 000 L d'acides phosphoriques, 5 250 L de chlorure ferrique et 9500 m³ de boues). Un mois après la reprise des opérations, une installation provisoire commença à traiter les effluents de l'usine. L'effluent de Cascades jusqu'en 1997 (nouveau système de traitement secondaire) a été de 5 900 m³/jour (Environnement Canada, 1996a). Le barrage d'Abitibi-Price a perdu 6 transformateurs et 2 disjoncteurs dans les eaux [5467 L d'huile de refroidissement (BPC < 2 ppm)] et de 180 L d'huile de lubrification; écoulement du lixiviat (10 L/min) du site d'enfouissement des boues d'Abitibi-Price pendant environ un mois. De plus, des eaux de débordement du réseau d'égout municipal et des eaux de lixiviation de sites d'enfouissement se sont écoulées pendant plusieurs mois suivant le déluge. Aussi il y a une quantité inconnue et non inventoriée de produits toxiques stockés par des commerçants et des particuliers qui a été emportée. Cette contamination selon Environnement Canada (1996a) est négligeable compte tenu de la dilution importante (débit > 600 m³/s) au maximum de la crue. Une quantité importante de sédiments a été déposée à l'embouchure de la rivière aux Sables.

PRÉLIMINAIRE

Rivière Chicoutimi

À son embouchure, la rivière Chicoutimi draine un bassin versant de 3 390 km². Elle prend sa source dans la Réserve faunique des Laurentides dans le secteur du grand lac Apica. Elle coule sur une distance de 110 km avant d'atteindre le lac Kénogami qui constitue le principal réservoir du bassin de la rivière Chicoutimi. Du barrage Portage-des-Roches, régularisant aussi le réservoir aux deux tiers, la rivière s'étend sur une distance de 25 km jusqu'au moyen Saguenay. Dans cette portion la rivière Chicoutimi traverse successivement les municipalités et les paroisses de Portage-des-Roches-Sud, Portage-des-Roches-Nord, Laterrière (4 836 hab.), Chute Garneau, Pont Arnaud et Chicoutimi (64 600 hab.). Le premier tiers de cette portion, où le fond est composé de blocs et d'affleurements rocheux, favorise une zone de villégiature qui s'étend jusqu'à la hauteur du bassin Laterrière. Le deuxième tronçon, où la rivière coule dans une large plaine composée de sédiments plus fins, s'étend jusqu'au barrage chute Garneau et renferme plusieurs fermes et installations de villégiature. La rivière est ensuite contrôlée par les barrages de Pont Arnaud, Abitibi Price (ancienne pulperie), et d'Elkem Métal, et suit son cours sur un fond rocheux puis de dépôt argileux jusqu'à l'embouchure. Le débit annuel moyen est de 68 m³/s.

Sources de contamination

Deux lieux d'élimination de déchets dangereux peuvent contaminer la rivière Chicoutimi : le lac des boues rouges de la Société Alcan à Laterrière et le dépotoir de Elkem Métal Canada Inc. Le lac des boues rouges, formé de trois bassins de sédimentation, est situé à 5 km à l'ouest de Laterrière, recevait par pipeline les boues du complexe de Jonquière contenant principalement des oxydes de fer très basiques. Ce lac repose sur un socle rocheux qui est quelque peu perméable. Cette eau de surface est drainée à l'est par le ruisseau Jean-Dechêne et à l'ouest par un ruisseau tributaire de la rivière Chicoutimi. Des analyses effectuées par Alcan décelaient un pH alcalin et une contamination de l'eau souterraine par le fluor. Ce lieu présente un potentiel de risque pour l'environnement mais n'a aucun risque sur la santé publique (MENVIQ, 1990).

Le dépotoir de Elkem Métal Canada Inc. a reçu depuis 1967 (maintenant fermé) les résidus provenant de la production de ferro-silicium, composés de scories synthétiques et de métaux oxydés (Si, Fe, Ca, Mg et Al). Le site

est situé à environ 600 m du lac de boues rouges de l'Alcan à Jonquière et son drainage s'effectue en surface vers la rivière Saguenay par ruissellement ou par la rivière Chicoutimi. Un système d'épuration des gaz du four est en opération depuis 1988. Le terrain d'Elkem ne présente aucun risque pour la santé publique mais représente un faible potentiel d'impact sur l'environnement.

Le réseau d'égout de la ville de Chicoutimi se jette dans le Saguenay en aval de la rivière du Moulin. Toutefois, quatre trop-pleins du poste de pompage situés près de l'embouchure de la rivière viendraient influencer la qualité de l'eau de la rivière Chicoutimi lors des pluies abondantes. De plus, le lixiviat de l'ancien lieu d'enfouissement sanitaire à Laterrière, administré par la MRC du Fjord du Saguenay, pourrait aussi influencer la qualité de l'eau de la rivière Chicoutimi. Ils procèdent présentement au recouvrement de ce lieu et l'analyse du lixiviat ne présente aucun dépassement des normes de rejet (Daniel Labrecque, communication personnel).

Concernant les dégâts du déluge, la crue a affecté les rives et le lit de la rivière Chicoutimi ainsi que les infrastructures riveraines : inondation des rives, érosion des berges, contournement de l'ouvrage Pont Arnaud (d'Hydro-Québec) entraînant une perte de 3 312 L de liquide de refroidissement de transformateurs (BPC < 50 ppm), perte de la prise d'eau de la ville de Chicoutimi, destruction de la voie ferrée et du pont de la Compagnie Alcan, et plusieurs bâtiments dans le secteur du bassin ont été emportés. La contamination dans la rivière serait négligeable compte tenu de la dilution importante (débit > 1200 m³/s) au maximum de la crue (Environnement Canada, 1996a).

PRÉLIMINAIRE

Rivière à Mars

La rivière à Mars est caractérisée par un bassin versant étroit ayant une superficie de 663 km² à son embouchure dans la baie des Ha !Ha ! à La Baie (21 647 hab.). La rivière prend sa source aux lacs Turcotte et à Mars et s'étend sur une distance de 95 km jusqu'à l'embouchure, en empruntant le plateau Laurentien et les basses terres du Saguenay. Ses principaux affluents sont le bras de l'Enfer et de la rivière au Gouland. Pour les bassins versants à Mars et Ha !Ha !, la forêt mixte (feuillus et épineux) recouvre de 88%, seule la partie aval près de la baie des Ha !Ha ! est consacrée à l'agriculture (5%) et une petite portion est urbanisée.

Sources de contamination

Deux usines sont situées à proximité de la rivière à Mars, la Société d'électrolyse et de chimie Alcan de La Baie (SECAL) et Abitibi-Consolidated inc., division Port-Alfred. La SECAL est située à environ un km au sud-est de la rivière à Mars. L'usine produit en grande partie du métal de première fusion par le procédé des anodes précuites pour l'électrolyse d'aluminium. L'usine de traitement biologique rejette un faible débit d'eaux usées, soit un maximum de 200 m³/d. Les eaux de ruissellement rejettent, quant à eux, un débit de 700 m³/d. Les effluents liquides sont déversés par des rigoles dans le lac Nérée, un petit étang dont la décharge s'écoule vers la rivière à Mars par un égout collecteur d'eau pluvial de la municipalité. Le procédé utilisé produit très peu d'émissions en HAP (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement et de la Faune, 1996).

Abitibi-Consolidated inc., division de Port-Alfred est localisée près de l'embouchure de la rivière à Mars, dans le secteur ouest de la baie des Ha !Ha ! où elle rejette ses eaux usées. L'usine fabrique du papier journal à partir de pâtes mécaniques, thermomécanique et chimique. Les principales substances toxiques trouvées dans les effluents effectués en 1990 par le PASL étaient, pour un débit de 61 624 m³/d, des huiles et graisses, des acides résineux, des sulfures, des phénols non-chlorés et des BPCs.

L'émissaire de l'usine d'épuration de la ville de La Baie se rejette dans la Baie des Ha !Ha ! à l'est des installations portuaires de Alcan et on compte trois trop-pleins du poste de pompage dans la rivière à Mars près de son embouchure pour lesquels viendraient influencer la qualité de l'eau. Le lixiviat du site de dépôt de matériaux sec, situé à 7 km en amont de l'embouchure de la rivière à Mars, pourrait aussi influencer la qualité de l'eau de la rivière à Mars.

Concernant l'impact de la crue, il n'y a pas eu de dommages qui ont laissés présumer une contamination chimique du milieu. La rivière s'est élargie et les infrastructures riveraines ont eu de sévères dommages (habitations, barrage, ponts, chemin de fer d'Alcan, routes). De plus, la conduite de l'usine d'épuration de la ville de la Baie a été emportée par les eaux. Il y a eu une forte érosion tout au long de la rivière entraînant un certain volume de sédiments graveleux, sableux et silteux (Groupe conseil Saguenay, 1997). La qualité de ces sédiments nouvellement déposés dans la baie des Ha !Ha ! serait exempt de contaminants et aurait eu comme impact positif de recouvrir les sédiments contaminés, notamment par le mercure (Walsh et Bourgeois, 1996).

Rivière Ha !Ha !

La rivière Ha !Ha ! est caractérisée par un bassin versant allongé ayant une superficie totale à son embouchure dans la baie des Ha !Ha ! de 610 km². La rivière Ha !Ha ! prend sa source dans le réservoir du lac Ha !Ha ! régularisé par le barrage de la Stone-Consolidated inc. de Port-Alfred, afin d'assurer son alimentation en eau, et s'étend sur une distance de 38 km jusqu'à son embouchure dans la ville de La Baie. Ses principaux affluents sont, en rive gauche, le Bras-d'Hamel qui traverse la municipalité de Ferland-et-Boilleau (691 hab.) et en rive droite, le Ruisseau-des-Cèdres. Cette rivière a été divisée en trois tronçons à partir du lac Ha !Ha ! selon le substrat et l'utilisation du milieu. Les deux premiers tronçons (30 km), du Lac Ha !Ha ! aux chutes à Gamelin, sont encaissés dans une vallée étroite du bouclier et leurs utilisations sont surtout l'agro-foresterie et la villégiature. Le dernier tronçon (8 km), partage les chutes à Gamelin à l'embouchure en empruntant une vallée à fond plat encaissée dans une plaine argileuse (basses terres du Saguenay). Le débit annuel moyen en 1995 était de 8,5 m³/s à l'embouchure de la rivière Ha !Ha !.

PRELIMINAIRE

Sources de contamination

Il n'y a aucune usine et trop-plein du poste de pompage des égouts municipaux qui occupent les rives de la rivière Ha !Ha !. Par contre la rivière peut être contaminée par la déposition atmosphérique de contaminants provenant des émissions des usines citées ci-haut suivant les vents dominants du nord-ouest ainsi que des contaminants trappés dans le lac Ha !Ha !.

Le débit lors de la crue aurait atteint 500 m³/s par simulation à l'exutoire du barrage de la Stone. Les nombreux dommages au lit, aux berges et aux infrastructures provoqués par les crues se sont concentrés essentiellement le long de la rivière Ha !Ha ! depuis le lac Ha !Ha !. À certains endroits, le lit de la rivière a été élargi de 150 m et a entraîné la destruction d'un quartier dans le secteur de Grande-Baie à La Baie. Depuis la crue du 19 et 20 juillet jusqu'avant la crue du printemps, le Groupe conseil Saguenay (1997) a estimé que la rivière Ha !Ha ! a transporté à son embouchure entre 200 000 et 300 000 tonnes de sédiments sableux, silteux et argileux d'origine terrestre. Ils ont noté alors, un rehaussement de 1 m à 1,5 m des battures dans la baie des Ha !Ha !. De plus une teneur maximale en matière en suspension a été enregistrée (2 100 mg/L) à la prise d'eau de la Stone-Consolidated le 25 juillet 1996.

MÉTHODOLOGIE

Dans le but d'évaluer la contamination des rivières perturbées par les pluies diluviennes de juillet 1996, l'eau et les sédiments de surface ont été analysés.

Sédiments

Stations et méthodes d'échantillonnage des sédiments de surface

Une campagne d'échantillonnage des sédiments de surface destinés aux analyses des contaminants organiques et des éléments traces a été réalisée en début octobre 1997 à l'embouchure de quatre rivières: aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha !. Cinq sites d'échantillonnage ont été choisis selon les impacts importants de la crue sur ces rivières et selon les apports industriels et municipaux. À chacun des sites, cinq stations séparées d'au moins de 20 m ont été

échantillonnées de façon arbitraire. Le site témoin est à 3 km en aval du barrage Portage-des-Roches du lac Kénogami sur la rivière Chicoutimi et à 4,5 km en amont de la prise d'eau de la municipalité de Laterrière. La liste de ces stations apparaît au tableau 2 et leur localisation est illustrée à la figure 1.

À chacune des stations, cinq prélèvements furent effectués à l'aide d'une benne Ponar à l'intérieur de 2 m² afin d'obtenir un volume d'environ 3L de sédiments. Les échantillons ont été recueillis dans les premiers centimètres de surface pour s'assurer que l'analyse s'effectue dans les sédiments les plus récents. De plus, les sédiments sont récoltés au centre de la masse contenue dans la benne afin d'éviter la contamination.

Les matériaux choisis pour travailler sur les échantillons respectent ceux destinés aux analyses des contaminants organiques et inorganiques comme c'est aussi le cas pour les techniques de lavage, de prélèvement et de stockage (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement du Québec, 1992b;1994 ; Mudroch et Macknight, 1991).

Les sédiments, en vue d'analyses des contaminants organiques et de granulométrie, sont homogénéisés dans un bol à mélanger en acier inoxydable, transvidés dans un pot en verre (1L) de type «Masson» et refermés d'un couvercle muni d'une feuille d'aluminium prélavée. Ces échantillons sont conservés à l'obscurité à 4°C jusqu'à l'analyse granulométrique, puis à -24°C jusqu'à l'analyse effectuée au laboratoire de chimie organique du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec à Ste-Foy. Quant aux sédiments destinés à l'analyse des métaux, ils sont homogénéisés dans un bol à mélanger en verre et transvidés dans un sac en polyéthylène de type «whirl pack» (1L). Ils sont aussi conservés à 4°C durant le transport, puis à -24°C jusqu'à l'analyse des métaux traces effectuée au laboratoire de chimie inorganique du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Ste-Foy.

Dosage des HAPs et des BPCs dans les sédiments

PRÉLIMINAIRE

Comme les teneurs des contaminants sont en partie reliées à la taille des particules (< 180µm), une analyse granulométrique a été réalisée par tamisage humide au compteur « multisizers » de *Coulter*. Après tamisage, le passant est asséché avec du sulfate de sodium puis est extrait aux solvants (hexane : acétone et dichlorométhane). L'extrait est filtré, concentré et purifié sur colonne de silice pour les HAPs ou sur colonne de silice avec cuivre activé en tête pour les BPCs. Après concentration, l'extrait est injecté dans un chromatographe en phase gazeuse muni d'un détecteur de spectrométrie de masse opéré en mode d'ions sélectifs (méthode #405-BPCHAP 1.0, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1996).

Les BPC (47 congénères) sont quantifiés individuellement à l'aide d'une solution étalon de concentration connue. La validation de l'analyse pour chaque échantillon est effectuée à l'aide de 3 étalons ajoutés avant l'extraction et de 4 étalons avant l'injection. Dans le cas des HAPs, les 26 produits sont dosés par comparaison avec un mélange étalon et corrigés par rapport à 15 HAPs deutérés, ajoutés en début d'analyse.

Dosage des métaux-traces dans les sédiments

Les échantillons destinés au dosage des métaux (Pb, Cd, Cu, Cr, Li, Fe, Ni et Zn) sont homogénéisés, séchés (105°C) et sont digérés en milieu acide. Les métaux ainsi extraits sont analysés par spectrophotométrie d'émission atomique au plasma d'argon (MENVIQ. 87.09/205 - 1.1). Dans le cas de l'analyse du mercure, les sédiments humides sont digérés à l'acide dans un milieu oxydant. Les ions mercuriques amenés sous forme gazeuse dans une cellule sont dosés par spectrophotométrie d'adsorption atomique avec formation de vapeur (MENVIQ. 86.11/205 - Hg 1.1). Les concentrations des métaux sont déterminées par comparaison entre l'absorbance qui leur sont propres de l'échantillon et celles des solutions étalons.

Évaluation du niveau de contamination des sédiments

Les teneurs mesurées dans les sédiments sont comparées aux critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement du Québec, 1992a).

Ces critères sont divisés en trois niveaux d'évaluation selon les effets sur les organismes benthiques : le seuil sans effet (SSE), le seuil d'effets mineurs (SEM) et le seuil d'effets néfastes (SEN). Les SSE sont définis comme étant les teneurs de base, sans effet chronique ou aigu. Les SEM sont les teneurs où sont observés des effets mais qui sont tolérés par la majorité des organismes benthiques. Les SEN représentent les teneurs qui suscitent des effets nuisibles pour la majorité des organismes benthiques. Les critères pour lesquelles les substances ont été analysées, sont représentés au tableau 3.

Tableau 3 Seuils sans effet, seuils d'effets mineurs et seuils d'effets néfastes pour l'évaluation de la qualité des sédiments

Substances en ($\mu\text{g/g}$)	Seuil sans effet ¹	Seuil d'effets mineurs ¹	Seuil d'effets néfastes ^{1,2}
HAP			
Naphtalène	0,02	0,4	0,6
Acénaphthylène	0,01	-	-
Acénaphthène	0,02	-	-
Fluorène	0,01	-	-
Phénanthrène	0,03-0,07	0,4	0,8
Anthracène	0,02	-	-
Fluoranthène	0,02-0,2	0,6	2
Pyrène	0,02-0,1	0,7	1
Benzo(a)anthracène	0,05-0,1	0,4	0,5
Chrysène	0,1	0,6	0,8
Benzo(b+i)fluoranthène	0,03	-	-
Benzo(k) fluoranthène	0,03	-	-
Benzo(a)pyrène	0,01-0,1	0,5	0,7
Indéno(1,2,3 c,d)pyrène	0,07	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	0,005	-	-
Benzo(g,h,i)pérylène	0,1	-	-
BPC totaux			
BPC totaux	0,02	0,2	1
Cadmium	0,2	0,9	3
Chrome	55	55	100
Cuivre	28	28	86
Mercure total	0,05	0,2	1
Nickel	35	35	61
Plomb	23	42	170
Zinc	100	150	540

PRÉLIMINAIRE

¹ tirés de Environnement Canada et Ministère de l'Environnement, 1992a

² les SEN (en $\mu\text{g/g}$ pour 1% COT) doivent être normalisés pour chacun des échantillons en le multipliant par le pourcentage de COT de l'échantillon.

Analyse statistique

Les comparaisons des teneurs en contaminants et de la granulométrie des sites ont été réalisées au moyen d'un Anova sur les rangs. Un test de Tukey a été réalisé lorsqu'une différence significative était décelée afin de dégager les sites significativement différents. Dans le cas de l'eau, aucune analyse statistique n'a été prise étant donné le faible effectif ($n=2$).

Eau

Stations d'échantillonnage de l'eau

L'eau de surface a été prélevée pour les analyses des contaminants organiques (BPC, HAP, dioxines et furanes), du mercure et des paramètres conventionnels à deux périodes, en octobre et novembre 1997. Quatre stations ont été échantillonnées à environ 1 km en amont de l'embouchure des rivières affectées par la crue: aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha ! Ha ! afin d'éviter l'influence des marées et d'être situé en aval des apports industriels et municipaux. Le site témoin, comme pour les sédiments, se trouve sur la rivière Chicoutimi en aval du réservoir Kénogami, à Laterrière. La liste de ces stations apparaît au tableau 2 et leur localisation est illustrée à la figure 1.

PRELIMINAIRE

Échantillonnage et dosage des contaminants organiques dans l'eau

Afin de détecter des concentrations des contaminants organiques présents à des niveaux d'ultra-traces ($\leq$ ng/L) dans l'eau des rivières, il est nécessaire de concentrer des grands volumes d'échantillon. On nomme alors cette technique «échantillonnage à grand volume». L'échantillonnage à grand volume nécessite l'utilisation d'une technique propre afin de réduire la contamination de l'échantillon provenant de sources exogènes (air, matériaux, échantillonneur) (Cossa et al., 1996). Les matériaux choisis pour travailler sur ces échantillons d'eau sont: le verre, l'acier inoxydable, le Téflon et l'aluminium. Le matériel utilisé est préalablement lavé et décontaminé aux solvants selon les techniques de lavage d'Environnement Canada (Cossa et al., 1996). Des gants en polyéthylène ont été utilisés pour toutes les opérations, du prélèvement à l'analyse. L'analyse des contaminants organiques s'effectue sur les phases dissoute et particulaire de l'échantillon d'eau et pour cela, nous avons procédé à la filtration sur le site de prélèvement.

À chacun des sites, un volume total de 53,5 L d'eau a été filtré en bordure de la rivière en suivant les étapes de la méthode de prélèvement et de filtration en ligne d'Environnement Canada (Cossa et al., 1996). La filtration est effectuée au moyen d'un système en ligne où une pompe pneumatique tout Téflon (ASTI®, type PFD.1), alimenté à l'azote purifiée d'une pression de 30 psi, est raccordée au système de filtration de grand diamètre équipé d'un filtre en fibre de verre de porosité 0,7 μ m. Le filtrat est conservé dans 3 récipients en acier inoxydable de 17,85 L (Spartanburg®) refermés d'un couvercle muni d'une feuille d'aluminium prélavée. Ces récipients sont gardés à la température de la pièce moins de 24 heures avant l'extraction au laboratoire. Quant aux filtres avec leur contenu en matières particulaires, ils sont réemballés dans leur feuille d'aluminium prélavée et conservés dans un sac étanche en polyéthylène à -20°C jusqu'à l'extraction.

Les extractions des phases dissoute et particulaire, les purifications des extraits et le dosage des contaminants organiques ont été effectués par la division Contaminants hautement toxiques du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec à Laval. Les filtrats de la phase dissoute ont été extraits et concentrés au dichlorométhane à l'aide d'un extracteur grand volume Goulden (Environnement Canada, 1996b). La phase particulaire, quant à elle, a été extraite au toluène à l'aide d'un extracteur Soxhlet. Ces deux extraits sont concentrés sous jet d'azote jusqu'à un volume d'environ 1 ml pour le dosage.

Les congénères de BPC, les HAPs, les dioxines et furanes ont été purifiés sur une colonne de gel d'alumino-silicate d'argent suivie d'une colonne d'alumine, selon la méthode MA 400-DF 1.0 (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1997). Le dosage des dioxines (7 substances) et furanes (10 substances), des HAPs (21 substances) et des BPCs planaires (IUPC 77, 126, 169) ont été réalisés par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse haute résolution. Les autres congénères de BPC (10) ont été dosés par chromatographie en phase gazeuse couplée à une trappe ionique opérant en mode MS/MS. Concernant le contrôle de qualité, les résultats ont été corrigés pour la récupération des analogues marqués. Des blancs de Spartanburg, de colonne et de Goulden ont été effectués. Les résultats obtenus pour ces blancs ont été soustraits aux valeurs des fractions dissoutes correspondantes. La liste de l'ensemble des contaminants dosés ainsi que leur limite de détection sont présentés en annexe 1.

Échantillonnage et dosage du mercure dans l'eau

Afin d'éviter la contamination de notre échantillon d'eau et de détecter de très faibles concentrations en mercure, de l'ordre du nanogramme par litre, dans la fraction dissoute et particulaire de l'eau, la technique d'analyse du mercure à l'état-traces développée par Environnement Canada a été utilisée (Quémerais et Cossa, 1995). Le prélèvement des échantillons destinés à l'analyse du mercure respecte la technique propre pour les éléments traces (Quémerais et Cossa 1995) ou la technique «mains propres - mains sales» (méthode 1669, USEPA, 1995). Les matériaux choisis pour travailler sur ces échantillons d'eau sont : le verre, le Téflon et le polyéthylène basse densité. Tout le matériel utilisé ou qui rentre en contact avec l'échantillon est préalablement lavé et décontaminé selon les techniques de lavage d'Environnement Canada (Quémerais et Cossa, 1995).

L'eau a été prélevée dans un flacon en téflon de un litre après avoir été rincé trois fois avec l'eau du milieu. Une fois le flacon très bien fermé, il est emballé dans ses deux sacs en polyéthylène et est conservé à 4°C jusqu'à la filtration.

Les échantillons ont été filtrés sur filtre en téflon (type Fluoropore, Millipore) de porosité 0,45 µm, à l'intérieur de 4 heures après le prélèvement, sous une hotte à flux laminaire de Classe 100 au laboratoire de la qualité du milieu du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec à Ste-Foy, selon la méthode d'Environnement Canada (Quémerais et Cossa, 1995). Le filtrat et le particulaire de chacun des échantillons sont alors acheminés au laboratoire du Centre Saint-Laurent de Environnement Canada où ils seront analysés.

Le mercure dissous total est analysé après préconcentration par amalgamation du mercure volatil Hg⁰ sur piège de sable doré suivie de sa détection par fluorescence atomique, selon la méthode BrCl et SnCl₂ décrit par Quémerais et Cossa (1995). Le mercure particulaire est déterminé selon la même méthode que la phase dissoute une fois que le filtre et ses particules sont digérés par HNO₃:HCl dans un réacteur de téflon.

Les tests de calibration effectués ont montré que les blancs de chimie étaient de l'ordre de 100 picogrammes (pg) pour la phase dissoute et de 30 pg pour la phase particulaire avec des limites de détection de 30 à 50 pg pour les deux phases.

Paramètres de la qualité de l'eau

PRÉLIMINAIRE

Les échantillons d'eau en vue d'analyse des paramètres conventionnels de la qualité de l'eau ont été prélevés dans une série de bouteilles en polyéthylène de volume variable selon le descripteur à analyser et conservés à 4°C jusqu'à leur analyse au laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec à Ste-Foy. Ces échantillons sont analysés selon les méthodes analytiques de chacun des descripteurs [oxygène dissous, pH, turbidité, conductivité, nitrites et nitrates, azote ammoniacal, azote total, phosphore dissous et en suspension, matières en suspensions (filtré à 1,2 ; 0,7 et 0,45µm), carbone organique dissous (non-filtré et filtré à 0,7 et à 0,45µm), DBO₅, calcium et magnésium] telles que décrites en annexe du rapport de la qualité des eaux du Saguenay - Lac-Saint-Jean (Hébert, 1995).

Calcul de la teneur en dioxines et furanes exprimée en équivalent toxique

Les teneurs en sept polychlorodibenzo-*p*-dioxines (dioxines) et en dix polychlorodibenzofuranes (furanes) ont été mesurées individuellement dans l'eau. Parmi ces substances, on considère que la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (2,3,7,8-T₄CDD) est celle qui représente le plus haut niveau de toxicité. Pour évaluer la toxicité globale de l'ensemble de ces substances, tout en tenant compte de la toxicité individuelle de chacune des substances, on a choisi d'utiliser des facteurs d'équivalence de toxicité par rapport à la 2,3,7,8-T₄CDD. Pour obtenir la teneur exprimée en équivalent toxique d'une des dioxines et d'un des furanes, on multiplie la concentration de la substance par le facteur d'équivalence. La teneur exprimée en équivalent toxique global est obtenue en faisant la sommation des teneurs en équivalent toxique de

chacune des dioxines et de chacun des furanes analysés. On considère pour ce faire que les toxicités sont additives et qu'il n'y a pas d'effet synergique. Les facteurs d'équivalence pour chacune des substances dosées sont donnés au tableau 4 (OTAN, 1988). Certains congénères de BPC (no 77, 126, 169, 105 et 118) contribuent également à l'équivalence toxique de la 2,3,7,8-T₄TCDD.

Tableau 4 Facteurs d'équivalence des dioxines et furanes dosés en 1997

Substance	Facteur d'équivalence
Dioxines	
2,3,7,8-T ₄ CDD	1,0
1,2,3,7,8-P ₅ CDD	0,5
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDD	0,1
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD	0,1
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD	0,01
OCDD	0,001
Furanes	
2,3,7,8-T ₄ CDF	0,1
1,2,3,7,8-P ₅ CDF	0,05
2,3,4,7,8-P ₅ CDF	0,5
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF	0,1
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDF	0,1
2,3,4,6,7,8-H ₆ CDF	0,1
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9-H ₇ CDF	0,01
OCDF	0,001
BPCs	
IUPAC-77	0,0005
IUPAC-126	0,1
IUPAC-169	0,01
IUPAC-105	0,0001
IUPAC-118	0,0001

Tiré de : OTAN (1988)

Évaluation du niveau de contamination de l'eau

Les concentrations en mercure, BPC, HAP et dioxines et furanes détectées dans l'eau ont été comparés aux critères de qualité de l'eau de surface de santé humaine, de vie aquatique et de faune piscivore, lorsque ceux-ci sont disponibles (MEF, 1998). Le respect de ces critères permet d'assurer l'intégrité du milieu à court et à long terme et des différents usages de cette ressource pour l'homme (pêche, en vue de s'approvisionner en eau potable).

Les critères de santé humaine (eau et organismes aquatiques) incluent à la fois la consommation de l'eau brute et la bioaccumulation de la substance par les organismes aquatiques (surtout le poisson). Dans le cas du mercure, des

BPCs et des dioxines et furanes, la plus grande partie de l'exposition se fait par la voie de la consommation d'organismes aquatiques plutôt que par celle de la consommation directe de l'eau. Pour les HAPs la plus grande partie de la contamination provient de l'eau plutôt que des organismes aquatiques, comme ils se bioaccumulent très peu dans le poisson. Dans le cas des dioxines et furanes, des BPCs et des HAPs (cancérogènes, du groupe 1, MEF, 1998) les critères de santé humaine correspondent à un niveau de risque équivalent à un cas de cancer supplémentaire pour une population d'un million d'individus.

Deux critères de vie aquatique (chronique et aiguë) sont déterminés pour assurer une protection de tout le cycle de vie des organismes aquatiques. Le critère de toxicité chronique est la concentration la plus élevée d'une substance qui théoriquement ne produira aucun effet néfaste sur les organismes exposés pendant toute leur vie. Le critère de toxicité aiguë est la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes peuvent être exposés à une courte période de temps sans qu'ils soient atteints. Le critère faune piscivore correspond à la concentration d'une substance dans l'eau qui ne causera pas d'effet chez les mammifères et les oiseaux, sur plusieurs générations, via sa consommation d'eau ou de sa diète.

Il est important de faire la nuance entre les critères d'eau de surface et d'eau potable. Les critères de qualité de l'eau de surface sont établis à des seuils de prévention. Le dépassement des critères de qualité de l'eau de surface doit être vu comme une sonnette d'alarme en regard de la nécessité de vérifier si un risque est associé à la consommation d'eau potable et de chair de poisson provenant de ce plan d'eau. Les normes et recommandations fixées pour l'eau potable, quant à elles, sont établis afin d'évaluer si la consommation d'eau, une fois traitée, présente un risque pour la santé. Le traitement appliqué à l'eau desservie à la population peut éliminer ou réduire les contaminants dans l'eau. Les valeurs établies pour les normes fixées pour l'eau potable sont moins sévères que celles des critères d'eau de surface puisqu'elles ne sont pas conçues dans le but de préserver la ressource. Les différents critères d'eau de surface sont présentés à l'annexe 6.

PRÉLIMINAIRE

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Granulométrie

L'analyse granulométrique sur l'ensemble des échantillons de sédiments démontre une proportion plus élevée en argile ($<2\mu\text{m}$) qui varie de 20 à 80% avec une moyenne de 57% (figure 2, annexe 2). Cette catégorie est suivie du limon ($2-63\mu\text{m}$) qui varie de 19 à 65% avec une moyenne de 42,4%. Il n'y a pas de différence significative entre les stations concernant l'argile et le limon. Quant au sable très fin à fin ($63-180\mu\text{m}$) une très faible proportion est accordée (1,2 %) et l'on note une différence significative entre les stations aux Sables (0,012%) et les stations témoin, Ha !Ha ! et à Mars (0,8- 4,14%) (annexe 3).

En décomposant ces catégories par le diamètre des particules, il y a des différences significatives entre les sites d'échantillonnage pour les diamètres suivants : $\Phi 10$ ($0,98-0,49\mu\text{m}$), $\Phi 8$ ($3,9-7\mu\text{m}$), $\Phi 7$ ($7,8-15,6\mu\text{m}$), $\Phi 6$ ($15,6-31\mu\text{m}$), $\Phi 5$ ($31-63\mu\text{m}$) et $\Phi 4$ ($63-125\mu\text{m}$). Ce n'est que pour les diamètres $\Phi 11$ ($0,98-0,49\mu\text{m}$) et $\Phi 9$ ($2-3,9\mu\text{m}$) où il n'y a pas de différence significative entre les stations (annexe 3).

Les analyses des contaminants effectuées sur la fraction inférieure à $180\mu\text{m}$, c'est à dire celle qui est la plus susceptible d'être contaminée, est alors composée principalement d'argile et de limon.

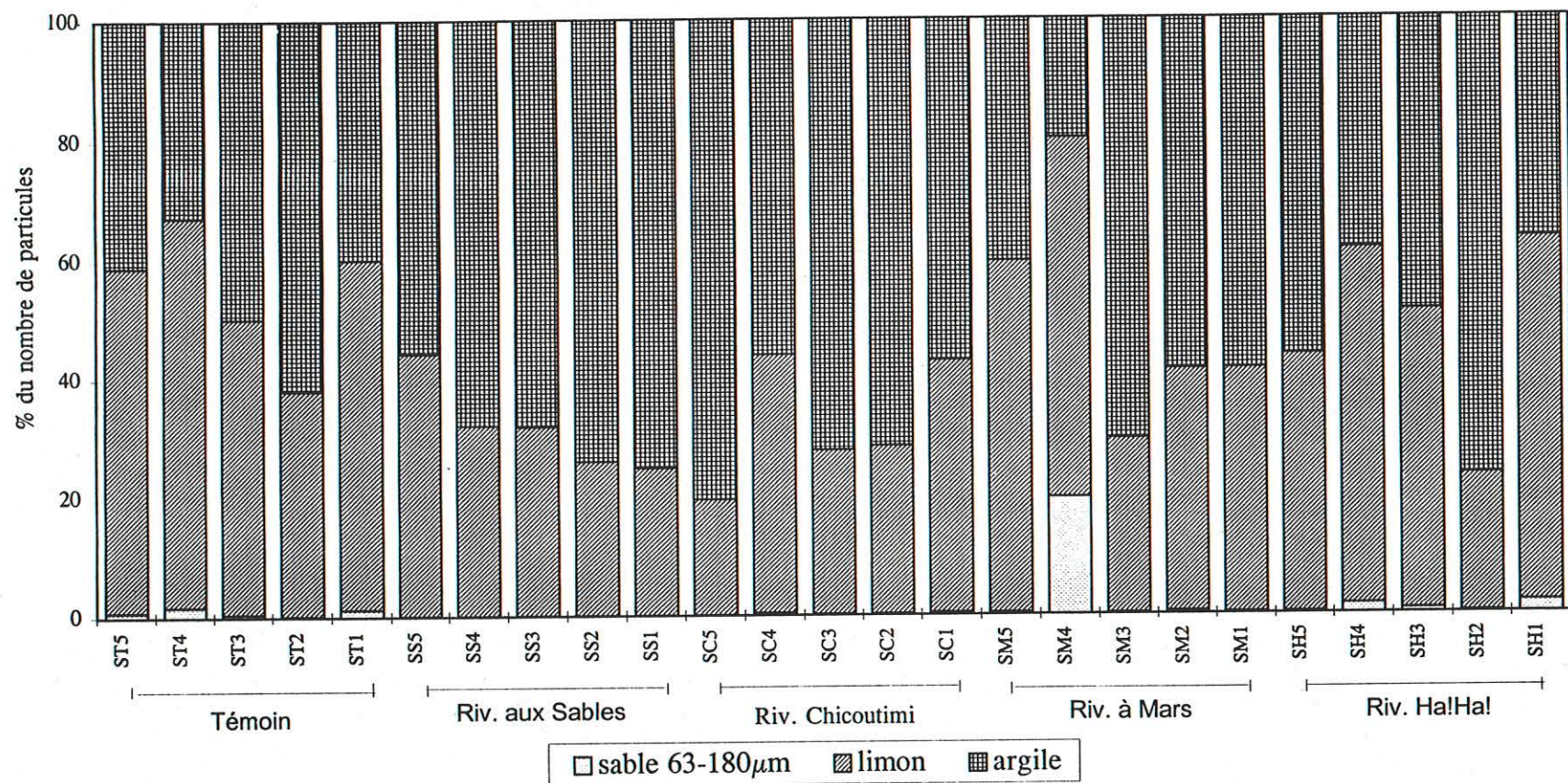


Figure 2 Granulométrie des sédiments de surface sur la répartition de la phase analysée (< 180µm) des rivières Chicoutimi témoin (ST1-ST5), Chicoutimi (SC1-SC5), aux Sables (SS1-SS5), à Mars (SM1-SM5), Ha!Ha! (SH1-SH5) en sable, limon et argile

PRÉLIMINAIRE

Contamination des sédiments par les métaux

Comparaison avec les critères intérimaires de qualité des sédiments

La comparaison des teneurs en métaux pour l'ensemble des échantillons (5 échantillons par site d'échantillonnage) avec les critères intérimaires de qualité des sédiments (Environnement Canada et Ministère de l'Environnement, 1992b) est illustrée au tableau 5.

Sur l'ensemble des métaux analysés et comparés aux critères intérimaires de qualité des sédiments (cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc), il n'y a que le seuil sans effet sur les organismes benthiques qui est excédé par le mercure et le zinc au site témoin. Les teneurs en métaux des stations aux embouchures des rivières aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha ! sont inférieures au seuil sans effet.

Ces dépassements sont en général peu problématiques puisqu'ils se situent dans la plage des teneurs pouvant être tolérée par la majorité des organismes aquatiques. Si l'on ne retrouve aucun dépassement aux embouchures des rivières, c'est probablement du au fait qu'il y ait eu encapsulation d'une nouvelle couche de sédiments plus propre, suite à la crue de juillet 1996, sur les anciens sédiments contaminés. Comme il n'y a pas eu d'érosion en aval du barrage de Portage-des-Roches du lac Kénogami jusqu'au site témoin (3 km), il n'y a par conséquent pas eu de nouveau dépôt de sédiments à ce site. De plus, il est normal que l'on rencontre davantage du mercure en aval du réservoir puisque ce dernier est un milieu propice à la mise en disponibilité du mercure par l'activité bactérienne dans la décomposition de matière organique et du trappage des apports atmosphériques en mercure (Lucotte et al., 1995 ; Mucci et al., 1995).

PRÉLIMINAIRE

Teneurs en métaux et en carbone total

Les teneurs moyennes en métaux pour chacun des sites sont illustrées aux figures 3 et 4 et sont présentées à l'annexe 4. De tous les métaux mesurés, seul le **cadmium** n'a pas été décelé. Il a par contre été détecté antérieurement dans cette zone d'étude à des teneurs entre 0,4 (embouchure de la rivière Chicoutimi) et 1,7 mg/kg (embouchure de la rivière Ha !Ha !) (Primeau et Goulet, 1983) (tableau 6).

Les teneurs moyennes en **chrome** sur l'ensemble des sites varient de 16,80 à 44,2 mg/kg de poids sec. Les teneurs en chrome au site aux Sables sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) qu'aux sites à Mars, Ha !Ha ! et témoin. Les teneurs en chrome des stations aux embouchures des rivières aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha ! se situent dans la plage de variation de la plupart des valeurs historiques (tableau 6). On note par contre, une concentration 3 fois supérieure (60,9 mg/kg) dans la baie des Ha !Ha ! (Pelletier et Canuel, 1988) à celles de l'étude aux stations à Mars et Ha !Ha !.

Les teneurs moyennes en **cuivre** varient de 4,08 à 17 mg/kg de poids sec pour l'ensemble des sites d'échantillonnage (figure 3). La teneur au site aux Sables est significativement différente ($p < 0,05$) qu'aux sites témoin, à Mars et Ha !Ha !. Les teneurs sont par contre toutes inférieures d'au moins de 1,5 fois à celles des études antérieures (tableau 6).

Les concentrations moyennes en **fer** varient de 21000 à 37000 mg/kg de poids sec pour l'ensemble des sites (figure 3). La teneur du site aux Sables est significativement différente ($p < 0,05$) du site Ha !Ha ! et n'est pas différent des autres sites. Ces teneurs sont par contre supérieures à celles de l'étude de Ouellet (1977) effectuée aux embouchures des rivières étudiées (tableau 6).

Les teneurs moyennes en **lithium** varient de 5,98 mg/kg à l'embouchure de la rivière Ha !Ha ! à 17,4 mg/kg de poids sec pour le site aux Sables. La teneur moyenne du site aux Sables est significativement plus élevée ($p < 0,05$) par rapport à celles de Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha ! (figure 3). Il n'y a pas de donnée historique pour le lithium.

Tableau 5 Comparaison spatiale des teneurs de la somme des BPC, des totaux des BPC et des métaux dans les sédiments de surface de la zone d'étude avec les critères de qualité des sédiments¹

Substance	no station	Témoin					Ha!Ha!					à Mars					Chicoutimi					aux Sables				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
BPC totaux																										
Cadmium		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Chrome																										
Cuivre																										
Mercuré																										
Nickel																										
Plomb																										
Zinc																										

¹ Critères intérimaire pour l'évaluation de la qualité des sédiments, Environnement Canada et ministère de l'Environnement du Québec, 1992.

Classe 1		≤ Seuil sans effet (SSE) (Plage des teneurs sans effet chronique ou aigu sur les organismes benthiques, impacts potentiels sur les utilisations de l'eau)
Classe 2		> SSE ≤ Seuil d'effets mineurs (SEM) (Plage des teneurs tolérées par la majorité des organismes benthiques, impacts potentiels sur les utilisations de l'eau)
Classe 3		> SEM ≤ Seuil d'effets néfastes (SEN) (Plage des teneurs où les organismes benthiques subissent des effets nuisibles)
Classe 4		> SEN Les dommages à l'environnement sont majeurs
		Teneur de l'échantillon sous la limite de détection et limite de détection au dessus du seuil sans effet,

Chaque carré correspond à l'analyse d'un seul échantillon

PRÉLIMINAIRE

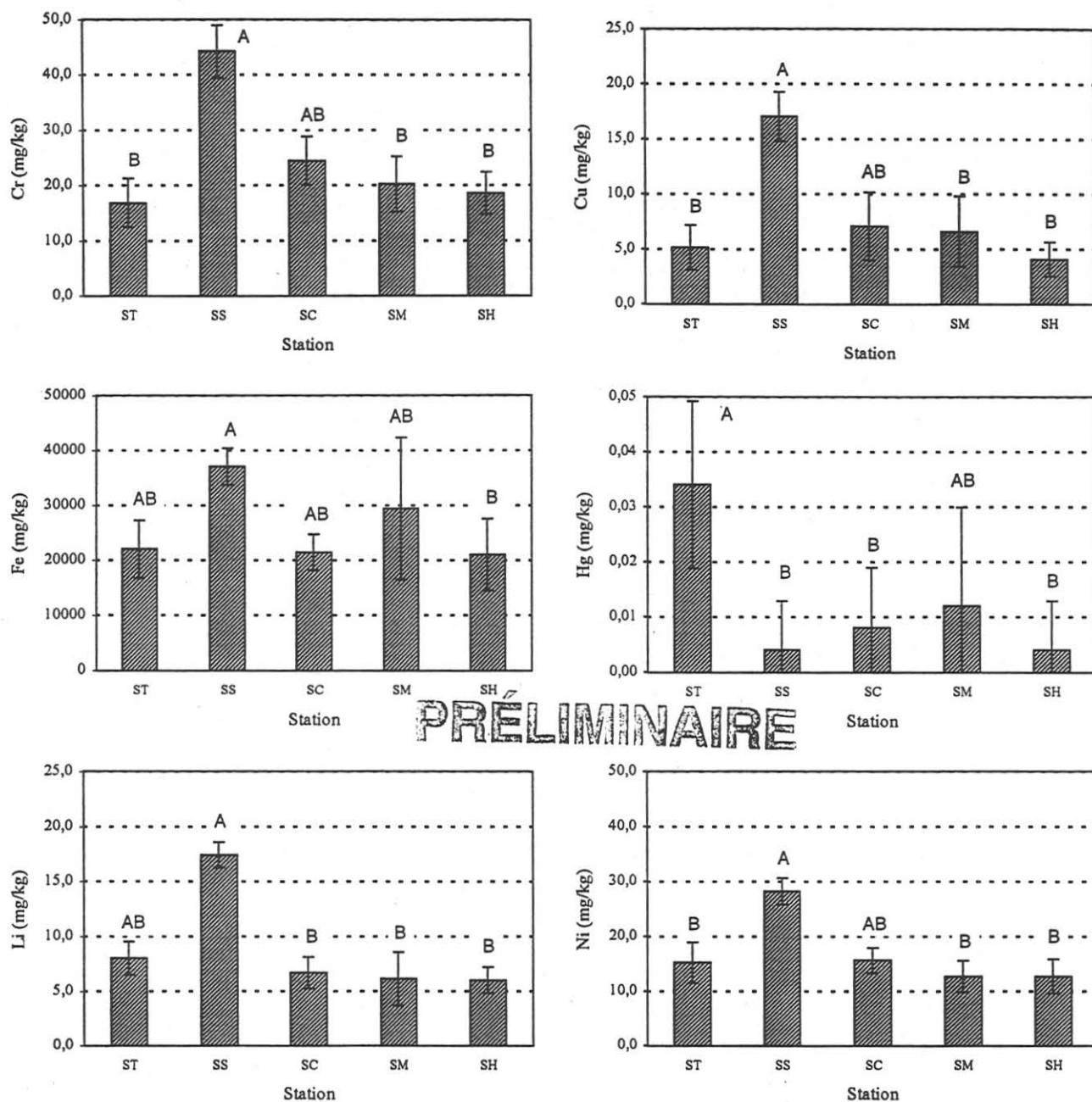
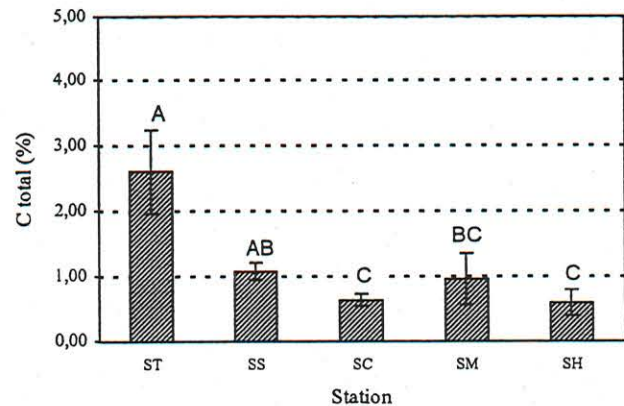
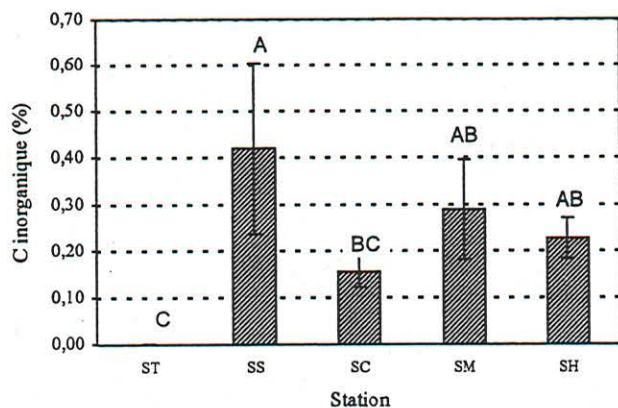
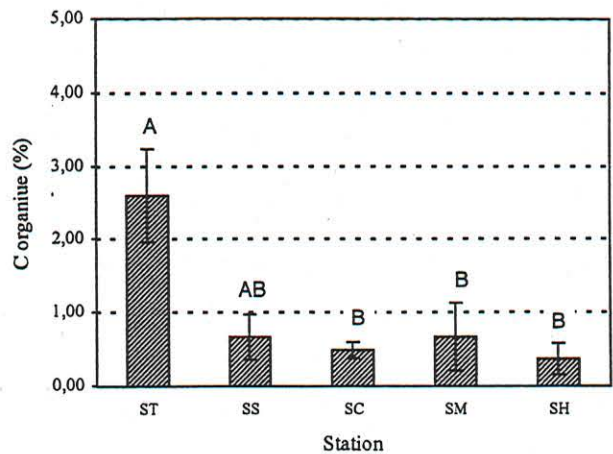
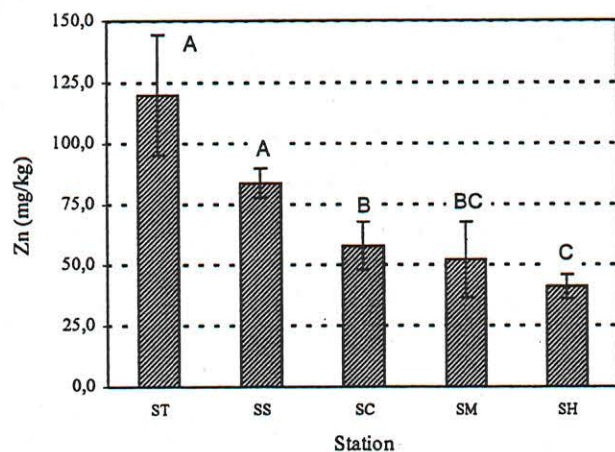


Figure 3 Teneurs moyennes (n=5) et écart-type du Cr, Cu, Fe, Hg, Li et Ni dans les sédiments de surface des sites : témoin (ST), aux Sables (SS), Chicoutimi (SC), à Mars (SM) et Ha!Ha! (SH); les lettres (A,B,C) indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations pour la variable étudiée à partir d'une comparaison multiple de Tukey effectuée sur les rangs.



PRÉLIMINAIRE

Figure 4 Teneurs moyennes (n=5) et écart-type du Zn et du C organique, inorganique et total dans les sédiments de surface des sites : témoin (ST), aux Sables (SS), Chicoutimi (SC), à Mars (SM) et Ha!Ha! (SH); les lettres (A,B,C) indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations pour la variable étudiée à partir d'une comparaison multiple de Tukey effectuée sur les rangs.

Tableau 6

Comparaison des teneurs historiques moyennes des métaux et du carbone organique total des sédiments de surface en poids secs situées à l'embouchure des rivières étudiées.

Substances	aux Sables	Chicoutimi	à Mars	Ha!Ha!
Hg (mg/kg)		0,01, 1977 (4)	0,158, 1977 (4) 0,05, 1979 (1)	0,012, 1977 (4) 1,01, 1978 (2) 0,8, 1986 (5)
	< 0,02*	0,008 (< 0,02-0,02)*	0,012 (< 0,02-0,04)*	0,004 (< 0,02-0,02)*
Pb (mg/kg)	40, 1977 (4)	2, 1977 (4)	33, 1977 (4) 16, 1979 (1) 30, 1982 (6) 34, 1983 (7)	17, 1977 (4) 40, 1982 (6)
	< 5*	1,80 (< 5-9,00)*	< 5*	< 5*
Cd (mg/kg)	0,5, 1977 (4)	0,1, 1977 (4)	0,1, 1977 (4) 0,9, 1979 (1) 0,4, 1982 (6) 0,6, 1983 (7)	0,1, 1977 (4) 1,7, 1982 (6) 0,14, 1986 (5)
	< 5*	< 5*	< 5*	< 5*
Cu (mg/kg)	35, 1977 (4)	10,9, 1977 (4)	18, 1979 (1) 40, 1982 (6) 14, 1983 (7)	30, 1982 (6) 25,6, 1986 (5)
	17 (14-20)*	7 (4-11)*	6,62 (3-11)*	4,08 (2-6)*
Cr (mg/kg)	34, 1977 (4)	28, 1977 (4)	38, 1977 (4) 37, 1979 (1) 7, 1982 (6) 17, 1983 (7)	23, 1977 (4) 23, 1982 (6) 60,9, 1986 (5)
	44,20 (38-48)*	24,0 (21-32)*	20,2 (15-26)*	18,6 (13-23)*
Fe (mg/kg)	14000, 1977 (4) 37000 (33000-41000)*	17800, 1977 (4) 21400 (19000-27000)*	27500, 1977 (4) 29400 (19000-45000)*	16300, 1977 (4) 21000 (15000-32000)*
Ni (mg/kg)	16, 1977 (4)	17, 1977 (4)	22, 1977 (4) 15, 1979 (1) 7, 1982 (6)	16, 1977 (4) 16, 1982 (6)
	28,20 (24-30)*	15,60 (12-18)*	12,66 (9,3-16)*	12,72 (9,6-16)*
Zn (mg/kg)	96, 1977 (4)	45, 1977 (4)	101, 1977 (4) 81, 1979 (1) 45, 1982 (6) 77, 1983 (7)	75, 1977 (4) 70, 1982 (6) 156, 1986 (5)
	83,60 (73-88)*	57,80 (44-68)*	52 (34-71)*	41 (35-48)*
COT(%)	2, 1988 (3)	5,11, 1977 (4) 1,1, 1988 (3)	5,11, 1977 (4) 2,92, 1979 (1)	4,45, 1977 (4) 4,4, 1986 (5)
	1,07 (0,9-1,2)*	0,63 (0,49-0,74)*	0,95 (0,49-0,74)*	0,59 (0,38-0,89)*

Pour les données historiques exemple: 2, 1988 (3): 2 est la teneur moyenne, 1988 l'année d'échantillonnage et (3) la référence.

Sources: (1) Beak, 1980; (2) Gobeil et Cossa, 1984; (3) Laliberté, 1991;
(4) Ouellet, 1979; (5) Pelletier et Canuel, 1988; (6) Primeau et Goulet, 1983; (7) Roche, 1984;

* Teneurs moyennes (minimum et maximum) de la présente étude et le signe < indique la limite de détection

Les concentrations moyennes en **mercure** varient de 0,004 à 0,034 mg/kg en poids sec (figure 3). La teneur au site témoin est significativement plus élevée ($p < 0,05$) qu'aux sites aux Sables, Chicoutimi et Ha !Ha !. Il n'y a aucune différence entre le site témoin et à Mars. Cette contamination au site témoin pourrait être due à la proximité du réservoir Kénogami. De plus, la teneur en carbone organique dans les sédiments, est également plus élevée au site témoin qu'aux autres sites (figure 4). Les teneurs en mercure aux embouchures des rivières à Mars et Ha !Ha ! semblent inférieures aux teneurs historiques (Tableau 6). Des analyses en mercure dans la nouvelle couche de sédiments de la baie des Ha !Ha ! ont aussi été réalisées par l'équipe de Dr. Emillien Pelletier de INRS-Océanologie et les concentrations se maintiennent (0,03 et 0,06 mg/kg de poids sec) dans l'ordre de grandeur des teneurs de l'étude (Pelletier, 1997).

Les concentrations moyennes du **nickel** varient de 12,66 à 28,20 mg/kg de poids sec pour l'ensemble des sites (figure 3). Comme pour le chrome et le cuivre il y a des différences significatives ($p < 0,05$) entre le site aux Sables et les sites à Mars, Ha !Ha ! et témoin. L'ensemble des valeurs de l'étude sont inférieures à celles des données historiques (tableau 6) à l'exception de la valeur moyenne du site aux Sables qui est supérieure à celle de l'étude de Ouellet (1977).

Le **plomb** n'a été détecté qu'à l'embouchure de la rivière Chicoutimi pour une teneur moyenne de 1,8 mg/kg (figure 3). Cette teneur est alors comparable à celle de Ouellet (1979) à l'embouchure de la rivière Chicoutimi (tableau 6).

Quant au **zinc**, les teneurs moyennes varient de 41 à 119,8 mg/kg de poids sec pour l'ensemble des rivières (figure 4). Les teneurs des sites témoin et aux Sables sont significativement supérieures ($p < 0,05$) à celles des sites Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha !. Ces valeurs sont inférieures à celles des études antérieures, à l'exception de celles de la rivière Chicoutimi qui dépassent de peu (tableau 6).

Les pourcentages de **carbone total** varient de 0,59 à 2,60 % pour l'ensemble des échantillons de sédiments. Les teneurs du site témoin sont significativement plus élevée que celles des sites Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha ! (figure 4). Le carbone organique représente entre 60 et 95 % des proportions en carbone total. Si on les compare avec les données historiques, les teneurs en carbone organique (0,36-2,6 %) des sites à l'étude sont inférieures d'au moins deux fois (tableau 6). Le pourcentage élevée en carbone organique au site témoin pourrait s'expliquer par l'absence du recouvrement par une nouvelle couche de sédiments provenant du décapage des berges suite au déluge.

On remarque que les teneurs en métaux (cuivre, chrome, lithium, nickel et le zinc) sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) au site aux Sables comparativement aux autres sites. Le mercure et le zinc quant à eux sont supérieurs ($p < 0,05$) au site témoin. Les sédiments de la rivière aux Sables seraient davantage contaminés en métaux étant donné la proximité des parcs à déchets solides, des compagnies Cascades et Abitibi Price de Jonquière, contaminant ainsi la nappe d'eau souterraine et la rivière en métaux lourds (MENVIQ, 1990). On pourrait l'expliquer aussi par l'impact de la crue qui aurait emporté le système de traitement secondaire de la compagnie Cascades dans lequel on retrouvait 9500m³ de boues contaminées (Environnement Canada, 1996a).

PRELIMINAIRE

Contamination des sédiments par les contaminants organiques

Les contaminants organiques mesurés dans les sédiments de fond aux embouchures des rivières aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha ! et du site témoin, comprennent 25 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et 45 biphényles polychlorés (BPC).

Comparaison avec les critères intérimaires de la qualité des sédiments

Les teneurs mesurées en HAP sont comparées aux critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et Ministère de l'environnement du Québec, 1992). Parmi les 9 HAPs détectés (tableaux 3) et pour lesquels des critères ont été établis, 2 à 8 HAPs dépassent le seuil sans effet pour la plupart des sites à l'exception du site Ha !Ha ! où aucun dépassement n'est observé (tableau 7). Comme dans le cas des métaux, les seuils d'effets mineurs et d'effets néfastes ne sont jamais dépassés.

Tableau 7

Comparaison spatiale des teneurs des différents HAP¹ dans les sédiments de surface avec les critères de qualité des sédiments¹

Substance	no station	Témoin					Ha!Ha!					à Mars					Chicoutimi					aux Sables				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Naphtalène																										
Acénaphthylène ²		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Acénaphthène ²		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Fluorène ²		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Phénanthrène																										
Anthracène ²																										
Fluoranthène																										
Pyrène																										
Benzo[a]anthracène ^{B2}																										
Chrysène ^{B2}																										
Benzo[b+i] fluoranthène ^{2,B2}																										
Benzo[k] fluoranthène ^{B2}																										
Benzo[a]pyrène ^{B2}		o	o	o		o	o	o	o	o	o			o	o				o	o	o					
Indéno[1,2,3-cd]pyrène ^{2,B2}																										
Dibenzo[a,h]anthracène ^{2,B2}		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Benzo[g,h,i]pérylène ²																										

¹ Critères intérimaire pour l'évaluation de la qualité des sédiments, Environnement Canada et ministère de l'Environnement du Québec, 1992.

² Seuls les seuils sans effets (SSE) ont été déterminés pour ces substances

^{B2} Probablement cancérigène pour l'être humain (U.S. EPA Integrated Risk Information System (IRIS))

Classe 1		≤ Seuil sans effet (SSE) (Plage des teneurs sans effet chronique ou aigu sur les organismes benthiques, la qualité de l'eau ou sur ses usages)
Classe 2		> SSE ≤ Seuil d'effets mineurs (SEM) (Plage des teneurs tolérées par la majorité des organismes benthiques, impacts potentiels sur les utilisations de l'eau)
Classe 3		> SSE Pour ces substances les SEM et les SEN n'ont pas été déterminés. Les échantillons sont donc classés 2 ou +
Classe 4		> SEM ≤ Seuil d'effets néfastes (SEN) (Plage des teneurs où les organismes benthiques subissent des effets nuisibles)
		> SEN Les dommages à l'environnement sont majeurs
		Teneur de l'échantillon sous la limite de détection et limite de détection au dessus du seuil sans effet, aucune distinction ne peut être faite entre la classe 1 et 2

Chaque carré correspond à l'analyse d'un seul échantillon

PRÉLIMINAIRE

Les HAPs qui excèdent le seuil sans effet sont le fluoranthène et le pyrène pour les sites Chicoutimi, Témoin, aux Sables et à Mars, suivi du phénanthrène et du benzo[a]pyrène pour les sites à Mars, Chicoutimi et aux Sables. Quatre HAPs excèdent le seuil sans effet uniquement à l'embouchure de la rivière aux Sables : l'anthracène, le benzo[a]anthracène, le chrysène et le benzo[g,h,i]pérylène. Ces dépassements sont en général peu problématique puisqu'ils se situent dans la plage des teneurs pouvant être tolérée par la majorité des organismes aquatiques.

PRELIMINAIRE

Teneurs en HAP et en BPC

Les teneurs moyennes en HAP pour chacune des stations sont illustrées aux figures 5 à 7 et sont présentées à l'annexe 5.

Parmi les 25 HAPs mesurés, 12 ont été décelés dans les échantillons des sédiments pour les sites Chicoutimi, aux Sables, à Mars et témoin, soit : le phénanthrène, le fluoranthène, le pyrène, le benzo[a]anthracène, le chrysène, le benzo[b+i]fluoranthène, le benzo[k]fluoranthène, le benzo[e]pyrène, le benzo[a]anthracène, le pérylène, l'indéno[1,2,3,cd]pyrène et le benzo[g,h,i]pérylène. Au site Ha !Ha ! le pérylène et le fluoranthène ont été décelés.

Les teneurs moyennes en HAP totaux (somme des 13 HAPs mesurés) dans les sédiments de surface varient de 0,23 (embouchure de la rivière Ha !Ha !) à 0,67 µg/g de poids sec (embouchure de la rivière aux Sables) (figures 5 à 7). Il n'y a aucune différence significative entre les teneurs des HAPs totaux et de l'ensemble des HAPs à l'exception du pérylène entre les sites étant donné de la grande variabilité des teneurs à chacun des sites. Le pérylène présente des teneurs plus élevées de manière significative ($p < 0,05$) au site Ha !Ha ! qu'aux sites à Mars, Chicoutimi et aux Sables. Si l'on inclut le facteur de carbone organique aux concentrations en HAP totaux, on détecte alors des teneurs inférieures ($p < 0,05$) au site témoin à ceux des autres sites. Au site témoin le pourcentage en carbone organique est élevé comparativement aux autres sites favorisant ainsi l'adsorption des HAPs.

Les HAPs les plus abondants sur la charge massique totale sont par ordre d'importance pour les sites d'échantillonnage:

- aux Sables : fluoranthène (16%), chrysène (12%), pyrène (12%) et benzo[b+i]fluoranthène (8,9%)
- Chicoutimi : fluoranthène (18,6%), pyrène (14%), phénanthrène (9%), benzo[b+i]fluoranthène (9,3%), pérylène (9,3)
- à Mars : pérylène (14,3%), fluoranthène (14%), chrysène (11,4%), pyrène (11,4%) et benzo[b+i]fluoranthène (8,6%)
- Ha !Ha ! : pérylène (95%)
- Témoin : pérylène (42%), benzo[b+i]fluoranthène (11%), chrysène (8,3%), indéno[1,2,3-cd]pyrène (8,3%).

Les teneurs historiques en HAPs aux stations échantillonnées près des sites aux Sables et Ha !Ha ! sont généralement supérieures aux teneurs moyennes de l'étude (tableau 8). Par contre, plusieurs teneurs en HAP de l'étude aux embouchures des rivières à Mars et Chicoutimi sont semblables et même supérieures à celles de l'étude de Paul et Laliberté (1985).

La contamination négligeable en HAP pour les sites aux Sables, Chicoutimi, à Mars, Ha !Ha ! et témoin pourrait provenir des apports atmosphériques via les émissions des alumineries (SECAL de Jonquière et de La Baie) et des usines de pâtes et papiers (Abitibi Price et Cascades de Jonquière, et de la Stone-Consolidated de La Baie) ; des émissaires municipaux ; le transport routier via le ruissellement urbain peut également fournir des apports en HAP (figure 1 et tableau 1).

Aucun congénère de BPC n'a été détecté pour l'ensemble des sites étudiés, à l'exception d'une station (SS5) du site aux Sables où les teneurs varient de 1 à 2 µg/kg pour 6 congénères (no 101, 110, 118, 149, 153 et 138).

Cette station, contrairement aux autres a été choisie à l'extérieure de l'eau dans les sédiments nouvellement déposés. Cette contamination pourrait alors provenir des apports atmosphériques des usines environnantes.

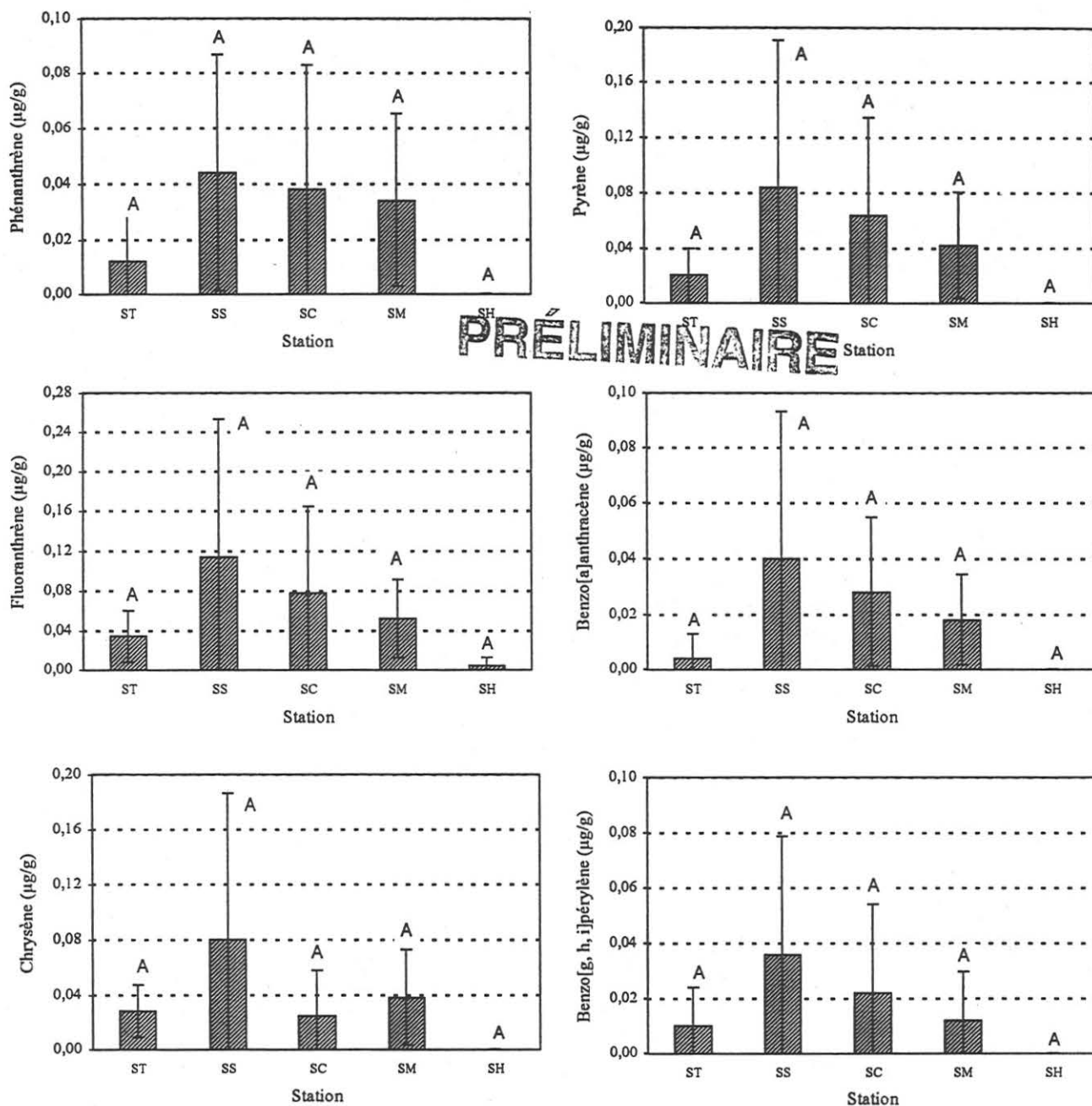
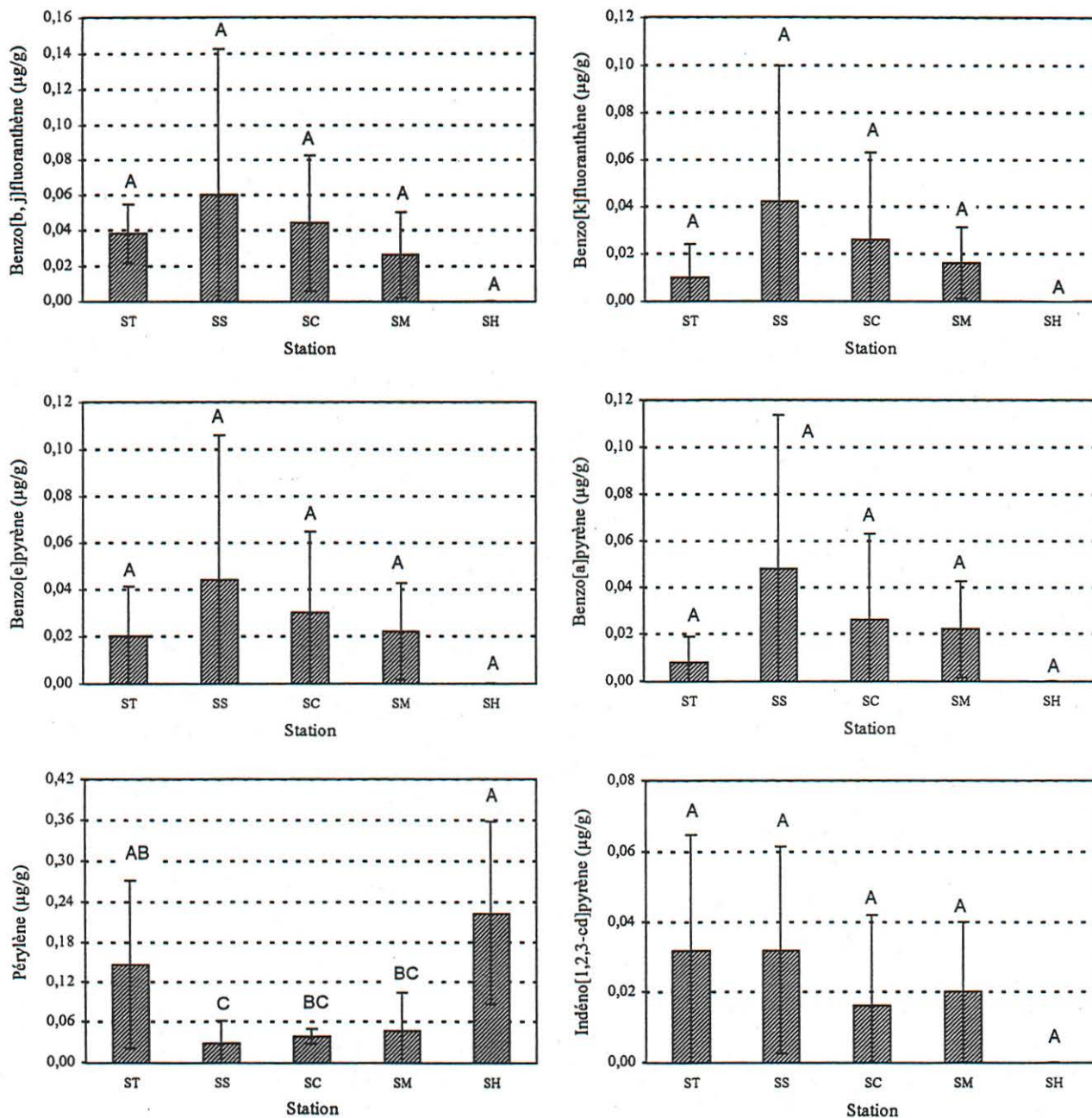


Figure 5 Teneurs moyennes (n=5) et écart-type du phénanthrène, du fluoranthrène, du pyrène, du benzo[a]-anthracène, du chrysène et du benzo[g,h,i]pérylène dans les sédiments de surface des sites: témoin (ST), aux Sables (SS), Chicoutimi (SC), à Mars (SM) et Ha!Ha! (SH); les lettres (A,B,C) indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations pour la variable étudiée à partir d'une comparaison multiple de Tukey effectuée sur les rangs.



PRÉLIMINAIRE

Figure 6

Teneurs moyennes (n=5) et écart-type du benzo[b,j]fluoranthène, du benzo[k]fluoranthène, du benzo[e]pyrène, du benzo[a]pyrène, du pérylène et de l'indéno[1,2,3-cd]pyrène dans les sédiments de surface des sites: témoin (ST), aux Sables (SS), Chicoutimi (SC), à Mars (SM) et Ha!Ha! (SH); les lettres (A,B,C) indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations pour la variable étudiée à partir d'une comparaison multiple de Tukey effectuée sur les rangs.

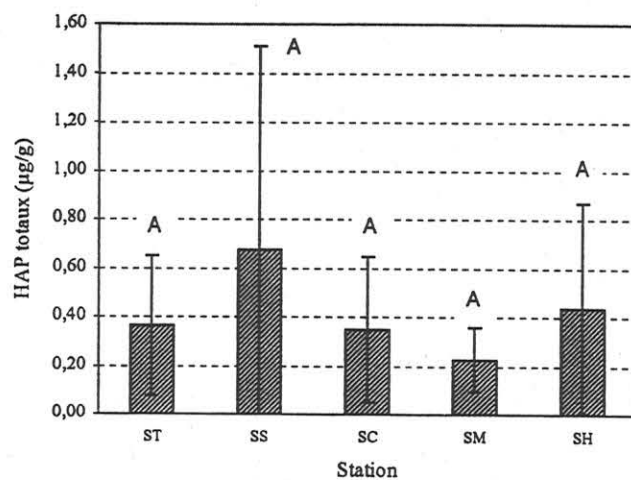


Figure 7 Teneurs moyennes (n=5) et écart-type des HAP totaux dans les sédiments de surface des sites: témoin (ST), aux Sables (SS), Chicoutimi (SC), à Mars (SM) et Ha!Ha! (SH); les lettres (A,B,C) indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations pour la variable étudiée à partir d'une comparaison multiple de Tukey effectuée sur les rangs.

PRÉLIMINAIRE

PRÉLIMINAIRE

Tableau 8

Comparaisons des teneurs moyennes historiques en HAP (mg/kg poids secs) des sédiments de surface situées à l'embouchure des rivières étudiées.

Substances	aux Sables	Chicoutimi	Baie des Ha!Ha!
Phénanthrène	0,046, 1983 (3)	0,004, 1983 (3) ^a	0,02, 1983 (3)
		0,04, 1988 (1) ^b	
	0,04 (<0,02-0,1)*	0,04 (<0,02-0,1)*	0,03 (<0,02-0,06)* ^c
Fluoranthène			0,5, 1982 (12)
	0,171, 1983 (3)	0,025, 1983 (3) ^a	0,04, 1983 (3)
		0,17, 1988 (1) ^b	
	0,11 (<0,02-0,4)*	0,08 (<0,02-21)*	0,05 (<0,02-0,09)* ^c
Pyrène	0,561, 1983 (3)	0,017, 1983 (3) ^a	0,02, 1983 (3)
		0,15, 1988 (1) ^b	
	0,08 (<0,02-0,3)*	0,06 (<0,02-0,17)*	0,04 (<0,02-0,08)* ^c
Benzo[a]anthracène	0,104, 1983 (3)	0,001, 1983 (3) ^a	0,03, 1983 (3)
		0,08, 1988 (1) ^b	
	0,04 (<0,02-0,1)*	0,03 (<0,02-0,06)*	0,02 (<0,02-0,03)* ^c
Chrysène	0,265, 1983 (3)	0,214, 1983 (3) ^a	0,54, 1983 (3)
		0,14, 1988 (1) ^b	
	0,08 (<0,02-0,3)*	0,02 (<0,02-0,08)*	0,04 (<0,02-0,07)* ^c
Benzo[b+j]fluoranthène			0,4, 1982 (4)
	0,135, 1983 (3)	0,44, 1983 (3) ^a	0,36, 1983 (3)
		0,16, 1988 (1) ^b	
	0,08 (<0,02-0,2)*	0,04 (<0,02-0,1)*	0,03 (<0,02-0,05)* ^c
Benzo[k]fluoranthène			1,4, 1982 (4)
	0,059, 1983 (3)	0,006, 1983 (3) ^a	0,01, 1983 (3)
		0,18, 1988 (1) ^b	
	0,04 (<0,02-0,1)*	0,03 (<0,02-0,08)*	0,02 (<0,02-0,03)* ^c
Benzo[a]pyrène			0,4, 1982 (4)
	0,075, 1983 (3)	0,002, 1983 (3) ^a	0,02, 1983 (3)
	1,46, 1988 (1)	0,07, 1988 (1) ^b	
	0,05 (<0,02-0,16)*	0,05 (<0,02-0,08)*	0,02 (<0,02-0,04)* ^c
Indéno[1,2,3,cd]pyrène	0,048, 1983 (3)	0,006, 1983 (3) ^a	0,01, 1983 (3)
	0,91, 1988 (1)	0,06, 1988 (1) ^b	
	0,03 (<0,02-0,1)*	0,02 (<0,02-0,06)*	0,02 (<0,02-0,04)* ^c
Benzo[g,h,i]pérylène	0,09, 1983 (3)	0,02, 1983 (3) ^a	0,05, 1983 (3)
	1,31, 1988 (1)	0,06, 1988 (1) ^b	
	0,04 (<0,02-0,1)*	0,02 (<0,02-0,07)*	0,02 (<0,02-0,04)* ^c
HAP totaux		2,1, 1983 (2)	2,0, 1983 (2)
	1,6, 1983 (3)	0,4, 1983 (3) ^a	0,81, 1983 (3)
	16,7, 1988 (1)	1,2, 1988 (1) ^b	2,7, 1982 (4)
	0,67 (<0,02-2,1)*	0,43 (0,07-1,01)*	0,35 (0,02-0,58)* ^c

Sources: (1) Laliberté, D. 1991; (2) Martel, L. 1986; (3) Paul et Laliberté, 1985; (4) Primeau et Goulet, 1983

Pour les données historiques exemple: 0,05, 1983 (3): 0,05 est la teneur moyenne, 1983 l'année d'échantillonnage et (3) la référence.

* Teneurs moyennes (minimum et maximum) de la présente étude et le signe < indique la limite de détection

^a Station en amont de la municipalité de Chicoutimi dans la rivière Chicoutimi

^b Station en aval de la municipalité de Chicoutimi dans la rivière Saguenay

^c Teneurs moyennes de la présente étude des sites à Mars et Ha!Ha! inférieures à la limite de détection

Aucun congénère de BPC n'a été détecté pour l'ensemble des sites étudiés, à l'exception d'une station (SS5) du site aux Sables où les teneurs varient de 1 à 2 ug/kg pour 6 congénères (no 101, 110, 118, 149, 153 et 138). Cette station, contrairement aux autres a été choisie à l'extérieure de l'eau dans les sédiments nouvellement déposés. Cette contamination pourrait alors provenir des apports atmosphériques des usines environnantes.

Contamination de l'eau

Les contaminants analysés dans l'eau de surface (mercure, HAPs, BPCs, dioxines et furanes), aux stations témoin, aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha ! du mois d'octobre et novembre, seront comparées aux critères de qualité santé humaine et faune piscivore (annexe 6). Le critère vie aquatique n'étant jamais dépassé ne sera pas discuté pour aucun des contaminants. De plus, les teneurs en contaminants totaux (dissous + particulaire), et dans les phases dissoute et particulaire seront comparées entre les stations aux figures 8 à 22 ainsi qu'avec la littérature. Aucun test statistique n'a été effectué sur l'ensemble des teneurs en contaminants de l'eau vue l'effectif faible, soit deux échantillons par station (octobre et novembre).

Contamination du mercure dans l'eau

PRÉLIMINAIRE

Comparaison avec les critères santé humaine et faune piscivore

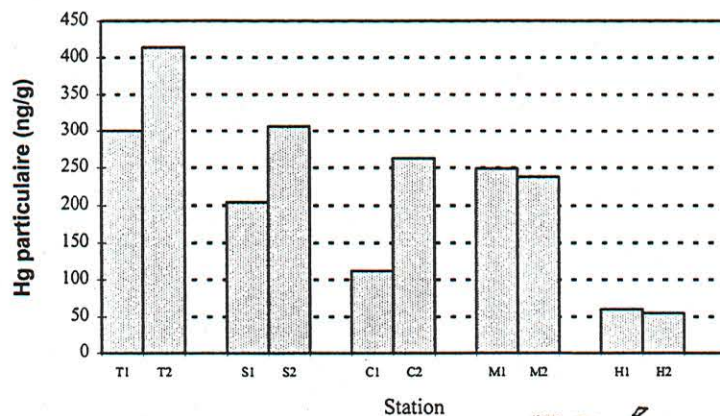
La comparaison des teneurs en mercure dans les phases particulaire, dissoute et au total avec les critères santé humaine (1,8ng/L, MEF,1998 en préparation) et faune piscivore (1,3ng/L, MEF,1998 en préparation) est présentée à l'annexe 6 et à la figure 8-b.

L'étude démontre que 90% et 100% des échantillons de mercure total (dissous + particulaire) dépassent les critères santé humaine et faune piscivore respectivement. Ce n'est qu'à la station Chicoutimi (octobre) qu'on ne retrouve pas de dépassement du critère santé humaine. L'amplitude de dépassement varie de 1,2 à 2,66 fois le critère santé humaine et de 1,2 à 3,68 fois le critère faune piscivore. C'est à la station Ha !Ha ! (octobre) que l'on retrouve les amplitudes de dépassement les plus élevées pour les deux critères respectifs. Le site témoin vient en second rang avec une amplitude de 2 et de 2,76 pour les critères santé humaine et faune piscivore respectivement. Les teneurs en mercure total en aval des rivières à Mars, Chicoutimi et aux Sables dépassent de 1,2 à 1,7 fois le critère santé humaine et de 1,2 à 2,3 fois le critère faune piscivore.

Pour la phase dissoute, toutes les stations et les échantillons dépassent le critère faune piscivore de 1 à 1,6 fois et 40% des échantillons excèdent le critère santé humaine. On observe des dépassements du critère de santé humaine qu'à la deuxième campagne d'échantillonnage (novembre) pour l'ensemble des stations à l'exception de la rivière aux Sables (annexe 6). Dans le cas de la phase particulaire, il n'y a que les stations témoin et Ha !Ha ! qui dépassent le critère faune piscivore de 1,1 et 2,5 respectivement, et le critère santé humaine n'est dépassé qu'à la station Ha !Ha ! (1,8 fois).

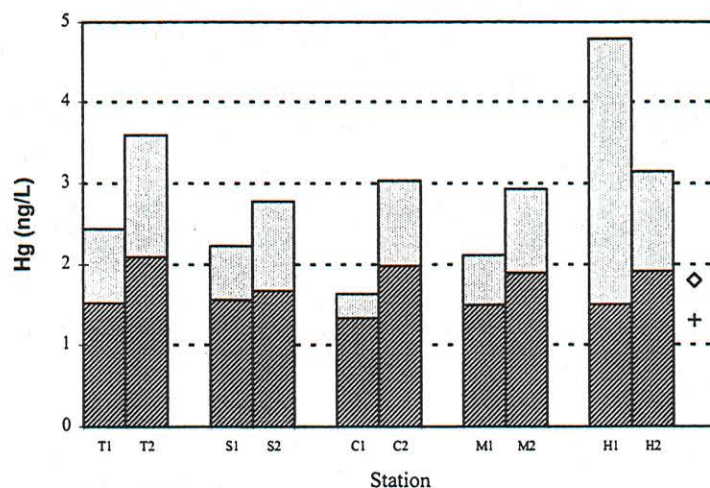
La plus grande partie de l'exposition au mercure se fait par la voie de consommation d'organismes aquatiques compte tenu qu'il se bioaccumule le long de la chaîne alimentaire. Les dépassements de critères, à caractères préventifs, ne sont toutefois pas négligeables et nous incitent à intervenir sur les sources.

On observe aussi que les teneurs en mercure particulaire (ng/g) (figure 8-b) dépassent de 1,1 (Chicoutimi) à 8,27 (Ha !Ha !) fois le seuil sans effet sur la faune benthique (50 ng/g) des critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et Ministère Environnement et faune, 1992). Les teneurs en mercure particulaire des stations témoin, aux Sables, Chicoutimi et à Mars dépassent de 1 à 2 fois le seuil d'effet mineur (200 ng/L, Environnement Canada et Ministère Environnement et faune, 1992). Le seuil d'effet néfaste n'est jamais dépassé.



(a)

PRÉLIMINAIRE



(b)



Figure 8

Teneurs en mercure (Hg) (a) dans la phase particulaire (ng/g);
 (b) dans les phases particulaire et dissoute (ng/L) des deux campagnes d'échantillonnage,
 octobre(1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C),
 à Mars (M) et Ha!Ha! (H)

Teneurs et comparaison spatiale du mercure dans l'eau

Les teneurs en mercure total dans l'eau de surface varient de 1,63 (Chicoutimi) à 4,79 ng/L (Ha !Ha !) (figure 8-b et annexe 7). On retrouve environ 65% du mercure dans la phase dissoute pour la plupart des échantillons à l'exception de la station Ha !Ha ! en octobre où l'on en rencontre 30%. Les concentrations dans la phase dissoute se situent entre 1,33 et 2 ng/L et varient de 0,3 à 3,3 ng/L dans la phase particulaire. La concentration élevée en mercure particulaire à la station Ha !Ha ! en octobre (3,29 ng/L) fait hausser la concentration en mercure total et entraîne des dépassements de critères les plus élevés (figure 8-b). Cette concentration ne présente pas nécessairement une contamination des particules, elle est surtout attribuée à la forte teneur en matière en suspension pour cet échantillon (54mg/L) et d'une teneur importante en carbone organique particulaire (2mg/L) (annexe 8). Les berges de la rivière Ha !Ha ! ne sont probablement pas stabilisées, ce qui contribuerait à la charge élevée de particules fines d'argile dans la colonne d'eau. La figure 8a fait ressortir une faible contamination des particules à la rivière Ha !Ha ! (57ng/g) comparativement aux autres stations. Une fois que cette rivière sera stabilisée, la contamination en Hg pourrait revenir à des teneurs plus acceptables.

PRÉLIMINAIRE

Par contre, les concentrations en mercure dans les particules semblent plus élevées au site témoin sur la rivière Chicoutimi (413 ng/g) (figure 8a). Il en est de même dans la phase dissoute (2,09 ng/L) (figure 8b). Cette contamination peut s'expliquer du fait que le site est à 3 km en aval du réservoir Kénogami. Un réservoir hydroélectrique est un milieu propice à la mise en disponibilité du mercure organique dans la colonne d'eau à partir de l'activité de décomposition de matière organique par les bactéries (Zillioux et al., 1993) et du trappage des apports atmosphériques en mercure (Lucotte et al. 1995). De plus, on observe également des teneurs élevées dans les sédiments à cette station (0,034 mg/kg) comparativement aux autres stations (figure 3). Pour la même rivière on note une concentration plus faible à l'embouchure (Chicoutimi) qui pourrait être attribuable à une sédimentation. La contamination similaire aux stations Chicoutimi, à Mars et aux Sables pourrait provenir des effluents municipaux, des dépôts atmosphériques provenant des usines environnantes et du ruissellement urbain et des sites de déchets dangereux (figure 1, tableau 1).

Si l'on compare les données de l'étude à celles de la littérature qui ont utilisées des techniques d'ultra-traces au Québec (tableau 9), on constate que les teneurs en Hg de la phase dissoute sont similaires à celles de la rivière Saint-Maurice (1,41-2,64 ng/L) (Lapierre, 1998 en préparation) qui est plus contaminée que les autres cours d'eau comparés. Les concentrations de la phase particulaire sont inférieures à celles de la rivière Saint-Maurice et elles sont supérieures aux teneurs des 23 tributaires du fleuve Saint-Laurent (Quémerais et al., 1998 en préparation), celles du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Québec et celles de la rivière des Outaouais (Quémerais et al., 1998 en préparation). Les teneurs en mercure particulaire de l'étude sont par contre similaires à celles du fleuve à la hauteur de Cornwall (Quémerais et al., 1998 en préparation). Les teneurs en mercure total de l'étude sont environ de deux fois inférieures à celles de la rivière Saint-Maurice (Lapierre, 1998 en préparation).

Tableau 9 Concentrations en mercure dissous, particulaire et total dans quelques plans d'eau au Québec selon les techniques d'ultra - traces.

Lieu d'échantillonnage	Date	Hg dissous (ng/L)	Hg particulaire (ug/kg)	Hg total (ng/L)	Référence
St-Maurice	1996	1,41-2,64	236-1039	2,58-7	Lapierre, 1998 en prép.
Fleuve St-Laurent (Cornwall)	1995-96	0,01-0,25	84,8-393,7		Quémerais et al., 1998 en prép
rivière des Outaouais (Carillon)	1995-96	0,53-1,23	52,5-185,7		Quémerais et al., 1998 en prép
Fleuve Saint-Laurent (Québec)	1995-96	0,1-1,09	12,11-302,8		Quémerais et al., 1998 en prép
Fleuve St-Laurent (23 tributaires)			48,7-363,7		Quémerais, comm. pers.
Fleuve St-Laurent (estuaire)				2,4	Cossa et al. 1988
Fleuve St-Laurent		0,4			Cossa et al. 1995
Rivière Niagara	1982		1570		Kuntz, 1984
Présente étude	1997	1,33-2,09	54,62-413,72	1,63-4,79	

Contamination en hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'eau

Comparaison avec les critères santé humaine et faune piscivore

La comparaison aux critères pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) présentée à l'annexe 6 a été faite pour treize des vingt et une substances analysées (annexe 1) du total (particulaire + dissous) seulement. Un critère santé humaine (eau et organismes aquatiques) a aussi été établi pour les HAPs à potentiel cancérigène définis par le groupe 1 (2 800pg/L, MEF, 1998). Les HAPs étudiés inclus dans le groupe 1 sont : le benzo[a]anthracène, le benzo[b]fluoranthène, le benzo[k]fluoranthène, le benzo[a]pyrène, le chrysène et l'indéno[1,2,3-cd]pyrène. Le critère suppose que tous les HAPs du groupe 1 ont le même potentiel toxique que le benzo[a]pyrène.

La fréquence de dépassement du critère santé humaine en HAP du groupe 1 pour les 5 stations en octobre et novembre est de 60% et les amplitudes de dépassement varient de 1,17 (Chicoutimi, octobre) à 7,37 (témoin, octobre) fois ce critère. Il n'y a que la station aux Sables qui n'excède pas le critère santé humaine. On retrouve des dépassements de 5 à 7 fois aux stations Chicoutimi en novembre, à Mars en novembre et au témoin en octobre.

Les teneurs des HAPs du groupe 1 de la phase dissoute excèdent dans 30 % des cas le critère santé humaine et les amplitudes de dépassement varient de 1,1 à 4,5 fois pour les stations Ha !Ha !, à Mars et Chicoutimi. Concernant la phase particulaire, les teneurs dépassent de 40% le critère et ils le dépassent de 1,3 à 5,79 fois aux stations Ha !Ha ! et témoin respectivement.

PRELIMINAIRE

Sur les 13 substances comparées et étudiées il n'y a que les teneurs en chrysène, en benzo[a]pyrène et en benzo[b]fluoranthène qui dépassent le critère santé humaine de 30, 10 et 30 % respectivement sur l'ensemble des stations. Pour le chrysène, les concentrations dépassent environ de 2,2 fois le critère santé humaine (2800 pg/L, MEF, 1998 en préparation) pour les stations témoin en octobre, à Mars en novembre et Chicoutimi en novembre. Ce n'est qu'à la station témoin en novembre que la teneur en benzo[a]pyrène dépasse le critère de une fois. Quant au benzo[b]fluoranthène, les amplitudes de dépassement varient de 1,6 à 2,21 fois le critère santé humaine pour les stations Chicoutimi en novembre, et à Mars en novembre.

Contrairement aux BPCs, aux dioxines, aux furanes, et au mercure, ce n'est pas la partie consommation de poisson qui est mise en cause pour les HAPs. En effet, les HAPs se bioaccumulent très peu dans le poisson, c'est plutôt la partie eau qui est responsable de la contamination. Le critère santé humaine s'appliquant aux HAPs du groupe 1 correspond à un niveau de risque équivalent à un cas de cancer supplémentaire pour une population d'un million d'individus (MEF, 1998 en préparation). Les dépassements des critères préventifs nous incitent à intervenir sur les sources. De plus, il serait nécessaire d'évaluer la qualité de cette eau en regard des critères élaborés pour l'eau potable ainsi que ceux fixés pour la chair de poisson.

Teneurs et comparaison spatiale des HAPs dans l'eau

Les concentrations de chacune des substances des HAPs pour les phases dissoute et particulaire ainsi que le total sont illustrées aux figures 9 à 12 et se retrouvent à l'annexe 7a pour la série du mois d'octobre et à l'annexe 7b pour la série du mois de novembre. Les 21 HAPs étudiés ont presque tous été détectés pour l'ensemble des stations. Les substances non détectées sont l'anthracène en novembre et le dibenzo[a,h]anthracène en octobre pour la station Ha !Ha !, et l'acénaphthylène pour la station Chicoutimi en novembre.

Les teneurs de la somme des 21 HAPs totaux (particulaire + dissous) dans l'eau de surface varient de 22 à 316,93 ng/L et celles à potentiel cancérigène varient de 1,27 à 20,6 ng/L (figure 12). Les concentrations les plus élevées en HAPs totaux sont observées aux stations Ha !Ha ! en octobre (316,9 ng/L), Chicoutimi en novembre (170 ng/L) et témoin en octobre (122,6 ng/L). Les stations les moins contaminées en octobre et novembre sont celles aux Sables (22 et 47 ng/L) et à Mars (47 et 69 ng/L). Concernant les HAPs potentiellement cancérigènes (groupe 1), la station témoin en octobre présente la plus forte concentration (20,6 ng/L) suivie des stations à Mars en novembre (19,8ng/L) et de Chicoutimi en novembre (16,6ng/L).

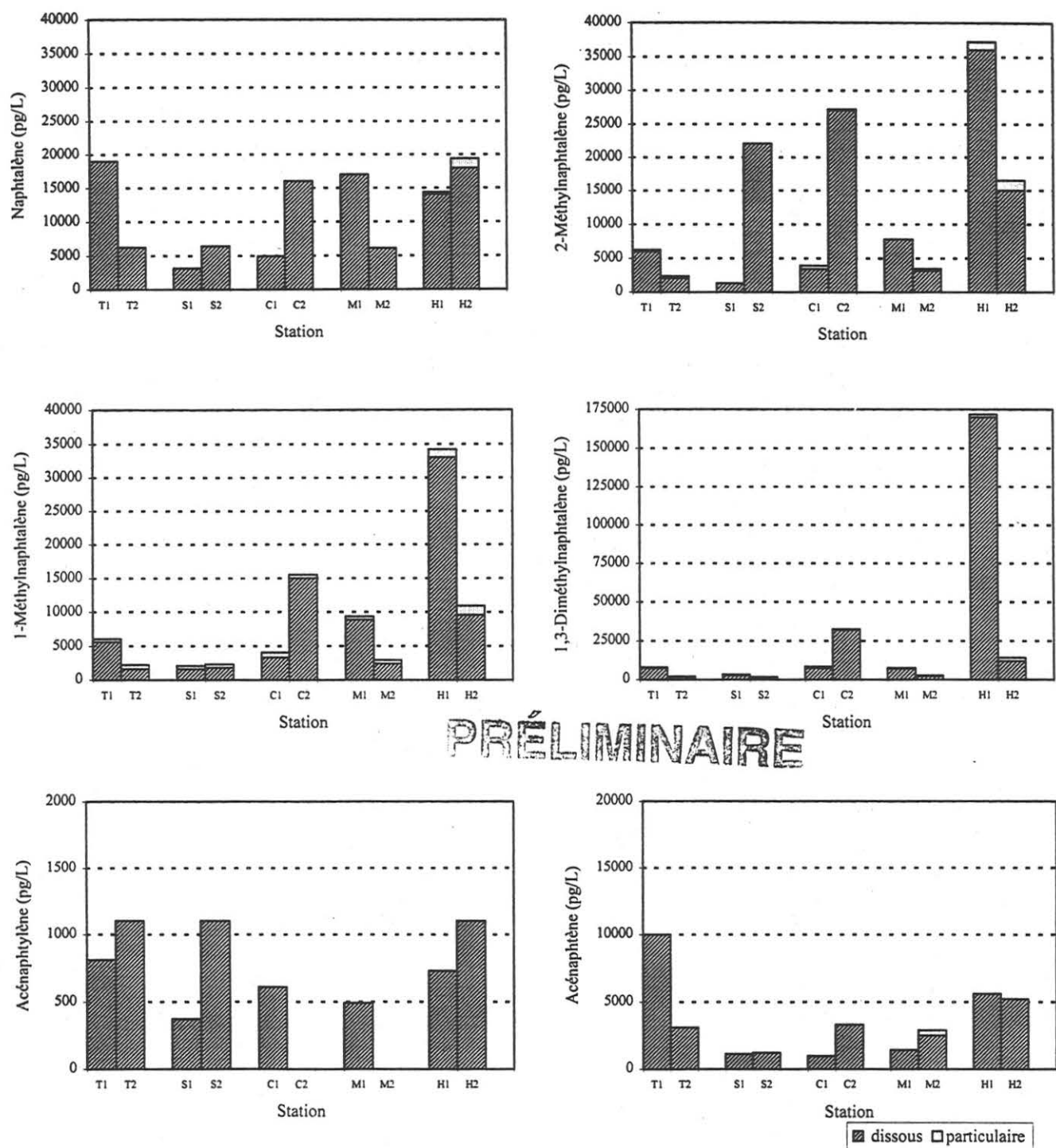


Figure 9

Teneurs (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute en naphthalène, en 2-méthyl-naphtalène, en 1-méthyl-naphtalène, en 1,3-diméthyl-naphtalène, en acénaphthylène et en acénaphtène des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)

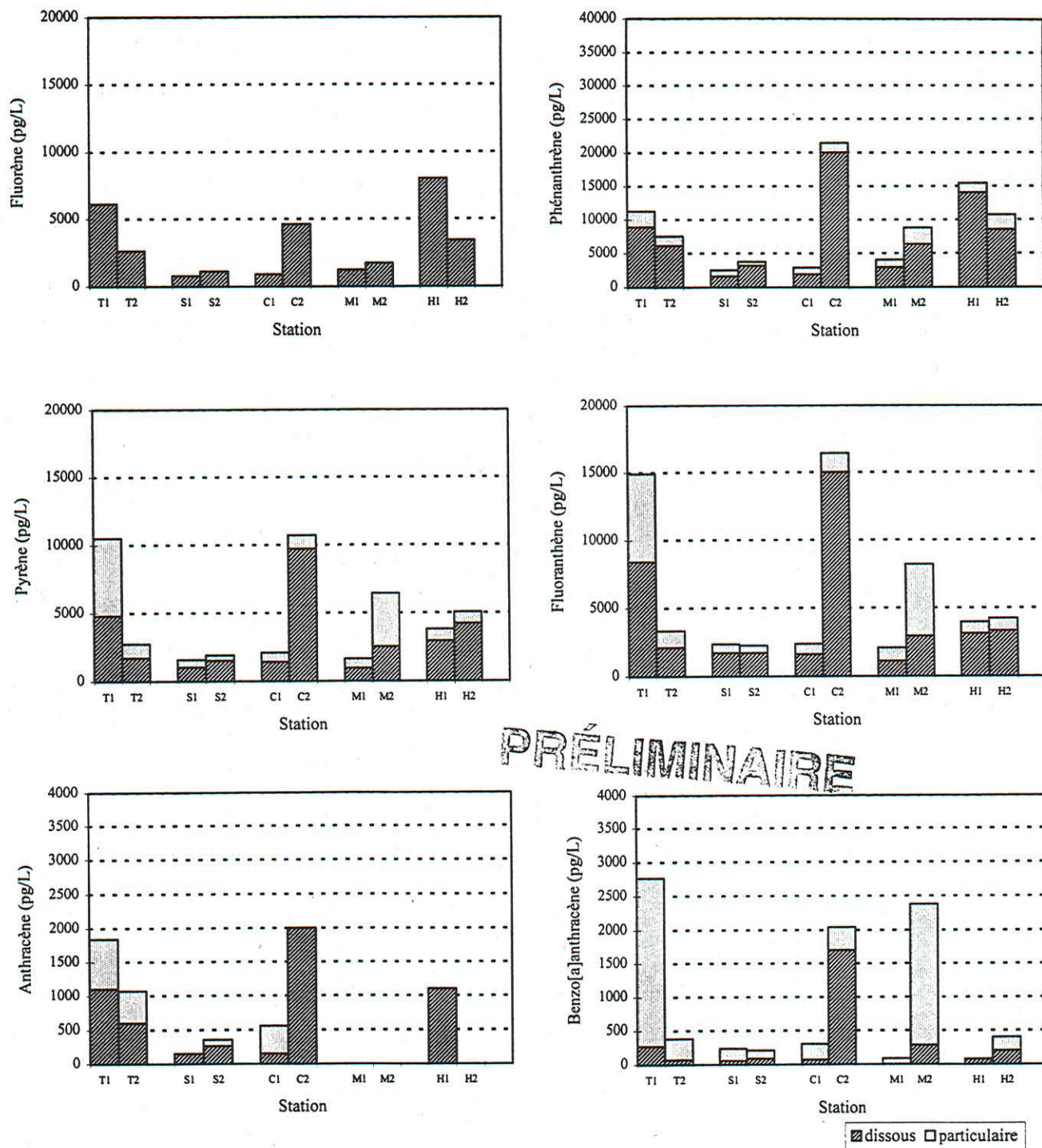


Figure 10 Teneurs (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute en fluorène, en phénanthrène, en pyrène, en fluoranthène, en anthracène et en benzo[a]anthracène des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)

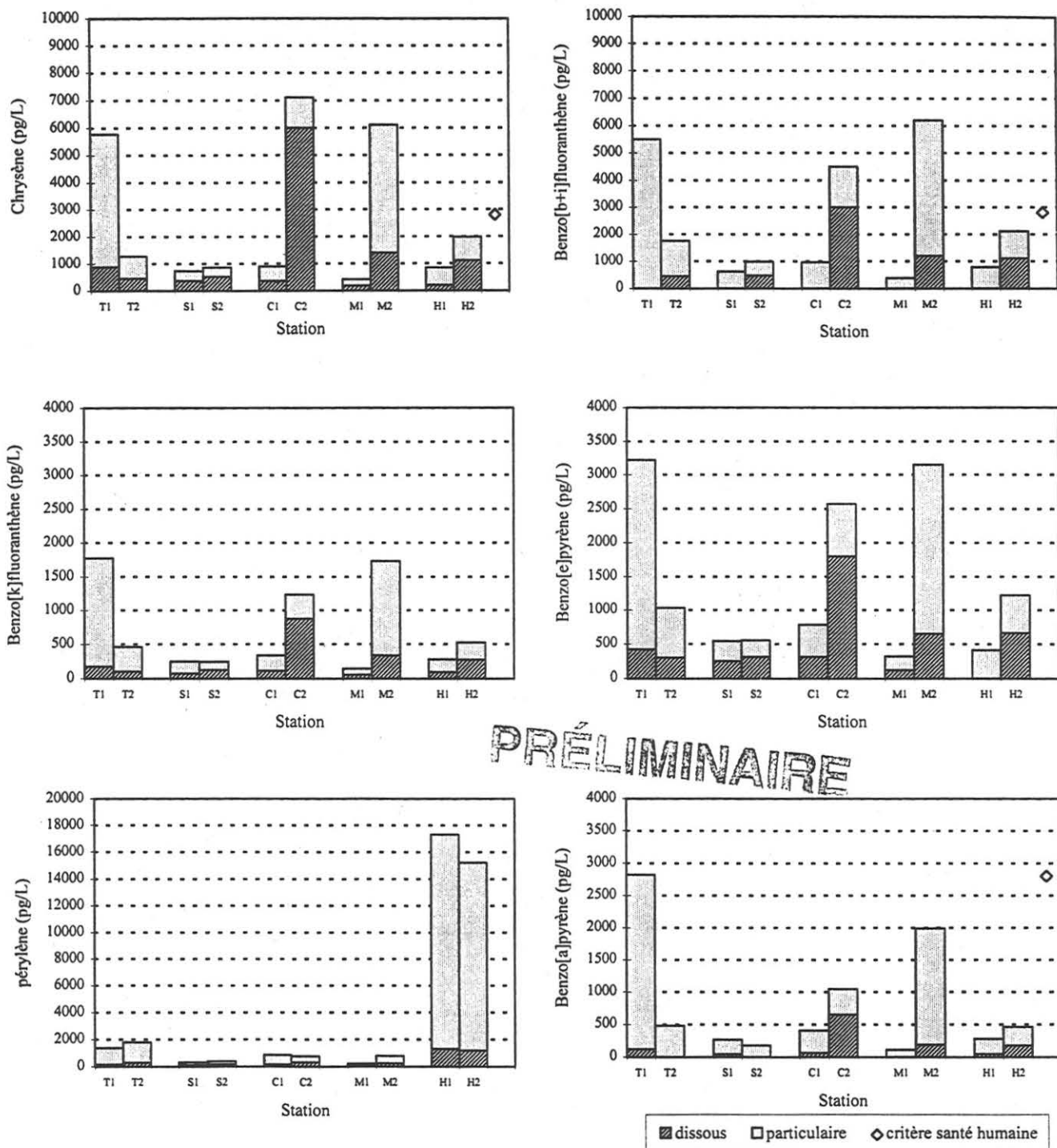
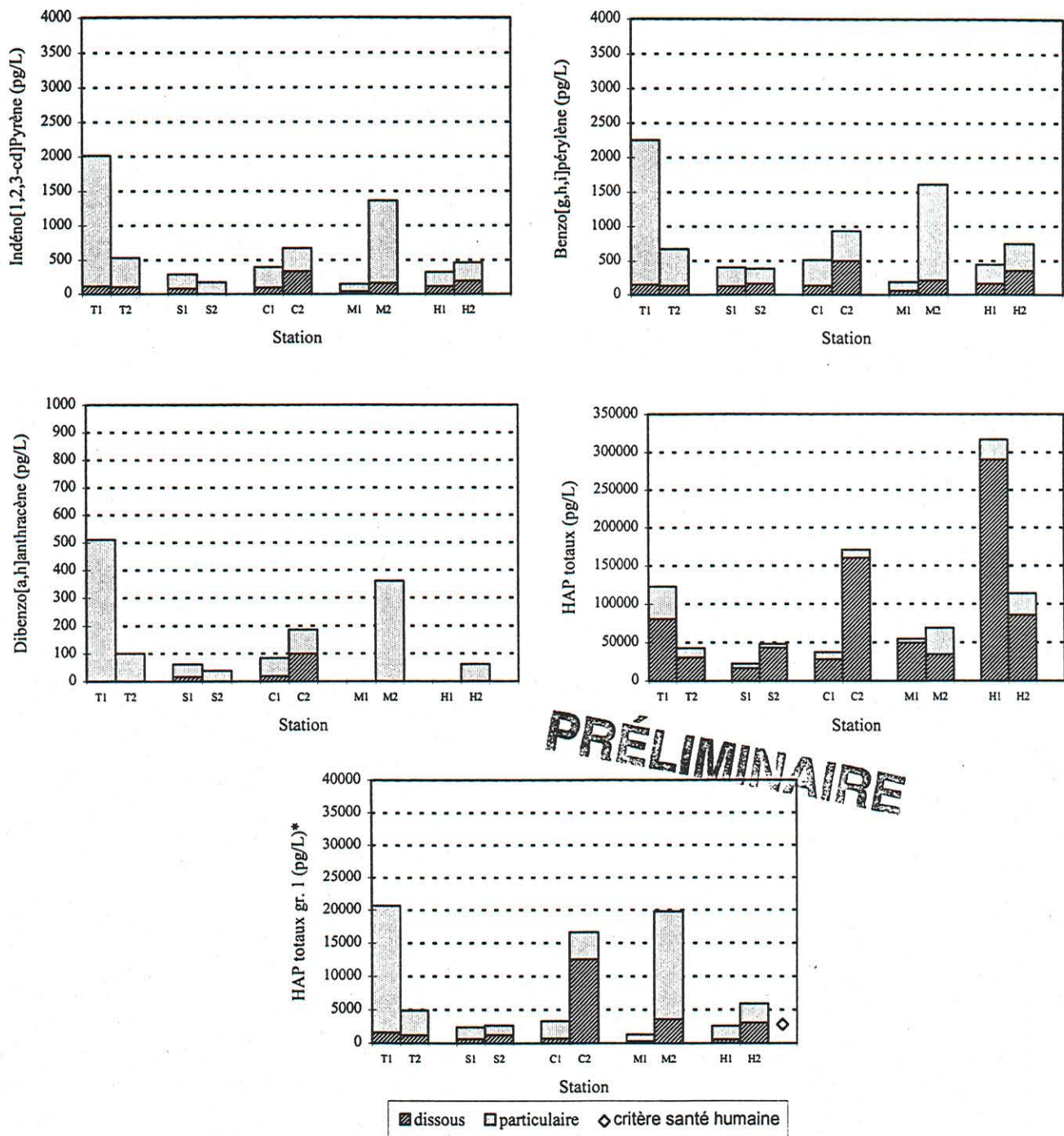


Figure 11 Teneurs (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute en chrysène, en benzo[b+j]fluoranthène, en benzo[k]fluoranthène, en benzo[e]pyrène, en benzo[a]pyrène et en pérylène des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



* Somme des HAP de groupe 1 = Benzo[a]anthracène + benzo[b]fluoranthène + benzo[k]fluoranthène + benzo[a]pyrène + chrysène + indéno[1,2,3-cd]pyrène

Figure 12 Teneurs (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute en indéno[1,2,3-cd]pyrène, en benzo[g,h,i]pérylène, en dibenzo[a,h]anthracène, en HAP totaux du groupe 1 et en HAP totaux des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)

Les substances à faible poids moléculaire, c'est à dire possédant 2 à 3 noyaux aromatiques soit du naphthalène à l'anthracène, se retrouvent majoritairement (80 à 100%) dans la phase dissoute (figures 9 et 10). Les concentrations en HAP dans la phase dissoute varient de 16,5 à 290,4 ng/L avec la teneur la plus élevée à la station Ha !Ha ! et la moins élevée à la station aux Sables (octobre). Plus le poids moléculaire augmente (4 noyaux et plus) plus ces HAPs s'adsorbent aux particules et sédimentent par la suite (White et Johns, 1997). Les substances : pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b+i]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[e]pyrène, benzo[a]pyrène, pérylène, indéno[1,2,3-cd]pyrène, benzo[g,h,i]pérylène, dibenzo[a,h]anthracène se concentrent alors principalement dans la phase particulaire pour des proportions qui varient de 50 à 100% (figures 10 à 12). Les concentrations de la phase particulaire varient de 4,73 à 42,7 ng/L avec la valeur la plus élevée à la station témoin (octobre) et la plus faible à la station aux Sables. On retrouve effectivement ces HAPs dans les sédiments de surface (figures 5 à 7).

Les HAPs les plus abondants sont par ordre d'importance pour chacune des stations:

- Témoin : naphthalène (15%), phénanthrène (13%), fluoranthène (10%), acénaphthène (8%)
- aux Sables : 2-méthyl-naphthalène (45% en novembre), naphthalène (14,6%), 1,3-diméthyl-naphthalène (14,4 % octobre), phénanthrène (11,6 %, octobre), fluoranthène (10,5 % octobre)
- Chicoutimi : 1,3 diméthyl-naphthalène (21%), 2-méthyl-naphthalène (13%), naphthalène (12%), 1-méthyl-naphthalène (10%), phénanthrène (10%)
- à Mars : naphthalène (36% octobre), 1-méthyl-naphthalène (20% octobre), 2-méthyl-naphthalène (17% octobre), phénanthrène (13% novembre), fluoranthène (12% novembre)
- Ha !Ha ! : 1,3 diméthyl-naphthalène (54%-octobre, 15%-novembre), naphthalène (20%-novembre), pérylène (15%), 2-méthyl-naphthalène(12%-octobre), 1-méthyl-naphthalène (11%), phénanthrène (11%, novembre)

Les concentrations dans l'eau en HAP dépendent aussi de leur poids moléculaire. Les teneurs sont plus faibles pour les HAPs à potentiel cancérigène (groupe 1) puisqu'ils ont un poids moléculaires plus élevés et qu'une fois adsorbés aux matières en suspension, ils sédimentent. Les teneurs ne sont toutefois pas négligeables puisqu'elles dépassent les critères de santé humaine de 60 %. Les HAPs du groupe 1 les plus abondants pour les stations témoin, à Mars, Chicoutimi, Ha !Ha ! et aux Sables sont par ordre d'importance le benzo[b+i]fluoranthène, le chrysène et le benzo[a]pyrène.

Les HAPs originent principalement d'une combustion incomplète de matières organiques de sources anthropogéniques (charbon, huile, gaz) et naturelles (forêt). Plusieurs études sur la contamination en HAP dans le milieu aquatique à l'embouchure du fjord du Saguenay suggèrent qu'elle est étroitement liée aux industries d'aluminium utilisant le procédé des anodes précurtées pour l'électrolyse d'aluminium (Cossa, 1990 ; Martel et al. 1986 ; Laliberté, 1991). On mentionne aussi que l'atmosphère constitue la voie principale de dispersion des HAPs dans l'environnement (Suess, 1976).

PRÉLIMINAIRE

Les sources potentielles contaminant le site témoin en HAPs du groupe 1 peuvent provenir soit : du réservoir Kénogami situé à 3 km en amont (milieu propice à trapper les apports atmosphériques provenant des usines environnantes) et du transport atmosphérique des émissions des alumineries (SECAL de Laterrière à 4 km au nord-est de la station et SECAL de Jonquière à 14 km au nord de la station) (figure 1, tableau 1). Quant à la station aval sur la rivière Chicoutimi, les sources pourraient provenir des émissions de SECAL de Jonquière (5km à l'ouest) à partir des vents dominants du nord ouest et des papeteries Abitibi-Consolidated et Division Paperboard de Jonquière, ainsi que des trop pleins de débordements des eaux usées et du ruissellement urbain.

Les sources de contamination en HAP du groupe 1 dépassant le critère aux stations à Mars en novembre et Ha !Ha ! pourraient provenir des émissions de SECAL de La Baie (4,5 km en amont) et d'Abitibi-Consolidated de Port-Alfred. Les trop pleins de débordement de l'égout collecteur municipal et le ruissellement urbain peuvent aussi contribuer à la contamination en HAP dans la rivière à Mars (figure 1 et tableau 1).

Les teneurs élevées en HAP pour les stations témoin, Chicoutimi, Ha !Ha ! et à Mars peuvent aussi être causées par la période d'échantillonnage effectuée l'automne où l'on rencontre des pluies plus abondantes et du chauffage au bois plus fréquent. Selon une étude des sources de HAP dans le fleuve Saint-Laurent (Pham et al. 1993), on observe à l'automne des teneurs plus élevées dans l'eau qu'à l'été et la principale source proviendrait de la déposition atmosphérique (52%) et est suivie des tributaires (17%), des grands lacs (8%) et des autres sources (22%). Les pluies étant plus fréquentes à cette saison, elles entraînent avec elles les particules chargées en HAP, provenant du chauffage aux bois (Brun et al., 1991) en plus des autres émissions anthropogéniques (voitures, industries, incinérateurs). Une fois déposées, elles s'additionnent à la charge du milieu aquatique provenant des effluents municipaux, industriels et du ruissellement urbain. Les concentrations en HAP dans l'atmosphère à Jonquière (692 ng/m³) sont de 50 à 100 fois plus élevées qu'aux autres municipalités comme Montréal, Windsor et Toronto et ce, du principalement aux alumineries de cette région (Dann et al., 1991)

En comparant les données avec des études utilisant la même technique d'échantillonnage et d'analyse, les teneurs en HAPs totaux pour les stations aux Sables, à Mars, témoin de novembre et Chicoutimi en octobre sont semblables à celles sur la Saint-Maurice qui varient de 11,86 à 70,68 ng/L (Lapierre, 1998 en préparation). Par contre, ces dernières sont dépassées de 2 à 3 fois par les teneurs des stations Ha !Ha !, Chicoutimi en novembre et le témoin en octobre. Concernant la comparaison des teneurs des 12 HAPs analysés en octobre dans l'étude du fleuve Saint-Laurent et qui varient de 7,15 (Cornwall) à 25,8 ng/L (Québec) (Pham et al, 1993), les concentrations aux stations à Mars en octobre, aux Sables, Chicoutimi en octobre et témoin en novembre se situent dans la plage de ces teneurs (9,4 à 21,24 ng/L). Les teneurs des stations Ha !Ha !, à Mars en novembre, témoin en octobre et Chicoutimi en novembre (27,8 à 70,7 ng/L) dépassent de 1 à 3 fois les valeurs du fleuve Saint-Laurent.

Contamination en biphenyles polychlorés dans l'eau

Comparaison avec les critères santé humaine et faune piscivore

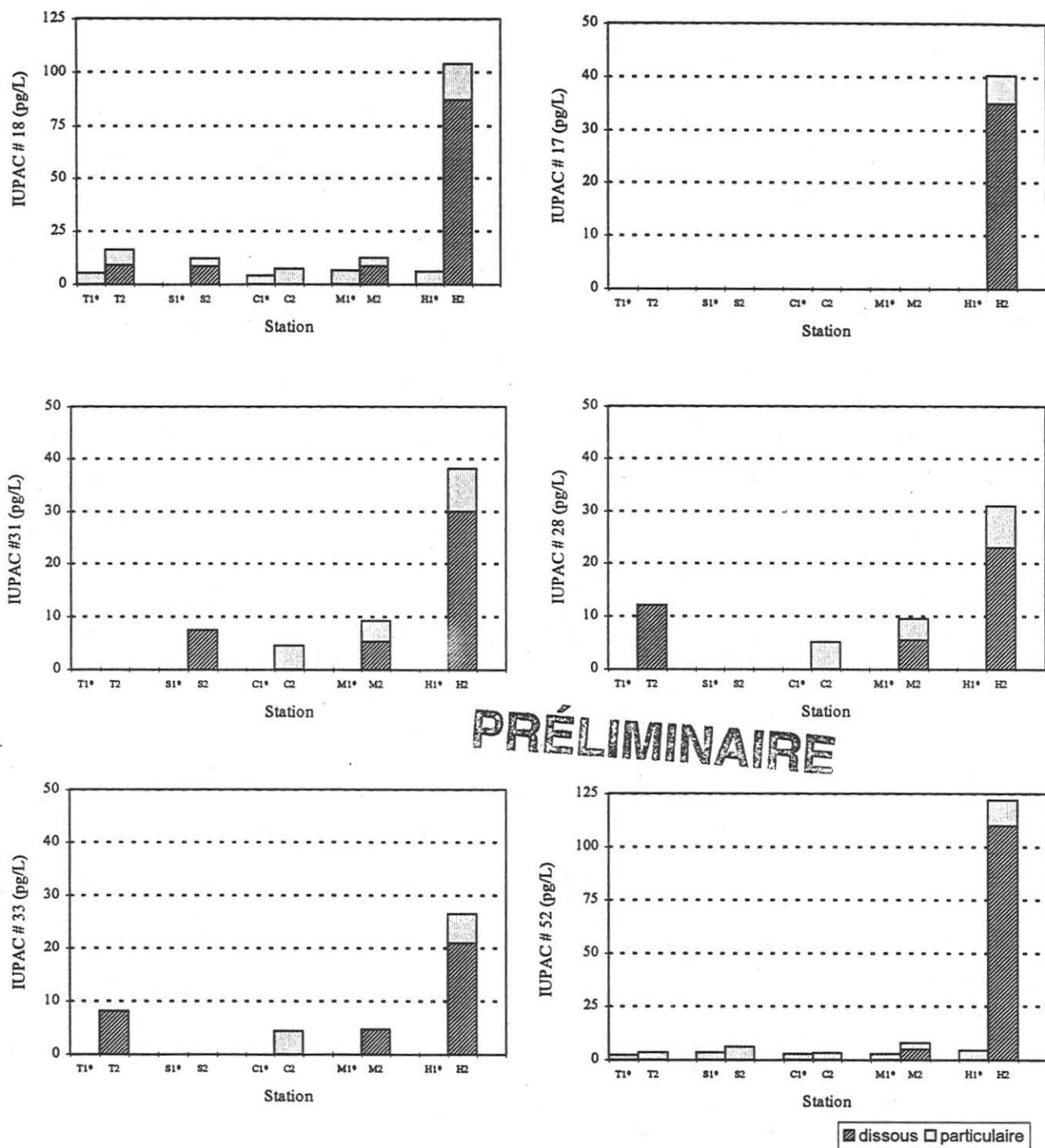
La comparaison des teneurs en BPC avec les critères santé humaine (44 pg/L, MEF 1998, en préparation) et faune piscivore (120 pg/L, MEF 1998 en préparation) s'applique pour la somme des 43 congénères de BPCs dissous, particuliers et totaux (annexe 6). Les valeurs des BPCs pour la phase dissoute en octobre ne seront pas interprétées étant donné leur faible pourcentage de récupération lors du dosage.

Les teneurs en BPC totaux (somme de 45 BPC de la phase dissoute et particulière) en novembre, dépassent le critère santé humaine pour toutes les stations et elles l'excèdent de 1,46 à 15,25 fois. Concernant le critère faune piscivore, il est dépassé à 80% et les teneurs le dépassent de 1,03 à 5,59 fois. C'est à la station Ha !Ha ! que les dépassements des critères sont les plus élevés et elle est suivie par ordre d'importance des stations aux Sables, à Mars, Témoin et Chicoutimi.

Les teneurs en BPC dissous excèdent dans 60% des cas le critère santé humaine où les amplitudes varient de 1,55 à 12,9 fois pour les stations témoin, à Mars et Ha !Ha ! respectivement. Quant au critère faune piscivore il est dépassé que par la station Ha !Ha ! à une amplitude de 4,74 fois.

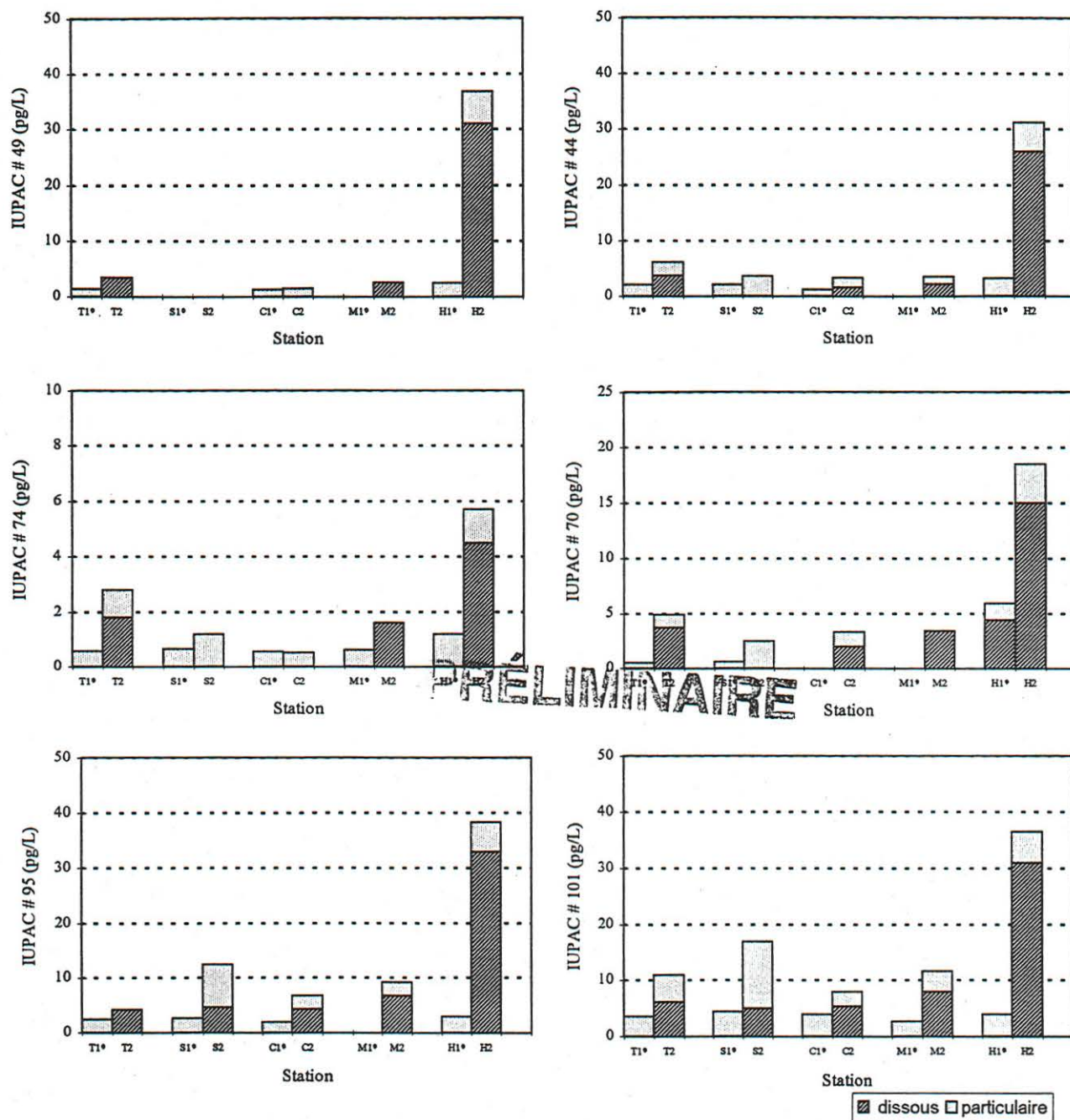
Dans le cas de la phase particulière, ce n'est que le critère santé humaine qui est dépassé et ce, à 40% de l'ensemble des échantillons incluant ceux d'octobre. Il s'agit des stations témoin, Ha !Ha ! et aux Sables où le critère santé humaine est respectivement dépassé de 1,03 à 2,54 fois.

PRÉLIMINAIRE



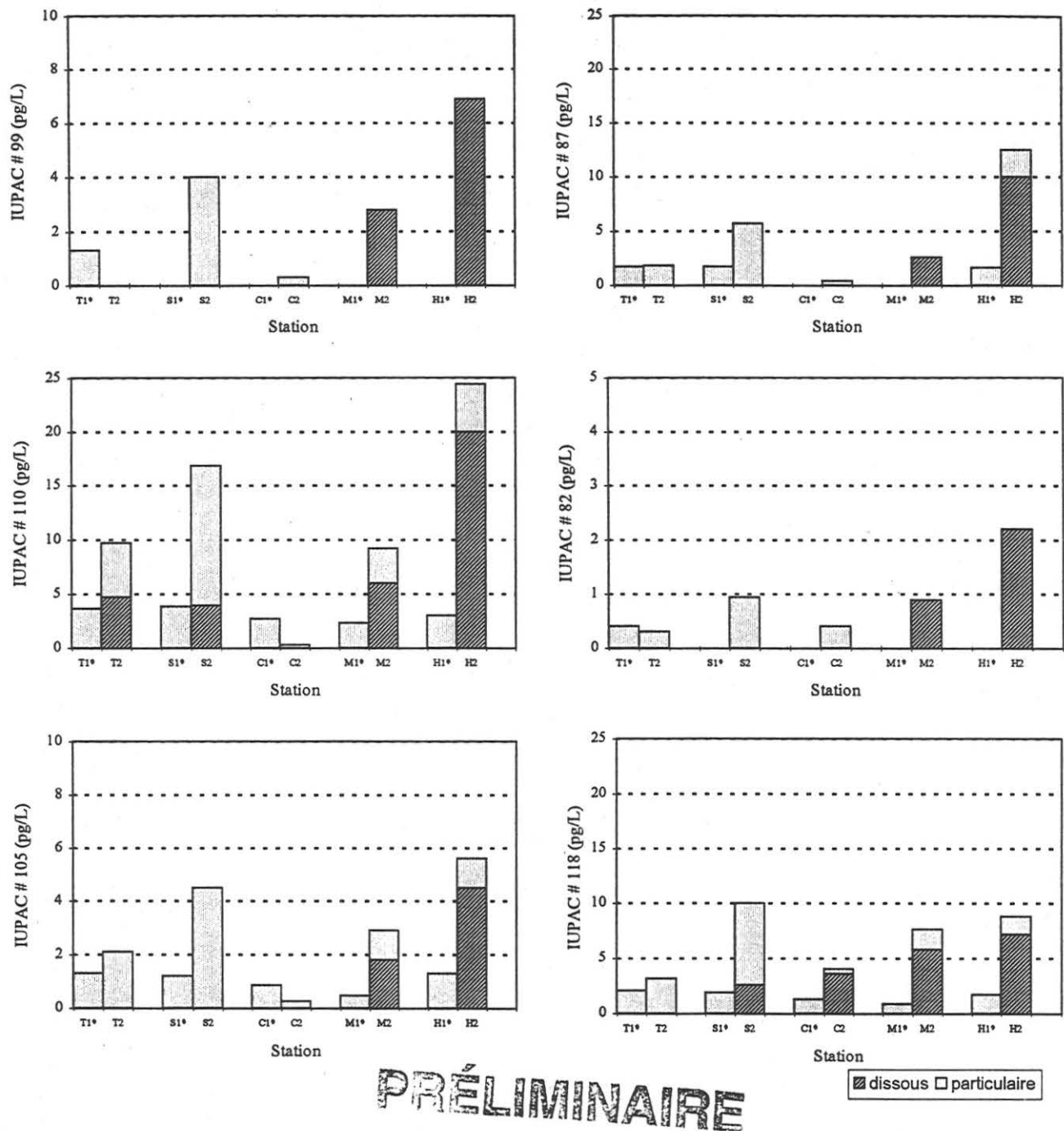
* Les teneurs en BPCs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération.

Figure 13 Teneurs en BPC (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute des numéros IUPAC 18, 17, 31, 28, 33 et 52 des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



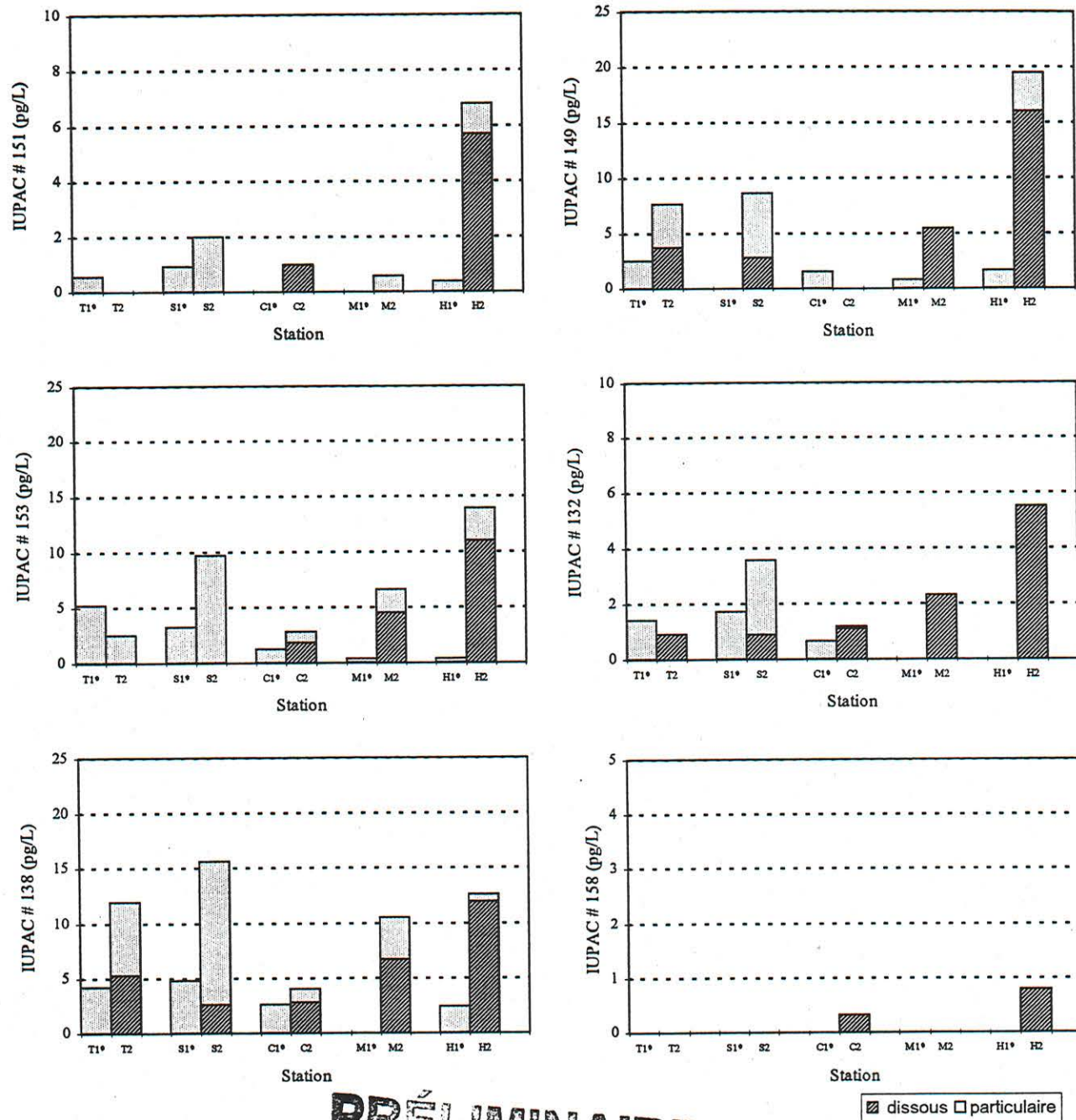
* Les teneurs en BPCs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération.

Figure 14 Teneurs en BPC (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute des numéros IUPAC 49, 44, 74, 70, 95 et 101 des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



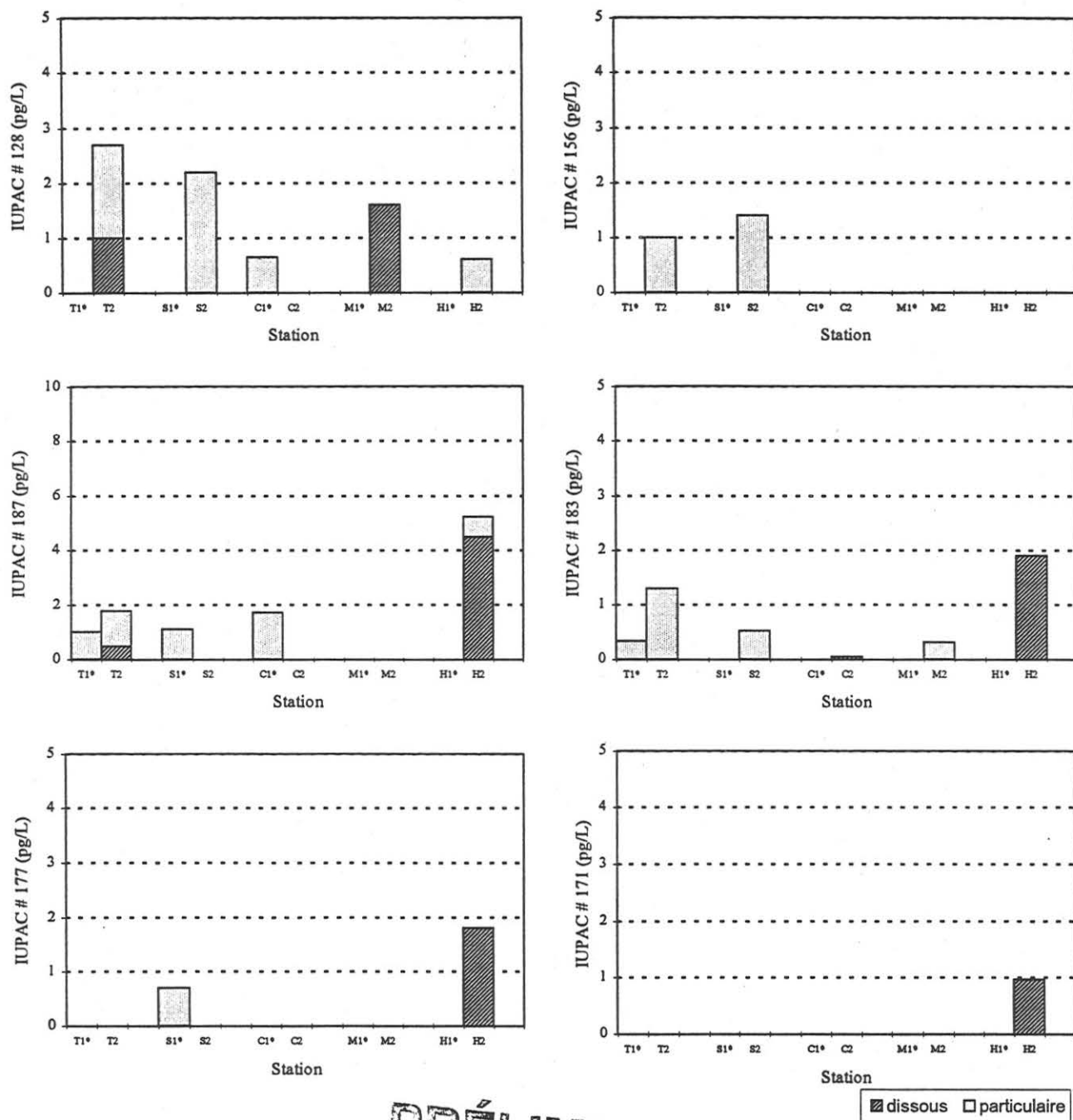
* Les teneurs en BPCs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération.

Figure 15 Teneurs en BPC (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute des numéros IUPAC 99, 87, 110, 82, 105 et 118 des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



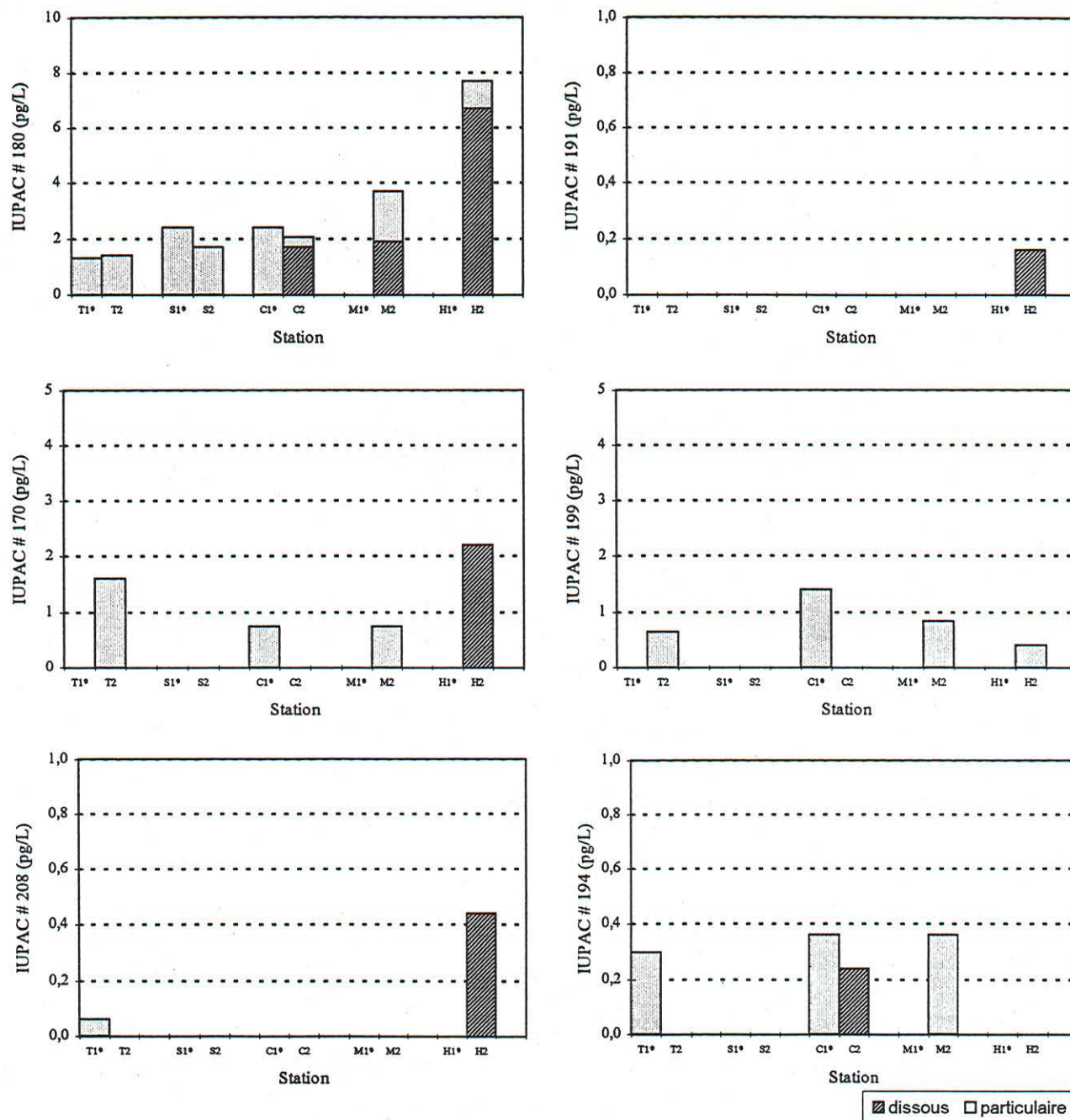
* Les teneurs en BPCs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération.

Figure 16 Teneurs en BPC (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute des numéros IUPAC 151, 149, 153, 132, 138 et 158 des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



* Les teneurs en BPCs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération.

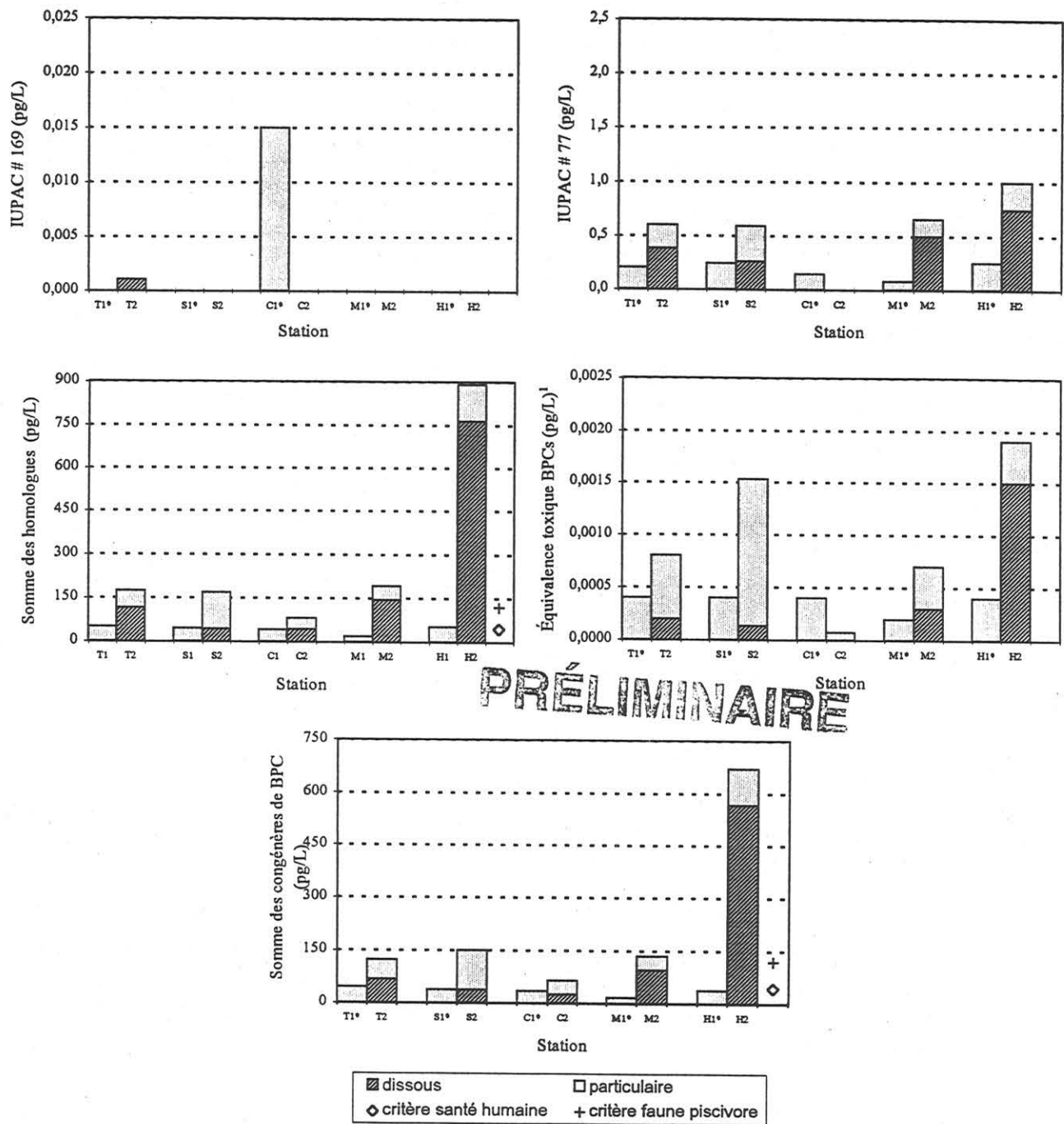
Figure 17 Teneurs en BPC (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute des numéros IUPAC 128, 156, 187, 183, 177 et 171 des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



* Les teneurs en BPCs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération.

PRÉLIMINAIRE

Figure 18 Teneurs en BPC (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute des numéros IUPAC 180, 191, 170, 199, 208 et 194 des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations: Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



* Les teneurs en BPCs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération.

¹ L'équivalence toxique total des BPC de la 2378-TCDD se rapporte aux cinq congénères suivants: IUPAC-77,126,169, 105, 118

Figure 19 Teneurs en BPC (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute des numéros IUPAC 169, 77, de la somme des homologues et des congénères totaux, et de l'équivalence toxique des BPC des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2), pour les stations : Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)

Puisque les BPCs s'accumulent dans le tissu des poissons, la plus grande partie de contamination provient de la consommation d'organismes aquatiques plutôt que la consommation directe de l'eau comme c'est le cas des HAPs. Le critère santé humaine s'appliquant aux BPCs correspond à un niveau de risque équivalent à un cas de cancer supplémentaire pour une population d'un million d'individus (MEF, 1998 en préparation). Les dépassements des critères préventifs nous incitent à intervenir sur les sources.

Teneurs et comparaison spatiale des BPCs dans l'eau

PRÉLIMINAIRE

Sur 43 congénères de BPC analysés (annexe 7a et 7b et figures 13 à 19), 31 ont été détectés pour les phases dissoute et particulaire ainsi que le total (dissous + particulaire) pour l'ensemble des stations, 6 ont été détectés pour les stations Ha !Ha ! et aux Sables, et 6 n'ont pas été détectés (IUPAC n° 195, 205, 126, 206, 209 et 169).

Les teneurs de la somme des congénères de BPC totaux varient de 64,29 (Chicoutimi) à 671 pg/L (Ha !Ha !) pour l'ensemble des stations de novembre. Les concentrations pour les stations témoin, à Mars et aux Sables, se maintiennent à 123, 135 et 150 pg/L respectivement. Dans le cas des équivalents toxiques totaux des BPCs de la 2378-TCDD, correspondants aux cinq congénères planaires les plus toxiques (n° 77, 126, 169, 105 et 118), les teneurs varient de 0,00007 (Chicoutimi) à 0,00190 pg/L (Ha !Ha !). Le patron de distribution des teneurs pour les stations en équivalence toxique BPC est similaire à celui de la somme des congénères.

La proportion des teneurs en BPC pour chacune des phases varient selon la station. Aux stations Chicoutimi et aux Sables les BPCs se concentrent davantage dans la phase particulaire selon une proportion de 60 et 75 % respectivement. Par contre pour les stations Ha !Ha !, à Mars et témoin on retrouve majoritairement les BPCs dans la phase dissoute soit en moyenne 85% et varient de 65 à 100 % selon les congénères.

Les congénères de BPC les plus abondants pour l'ensemble des stations sont : IUPAC n° 18, 101, 110, 138, 153 et 52. On les retrouve par ordre d'importance pour chacune des stations comme suit :

- Témoin : IUPAC n° 18 (12%), n° 153 (11% particulaire en octobre), n° 138 (10%), n° 28 (10%), n° 110 (8%)
- aux Sables : IUPAC n° 101 (11,5%), n° 138 (11%), n° 110 (10,5% en novembre), n° 153 (8%)
- Chicoutimi : IUPAC n° 101 (11,5%), n° 18 (11%), n° 95 (10,4%), n° 59 (7%), n° 138 (7%)
- à Mars : IUPAC n° 18 (37% particulaire en octobre et 10% total en novembre), n° 52 (16,4% particulaire en octobre), n° 101 (13 %), n° 110 (13 %)
- Ha !Ha ! : IUPAC n° 52 (18%), n° 18 (15%), n° 101 (8%), n° 44 (6,5%), n° 95 (6%)

Il est à noter que les six congénères dominants de cette étude sont comparables à ceux des études sur la rivière Saint-Maurice à la hauteur de la prise d'eau de Trois-Rivières (Lapierre, en préparation 1998) et sur le fleuve Saint-Laurent à l'effluent de la Communauté Urbaine de Montréal (Pham et Proulx, 1997).

La teneur élevée particulièrement à la station Ha !Ha ! en novembre pourrait provenir des émissions d'Abitibi-Consolidated de Port-Alfred à partir des vents dominants de l'ouest. La contamination en BPC particulaire de la station aux Sables peut provenir des effluents des usines de pâtes et papiers (Division Paperboard et Abitibi-Consolidated de Jonquièr) situées en amont de la station et des effluents municipaux par les trop pleins. L'amont de la rivière Chicoutimi (site témoin) est plus contaminé en BPC qu'en aval près de l'embouchure (station Chicoutimi). Les sources potentielles de contamination du site témoin pourraient provenir des apports atmosphériques via le réservoir Kénogami et via les émissions des usines environnantes de pâtes et papiers. La contamination en BPC de la rivière à Mars pourrait provenir des émissions d'Abitibi-Consolidated de La Baie par le transport atmosphérique et des effluents municipaux via les trop pleins de débordement.

Les teneurs en BPC pour la somme des congénères sont semblables à celles de la rivière Saint-Maurice qui oscillent de 99 à 274 pg/L (Lapierre, 1998 en préparation) à l'exception de la station Ha !Ha ! où elle les dépasse de 3 fois. Les concentrations de la $\Sigma 13$ BPC à l'effluent de la station d'épuration de la Communauté urbaine de Montréal

2980 pg/L, Pham et Proulx, 1996) sont au moins 30 fois supérieures à $\Sigma 13\text{BPC}$ de l'étude (21 à 91,4 pg/L), par contre ces dernières teneurs sont comparables à celles en dehors du panache de la CUM. Les teneurs moyennes de la $\Sigma 13\text{BPC}$, pour les 4 tributaires du fleuve (rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet ; 427 pg/L) et pour l'Outaouais (330 pg/L) indiquent aussi qu'elles sont supérieures aux valeurs de cette étude (Quémerais et al., 1994).

Contamination par les dioxines et furanes dans l'eau

PRÉLIMINAIRE

Comparaison avec les critères santé humaine et faune piscivore

C'est à partir de la somme des teneurs en équivalent toxique de la 2,3,7,8-T4CDD de chacune des sept dioxines et des dix furanes que s'effectue la comparaison avec les critères santé humaine (0,013 pg/L, MEF 1998) et faune piscivore (0,0031 pg/L, MEF 1998) pour les formes dissoute et particulaire ainsi que pour le total (dissous + particulaire) (annexe 6 et figure 22). Les valeurs absolues des dioxines et des furanes pour la phase dissoute en octobre ne seront pas interprétées étant donné leur faible pourcentage de récupération lors du dosage.

Les teneurs en dioxines et furanes totaux de novembre dépassent le critère santé humaine pour 60 % des cas et elles l'excèdent de 1 à 3,8 fois. Si on ajoute à cette comparaison les concentrations du mois d'octobre de la phase particulaire, les teneurs excéderaient d'au moins jusqu'à 24 fois pour la station témoin et 4,13 fois pour la station Chicoutimi. Ce n'est qu'à la station aux Sables qu'aucun dépassement du critère santé humaine est détecté.

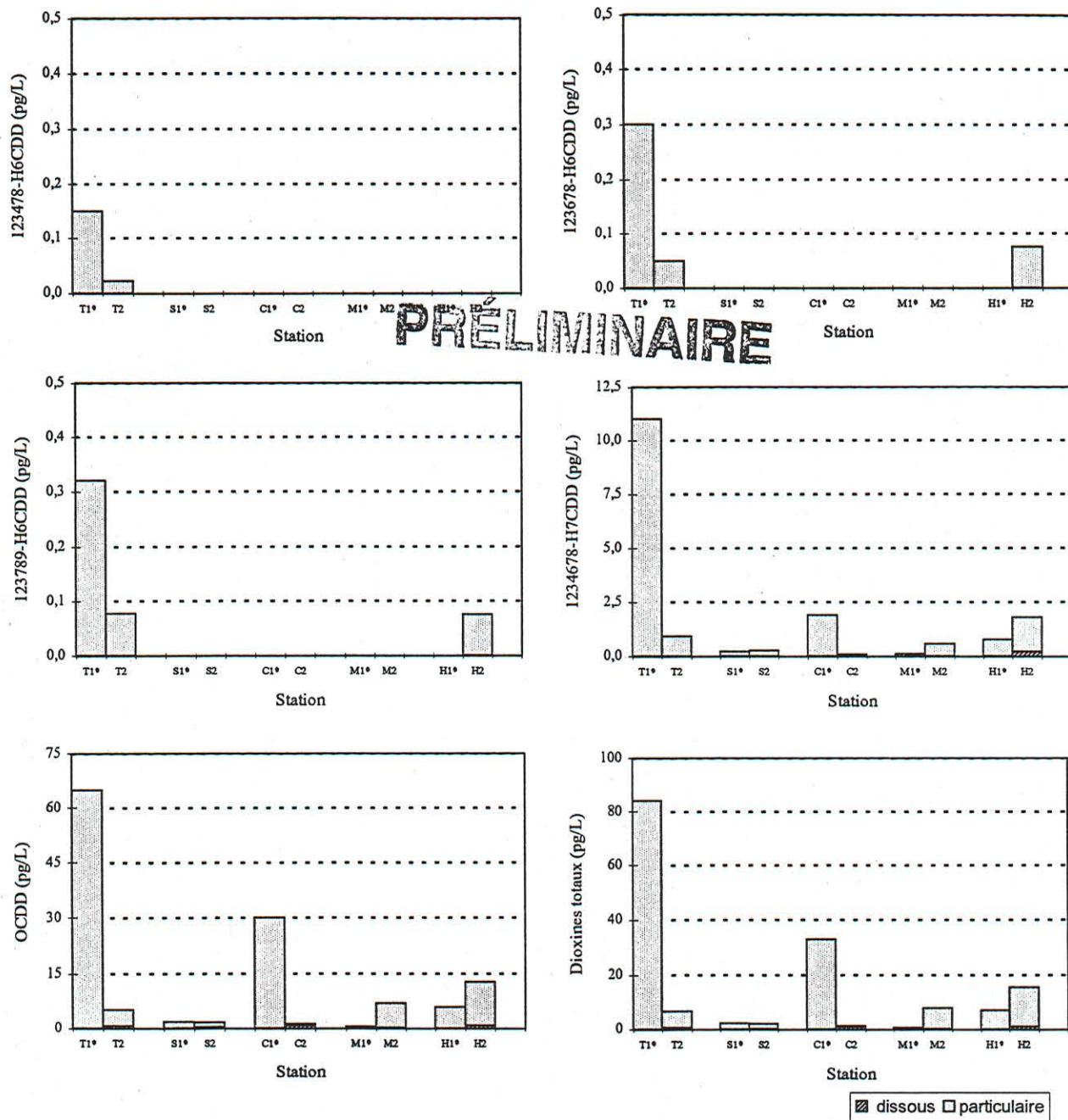
Concernant le critère faune piscivore, il est dépassé à toutes les stations en novembre et les amplitudes de dépassement varient de 1,4 à 16 fois (Ha !Ha !). En incluant la phase particulaire du mois d'octobre pour la comparaison du critère faune piscivore dans le total, les concentrations dépasseraient d'au moins 102,1 fois à la station témoin et 17,30 fois à la station Chicoutimi. C'est donc à la station témoin pour laquelle les dépassements des critères sont les plus élevés en incluant l'échantillon d'octobre, et elle est suivie par ordre d'importance, des stations Chicoutimi en octobre et Ha !Ha ! en novembre.

Les teneurs en dioxines et furanes dans la phase dissoute ne dépassent à aucune station les critères santé humaine et faune piscivore. Par contre dans la phase particulaire, les teneurs excèdent de 60 % le critère santé humaine et de 90 % le critère faune piscivore. Les amplitudes de dépassement varient de 1,2 à 24,35 fois le critère santé humaine et de 1,56 à 102,1 fois celui de faune piscivore. Comme la distribution des dioxines et furanes sont essentiellement dans la phase particulaire, l'ordre des stations les plus contaminées sont les mêmes que pour la description du total (particulaire et dissous).

La plus grande partie de l'exposition se fait par la voie de la consommation d'organismes aquatiques plutôt que par celle de la consommation directe de l'eau puisque les dioxines et les furanes s'accumulent dans les tissus des organismes aquatiques. Le critère santé humaine s'appliquant aux dioxines et furanes correspond à un niveau de risque équivalent à un cas de cancer supplémentaire pour une population d'un million d'individus (MEF, 1998). Les dépassements des critères préventifs nous incitent à tarir les sources et à étudier la qualité de l'eau potable.

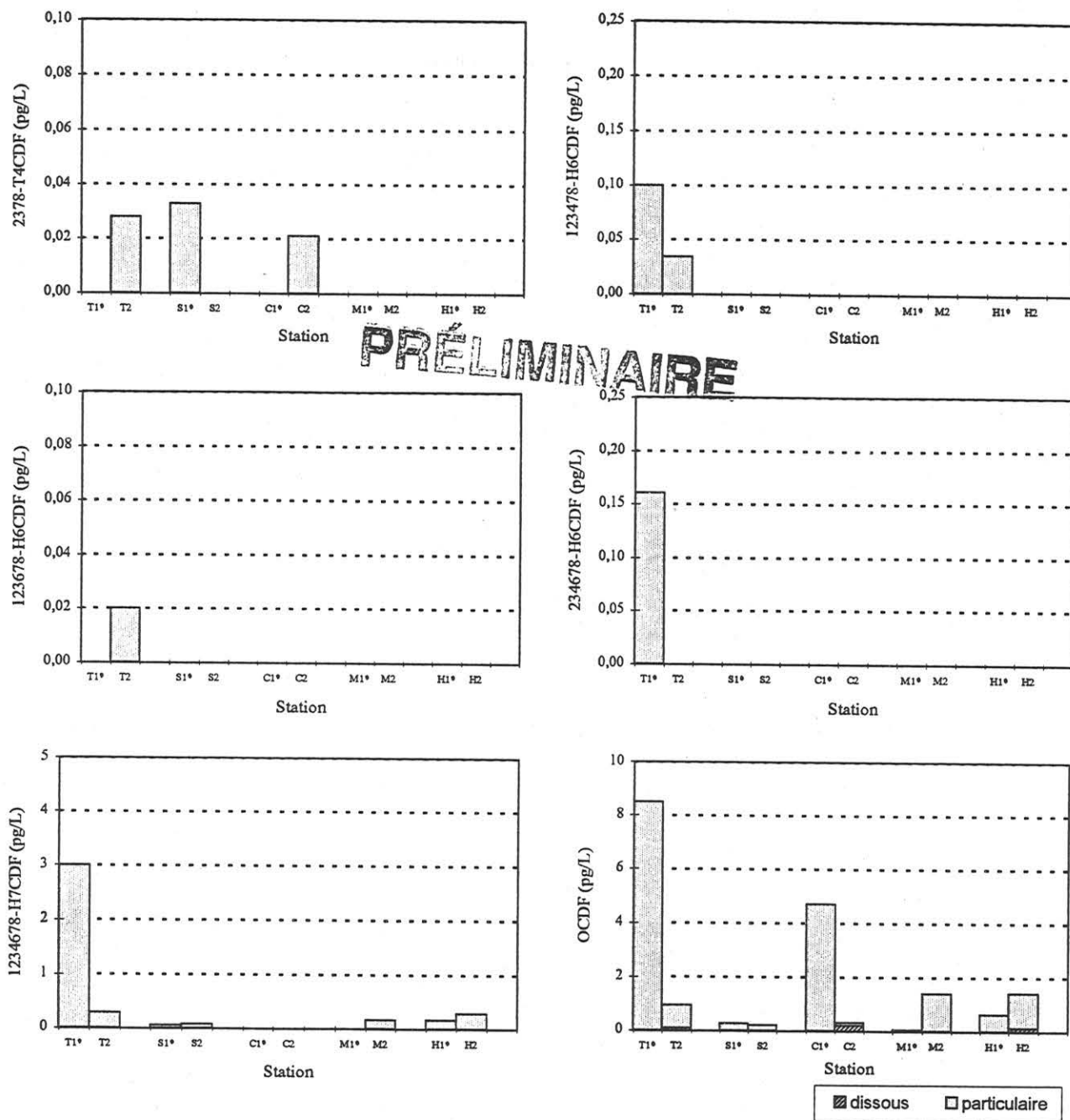
Teneurs et comparaison spatiale des dioxines et des furanes dans l'eau

Les concentrations de chacune des substances se retrouvent à l'annexe 7a et 7b et sont représentées aux figures 20 à 22. Deux des 7 dioxines analysés (2378-TCDD et 12378-P5CDD) ainsi que 4 des 10 furanes (12378-P5CDF, 23478-P5CDF, 123789-H6CDF et 1234678-H6CDF) n'ont pas été détectés.



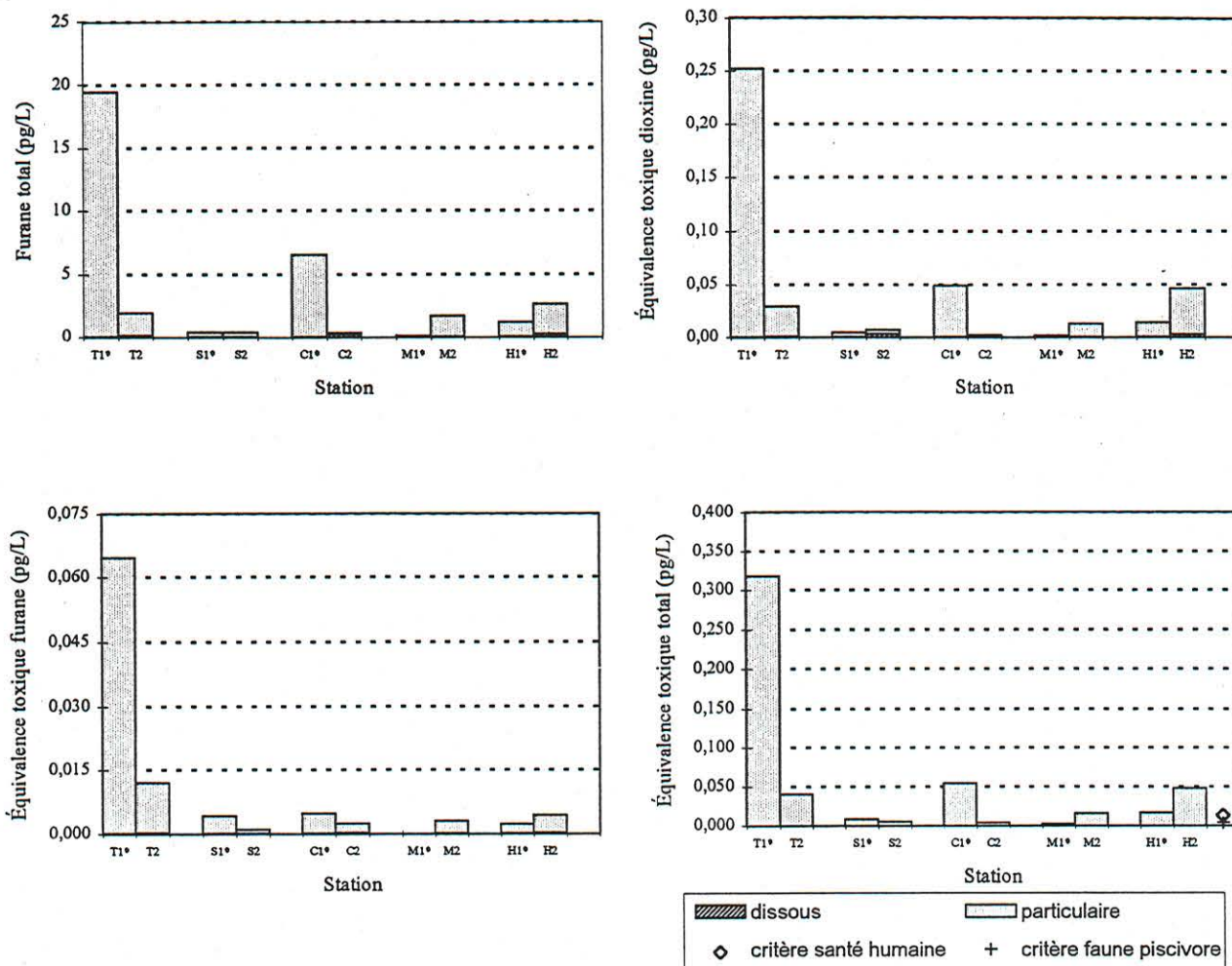
* Les teneurs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération

Figure 20 Teneurs (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute en 123478-H6CDD, en 123678-H6CDD, en 123789-H6CDD, en 1234678-H7CDD, en OCDD et en dioxines totaux des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2) pour les stations : Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



* Les teneurs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération

Figure 21 Teneurs (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute en 2378-T4CDF, en 123478-H6CDF, en 123678-H6CDF, en 234678-H6CDF, en 1234678-H7CDF et en OCDF des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2) pour les stations : Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)



* Les teneurs de la phase dissoute du mois d'octobre n'a pas été pris en considération en raison du faible % de récupération

Figure 22 Teneurs (pg/L) dans les phases particulaire et dissoute en furanes totaux, en équivalence toxique dioxine, furane et totale des deux campagnes d'échantillonnage, octobre (1) et novembre (2) pour les stations : Témoin (T), aux Sables (S), Chicoutimi (C), à Mars (M) et Ha!Ha! (H)

PRÉLIMINAIRE

Les teneurs en équivalence toxique des dioxines et furanes totaux (dissous + particulaire) varient de 0,001 à 0,317 pg/L pour l'ensemble des stations. La valeur la plus élevée se positionne à la station témoin en octobre et est suivie des stations Chicoutimi en octobre, Ha !Ha ! en novembre et témoin en novembre. La station pour laquelle les concentrations sont les plus faibles est celle aux Sables qui ne dépasse pas le critère santé humaine.

Les teneurs en équivalence toxique des dioxines varient de 0,001 à 0,252 pg/L et se concentrent principalement dans la phase particulaire (60 à 100%) (figure 22). Concernant les teneurs en équivalence toxique des furanes, elles varient de 0,001 à 0,065 pg/L et se retrouvent davantage dans la phase particulaire (90-100%). Le patron de distribution des teneurs individuelles en équivalence toxique des dioxines et des furanes en fonction des stations est similaire à celui de l'équivalence toxique totale (dioxine + furane).

Les dioxines et les furanes les plus importants pour l'ensemble des stations sont l'OCDD (80 - 92%), le 1234678-H7CDD (6-13%), l'OCDF (46-90%) et le 1234678-H7CDF (7-15%). Ces 4 substances sont aussi les plus importantes dans l'étude sur la rivière Saint-Maurice (Lapierre, 1998 en préparation). Elles sont de plus beaucoup moins toxiques que la 2,3,7,8-TCDD (tableau 4).

Les dioxines et furanes proviennent de quatre sources principales : des produits chimiques commerciaux (ex. pentachlorophénol, BPCs.), des incinérateurs, des usines de pâte où le chlore sert de blanchiment, des incendies et des déversements accidentels (BPC) (Environnement Canada, Santé et Bien-être social Canada, 1990).

Les teneurs élevées en dioxines et en furanes en amont de la rivière Chicoutimi (station témoin) pourraient provenir des émissions des usines environnantes via le transport atmosphérique, de la combustion de débris et de bois de chauffage, de la proximité du réservoir Kénogami (milieu propice à trapper les apports atmosphériques) et du ruissellement. Les dioxines et les furanes s'adsorbent aux particules et sédimentent le long de son cours. C'est possiblement pour cette raison que l'on retrouve davantage des dioxines et des furanes en amont de la rivière Chicoutimi (témoin) comparativement à son embouchure (station Chicoutimi). Les stations Ha !Ha ! et à Mars pourraient être contaminées aux dioxines et furanes aussi via le transport atmosphérique des émissions des papetières environnantes et du ruissellement urbain.

Les concentrations en équivalence toxique totale des dioxines et des furanes sont comparables aux teneurs retrouvées dans la rivière Saint-Maurice (0,0016 à 0,1958 pg/L, Lapierre, 1998 en préparation) à l'exception de la station témoin qui les dépasse d'au moins 1,5 fois.

PRÉLIMINAIRE

CONCLUSION

L'étude de contamination des sédiments aux embouchures des rivières affectées par la crue exceptionnelle, démontre de faibles teneurs en BPC, en HAP et en métaux en comparaison avec les données historiques. On peut parler d'une encapsulation, c'est à dire d'un recouvrement d'une nouvelle couche de sédiments propres déposée aux embouchures des rivières suite à la crue. Dans le cas des métaux, seuls les teneurs en mercure et en zinc dépassent le critère intérimaire de qualité des sédiments au niveau du seuil sans effet en amont de la rivière Chicoutimi (site témoin). Concernant les contaminants organiques, de légers dépassements du seuil sans effet sont détectés pour certains HAPs aux sites Chicoutimi, à Mars, aux Sables et témoin. Ces dépassements sont peu problématiques puisque les teneurs sont tolérées par la majorité des organismes benthiques. De plus, aucun BPC n'a été détecté pour l'ensemble des sites. On peut alors être optimiste en ce qui concerne l'effet de la crue sur la contamination des sédiments. Les activités de dragage, la migration des contaminants vers la surface ainsi que la bioturbation des sédiments pourraient à plus ou moins long terme affecter la qualité des nouveaux sédiments. Une seconde campagne d'échantillonnage de sédiments serait à prévoir afin d'évaluer ces phénomènes.

La contamination de l'eau est, quant à elle, préoccupante. Les résultats des contaminants étudiés excèdent tous les critères de qualité de l'eau et ce, pour l'ensemble des stations. Les rivières Ha !Ha ! et Chicoutimi en amont (site témoin) sont particulièrement contaminées. Ces dépassements des critères préventifs, qui agissent à titre de sonnette d'alarme, indiquent la nécessité d'évaluer la qualité de l'eau potable puis d'intervenir sur les sources. Les sources potentielles de contamination proviendraient principalement des apports récents comme la déposition des apports atmosphériques des usines environnantes (alumineries, papeteries), la combustion de débris et de bois de chauffage, les sédiments provenant de berges instables, ainsi que le ruissellement urbain et des sites de déchets dangereux. On pourrait observer dans le futur une détérioration des nouveaux sédiments à l'embouchure des rivières par la sédimentation des particules en suspension dans l'eau fortement contaminées.

Le mercure total dépasse les critères santé humaine et faune piscivore dans respectivement 90 et 100% des cas. La teneur élevée en mercure à la station Ha !Ha ! est attribuée à la charge importante de matière en suspension provenant possiblement de l'instabilité des berges due à la crue. Si l'on tient compte des teneurs dans les particules seulement, la teneur en mercure est plus élevée à la station Chicoutimi (amont) en novembre et est suivie des teneurs des stations aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha !Ha !. Les teneurs en mercure dissous sont supérieures à celles des études comparatives sur le fleuve Saint-Laurent et de certains de ses tributaires.

Les HAPs totaux du groupe 1 dépassent dans 60% des cas le critère santé humaine jusqu'à 7,37 fois. Les stations les plus contaminées sur l'ensemble des HAPs sont par ordre d'importance : Ha !Ha !, Chicoutimi (aval), Chicoutimi (amont), et à Mars. Les teneurs en HAP aux stations Ha !Ha !, Chicoutimi et témoin sont 2 à 3 fois supérieures aux concentrations des études comparatives sur le fleuve Saint-Laurent et la rivière Saint-Maurice.

Les BPCs totaux dépassent les critères santé humaine et faune piscivore dans 100 % et 80 % des cas respectivement. La teneur de la station Ha !Ha ! en novembre (671 pg/L) dépasse de 15,3 fois le critère santé humaine et de 5 fois le critère faune piscivore. Cette teneur, 6 fois plus élevée que les autres stations, pourrait provenir soit du sol contaminé et entraîné lors de la crue, ou à une contamination ponctuelle aux BPCs par des apports atmosphériques venant des industries environnantes.

Les teneurs en équivalence toxique totale des dioxines et des furanes dépassent de manière très importante les critères santé humaine et faune piscivore dans 60 % et 100 % des cas respectivement. La station Chicoutimi (amont) présente dans ce cas des teneurs élevées. La teneur en octobre (0,317 pg/L) dépasse de 102 fois le critère faune piscivore et de 24 fois le critère santé humaine. Les teneurs trois fois moins élevées aux autres stations, pourraient aussi être influencées par les apports atmosphériques des établissements industriels.

La grande difficulté d'interprétation des résultats de l'eau était lié au faible effectif d'échantillons (n=2), ce qui ne permettait pas d'appliquer de tests statistiques. Cette première étude a quand même permis de voir que plusieurs sites sont contaminés. Afin de déterminer l'étendue de cette contamination, une fréquence d'échantillonnage ainsi

qu'une période d'échantillonnage plus grandes sont recommandées. Les teneurs élevées à la station témoin nous incitent à rééchantillonner à cette station ainsi que d'échantillonner à une autre station témoin. Comme les toxiques mesurés sont persistants et bioaccumulatifs dans la chaîne alimentaire, il serait aussi important d'étudier la contamination chez les poissons de certaines de ces rivières et des lacs Kénogami et Ha !Ha !.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'équipe du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec pour leur excellente collaboration: Charles Brochu, Normand Dansereau, Louis Vremet, Paule Tremblay, Hélène Lemère et Edouardo Dibenardo qui ont participé à l'extraction et à la purification des contaminants organiques dans l'eau ; Andrée Gendron, Louise Simoneau, Lucie Roy, Alberte Lauzier dans l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau ; Danielle Thomassin et Gertrude Gay qui ont participé à la filtration de l'eau pour l'analyse du mercure ainsi que les analyses des métaux dans les sédiments ; Serge Noël et Ginette Côté pour le tamisage humide et l'analyse des BPCs et des HAPs des sédiments de fond ; Christian Bastien et Richard Candin pour l'analyse granulométrique.

Nous tenons à remercier le Centre Saint-Laurent, d'Environnement Canada ; en particulier Bernadette Quémérais et Benoit Fortin pour les analyses de mercure dans l'eau.

Nous remercions François Roy pour la réalisation des activités minutieuses d'échantillonnage de l'eau et des sédiments de surface. Nos remerciements vont aussi à Francine Matte-Savard et à Lyne Blanchet pour les cartes.

Nous remercions également les réviseurs : Marc Leroux de la Direction régional du Saguenay Lac St-Jean, Francine Richard de la Direction des Écosystèmes aquatiques du Service d'évaluation des rejets toxiques et de Bernard Rondeau du Centre Saint-Laurent.

PRÉLIMINAIRE

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEAK. 1980. *Étude des répercussions environnementales dues au dragage et à l'élimination des déblais à l'usine de la Consolidated-Bathurst de Port-Alfred (La Baie)*. Projet : A-1406, Les Conseillers Beak Limitée. 126 p.
- BRUN, G. L., G.D. HOWELL et H.J. O'NEILL . 1991. Spatial and Temporal Patterns of Organic Contaminants in Wet Precipitation in Atlantic Canada. *Environment, Sciences and Technology* 25(7):1249-61.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 1996. *Détermination des Hydrocarbures aromatique polycycliques et des Biphényles polychlorés dans les sédiments*. Méthode : 405-BPCHAP 1.0
- . 1997. *Détermination des Polychlorodibenzo-p-dioxines et Polychlorodibenzofuranes*. Méthode: MA 400-DF 1.0
- COSSA, D. 1990. "Chemical Contaminants in the St. Lawrence Estuary and Saguenay Fjord." Pp. 239-68 in *Oceanography of a Large-Scale Estuarine System: The St. Lawrence. Coastal and Estuarine Studies.*, M.I. Elsbah and N. Silvergerg ed. vol. 39, New York.
- COSSA, D., C. GOBEIL et P. COUROU. 1988. Dissolved mercury behaviour in the St-Lawrence Estuary. *Estuar, Coastal Shelf Sc.* 26:227-30.

COSSA, D., M. COQUERY, J.-M. MARTIN et C. GOBEIL. 1995. "Mercury fluxes at the ocean margins." *NATO Advance Workshop* Nosibirsk, Russie, 10 1995.

COSSA, D., B. RONDEAU, T. T. PHAM, S. PROULX et B. QUÉMERAIS. 1996. *Principes et pratiques d'échantillonnage d'eaux naturelles en vue du dosage de substances et d'éléments présents à l'état de traces et ultra-traces*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, 25p.

DANN, T., C. CHIU, J. DLOUHY et D. WANG. 1991. *Measurement of toxic air pollutants in Canadian urban air*. Environment Canada, Technology Development Branch River Road Environmental Technology Centre. 15p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1994. *Document d'orientation sur le prélèvement et la préparation de sédiments en vue de leur caractérisation physicochimique et d'essais biologiques*. Série de la Protection de l'environnement, Direction générale du développement technologique, Environnement Canada. Rapport SPE 1/RM/29, 128p.

———. 1996a. *Appréciation sommaire des effets environnementaux des inondations de juillet 1996 au Saguenay*. Région du Québec, Pigamon Inc. 68 p.

———. 1996b. *Écotoxicologie et chimie environnementale, Centre Saint-Laurent, Manuel des procédures d'opérations normalisées*. Extraction grand volume avec le dispositif Goulden (LO-GOU-960331)

ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1995a. "Cascades Jonquière Inc." *Les établissements industriels, Faits saillants*. SAINT-LAURENT VISON 2000. fiche 43.

PRÉLIMINAIRE

———. 1995b. "Abitibi-Price Inc., unité d'affaires Kénogami." *Les établissements industriels, Faits saillants*. SAINT-LAURENT VISON 2000. fiche 46.

———. 1996. "Société d'électrolyse et de chimie Alcan ltée, usine Grande-Baie." *Les établissements industriels, Faits saillants*. SAINT-LAURENT VISON 2000. Fiche 49.

ENVIRONNEMENT CANADA et MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1992a. *Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent*. No de catalogue EM 40-418/1991F

———. 1992b. *Guide méthodologique de caractérisation des sédiments*. Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Ministère de l'Environnement du Québec. 160 p.

ENVIRONNEMENT CANADA et SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA. 1990. Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation n° 1 : Polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofurannes. Loi canadienne sur la protection de l'environnement. 64 p.

GOBEIL, C. et D. COSSA. 1984. *Profils des teneurs en mercure dans les sédiments et les eaux interstitielles du fjord du Saguenay (Québec): données acquises au cours de la période 1978-83*. Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques, no 53. Centre Champlain des Sciences de la Mer, Ministère des Pêches et des Océans. 23 p.

GROUPE CONSEIL SAGUENAY. 1997. *Suivi sédimentologique des rivières St-Jean, Ha!Ha!, à Mars, du Moulin et Prudent*. Ministère de l'Environnement et de la Faune. No dossier: 97-63986, 67 p.

HÉBERT, S. 1995. *Qualité des eaux du Saguenay-Lac-St-Jean 1979-1992*: Direction des écosystèmes aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune. 58 p.

KUNTZ, K. W. 1984. Toxic contaminants in the Niagara River 1975-1982. *Techn. Bull.*(134):47 p.

LALIBERTÉ, D. 1991. *Teneurs en HAP dans les sédiments près de cinq alumineries du Québec en 1988*. Direction de la qualité des cours d'eau, réseau de surveillance des substances toxiques dans le milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec. Rapport no QE-91-10. 90 p.

———. 1990. *Teneurs en métaux, BPC, pesticides organochlorés, HAP et composés phénoliques des sédiments et des poissons des rivières du Québec en 1987*. Direction de la qualité du milieu aquatique, Réseau de surveillance des substances toxiques dans le milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec. Rapport no QE 90-3, Envirodoq 900016, 115 p.

LAPIERRE, L. En préparation 1998. *Le Bassin de la rivière Saint-Maurice: Contamination des poissons, de l'eau et des sédiments en suspension en 1996*: Direction des écosystèmes aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune

PRELIMINAIRE

LUCOTTE, M., A. MUCCI, C. HILLAIRES-MARCEL, P. PICHET, and A. GRONDIN. 1995. *Anthropogenic mercury contamination of the boreal forest domain in eastern Canada (45 to 55° N)*. *Water Air Soil Pollut.* 80 : 467-476.

MARTEL, L., M.J. GAGNON/ R. MASSÉ, A. LECLERC et L. TREMBLAY. 1986. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments from the Saguenay Fjord, Canada. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 37:133-40.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL. 1972. *Possibilités des terres pour la forêt*. feuillet 22D: Environnement Canada

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENVIQ). 1990. *Gestion des lieux contaminés. Inventaire des lieux d'élimination de déchets dangereux au Québec, région 02, Saguenay-Lac-Saint-Jean*.

———. *Sédiments - Détermination des métaux, Méthode par spectrophotométrie d'émission au plasma d'argon*. MENVIQ.87.09/205 - Méthode. 1.1, version préliminaire, usage interne

———. *Sédiments - détermination du mercure, méthode automatisée par spectrophotométrie d'absorption atomique formation de vapeur*. MENVIQ. 86.11/205 - Hg 1.1

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). En préparation, 1998. *Critère de qualité de*

- MUCCI, A., M. LUCOTTE, S. MONTGOMERY, Y. PLOURDE, and H. VAN TRA. 1995. Mercury remobilization from flooded soils in a hydroelectric reservoir of northern Quebec, LG-2 results of a soil resuspension experiment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52 :2507-2517.
- MUDROCH, A. et S.D. MACKNIGHT, 1991. *CRC Handbook of techniques for aquatic sediments sampling*. Boca Raton: CRS Press. 210 p.
- ORGANISATION DU TRAITÉ DE L'ATLANTIQUE NORD (OTAN), COMMITTEE ON THE CHALLENGES OF MODERN SOCIETY. 1988. *International Toxicity Equivalency Factor (1-TEF), Method of Risk Assessment for Complex Mixture of Dioxins and Related Compounds, Pilot Study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds*. 176.31 p.
- OUELLET, M. 1979. *Géochimie et granulométrie des sédiments superficiels du lac Saint-Jean et de la rivière Saguenay. Bassin hydrographique Saguenay- Lac Saint-Jean*. Rapport scientifique N° 104 rédigé pour Environnement Québec, INRS-Eau, 209 p.
- PAUL, M. et D. LALIBERTÉ. 1985. *Réseau de surveillance des substances toxiques 1983: contamination par le mercure des sédiments de six bassins versants du Québec méridional*. Direction des relevés aquatiques, ministère de l'Environnement. N° 85-10.67 p.
- PELLETIER, E. et G. CANUEL. 1988. Trace Metals in Surface Sediment of the Saguenay Fjord, Canada. *Marine Pollution Bulletin* 7:336-38.
- PELLETIER, E. 1997. *Compte-rendu du mini-colloque sur le Fjord du Saguenay post-déluge*, INRS-Océanologie, Rimouski, rapport interne. 11p.
- PHAM, T.-T. et S. PROULX. 1996. *Caractérisation des biphényles polychlorés et des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les eaux de la station d'épuration de la communauté urbaine de Montréal et dans le panache de son effluent dans le Saint-Laurent*. Contamination du milieu aquatique, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada. Rapport ST-43.96 p.
- PHAM, T., K. LUM et C. LEMIEUX. 1993. Sources of PAHs in the St-Lawrence river (Canada) and their relative importance. *Chemosphere* 27(7):1137-49.
- PRIMEAU, S. et M. GOULET. 1983. *Résultats d'échantillonnage de l'eau et des sédiments de la Baie des Ha!Ha!* Ministère de l'environnement, Surveillance des substances toxiques dans le milieu aquatique, Service de la qualité des eaux. 55 p.
- QUÉMERAIS, B., C. LEMIEUX et K.R. LUM. 1994. Concentrations and sources of PCBs and Organochlorine Pesticides in the St-Lawrence River (Canada) and its Tributaries. *Chemosphere* 29(3):591-610.
- QUÉMERAIS, B. et D. COSSA. 1995. *Protocoles d'échantillonnage et d'analyse du mercure dans les eaux naturelles*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport ST-31.39 p.

- QUÉMERAIS, B., D. COSSA, B. RONDEAU, T.T. PHAM et B. FORTIN. En préparation, 1998. *Sources and fluxes of Mercury in the Saint-Lawrence River*. Environnement Canada, Centre Saint-Laurent.
- ROCHE. 1987. *Étude d'impact sur l'environnement. Réaménagement de l'embouchure de la rivière à Mars*. Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée. 270 p.
- SUESS, M. J. 1976. The environmental load and cycle of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Sci. Total Environ.* 6:239.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1995. *Method 1669: Sampling ambient water for trace metals at EPA water quality criteria levels*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. PB95-219929. 36 p.
- WALSH, G. et A. BOURGEOIS. 1996. *Inondations de juillet 1996 au Québec: identification des impacts potentiels sur le milieu marin et les habitats d'eau douce dans les régions du Saguenay, de la Côte-Nord et de Charlevoix*. Institut Maurice-Lamontagne, Ministère des Pêches et des Océans - Région Laurentienne. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2383. 21 p.
- WHITE, L. et F. JOHNS. 1997. *Évaluation du milieu marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Pêches et Océans Canada, Programme d'étude des produits chimiques toxiques. 128 p.
- ZILLIOUX, E.J., D.B. PORCELLA and J.M. BENOIT. 1993. *Mercury cycling and effects in freshwater wetland ecosystems*. *Environ. Toxicol. Chem.* 12 : 2245-2264.

PRÉLIMINAIRE

PRÉLIMINAIRE

Annexe 1 Liste des substances toxiques dosées, en 1997, dans les phases particulaire et dissoute de l'eau de surface et leur limite de détection

Substance	Abréviation	Limite de détection phase dissoute	Limite de détection phase particulaire	Unités
METAUX				
mercure	Hg	0,11	0,3	ng/L
BIPHENYLES POLYCHLORÉS				
	BPC			
UPAC # 18		2	1	pg/L
UPAC # 17		2	1	pg/L
UPAC # 31		2	1	pg/L
UPAC # 28		1	0,8	pg/L
UPAC # 33		2	0,9	pg/L
UPAC # 52		0,03	0,02	pg/L
UPAC # 49		0,03	0,02	pg/L
UPAC # 44		0,04	0,02	pg/L
UPAC # 74		0,09	0,1	pg/L
UPAC # 70		0,09	0,1	pg/L
UPAC # 95		0,6	0,4	pg/L
UPAC # 101		0,5	0,3	pg/L
UPAC # 99		0,6	0,3	pg/L
UPAC # 87		0,7	0,4	pg/L
UPAC # 110		0,5	0,3	pg/L
UPAC # 82		0,6	0,4	pg/L
UPAC # 151		0,1	0,08	pg/L
UPAC # 149		0,1	0,08	pg/L
UPAC # 153		0,08	0,06	pg/L
UPAC # 132		0,1	0,09	pg/L
UPAC # 138		0,1	0,08	pg/L
UPAC # 158		0,08	0,06	pg/L
UPAC # 128		0,1	0,09	pg/L
UPAC # 156		0,05	0,07	pg/L
UPAC # 187		0,1	0,06	pg/L
UPAC # 183		0,1	0,06	pg/L
UPAC # 177		0,09	0,2	pg/L
UPAC # 171		0,09	0,2	pg/L
UPAC # 180		0,07	0,2	pg/L
UPAC # 191		0,06	0,1	pg/L
UPAC # 170		0,09	0,2	pg/L
UPAC # 199		0,1	0,05	pg/L
UPAC # 195		0,06	0,08	pg/L
UPAC # 194		0,06	0,08	pg/L
UPAC # 205		0,05	0,06	pg/L
UPAC # 208		0,02	0,01	pg/L
UPAC # 206		0,03	0,02	pg/L
UPAC # 209		0,03	0,01	pg/L
UPAC # 77		3	1	fg/L
UPAC # 126		40	20	fg/L
UPAC # 118		0,5	20	fg/L
UPAC # 105		0,4	20	fg/L
UPAC # 169		1	1	fg/L

Substance	Abréviation	Limite de détection phase dissoute	Limite de détection phase particulaire	Unités
HYDROCARBURES AROMATIQUES		HAP		
POLYCYCLIQUES				
Naphtalène		100	70	pg/L
2-Méthylnaphtalène		50	50	pg/L
1-Méthylnaphtalène		50	50	pg/L
1,3-Diméthylnaphtalène		100	80	pg/L
Acénaphtylène		40	80	pg/L
Acénaphthène		40	100	pg/L
Fluorène		10	200	pg/L
Phénanthrène		20	30	pg/L
Anthracène		30	30	pg/L
Fluoranthène		10	10	pg/L
Pyrène		10	10	pg/L
Benzo[a]anthracène		7	9	pg/L
Chrysène		8	10	pg/L
Benzo[b+j]fluoranthène		3	7	pg/L
Benzo[k] fluoranthène		3	6	pg/L
Benzo[e]pyrène		3	6	pg/L
Benzo[a]pyrène		4	9	pg/L
Pérylène		4	8	pg/L
Indéno-1,2,3[c,d]pyrène		5	10	pg/L
Dibenzo[a,h]anthracène		5	10	pg/L
Benzo[ghi]pérylène		4	10	pg/L
DIOXINES CHLORÉS				
2378-tétrachlorodibenzo-p-dioxine	2378-TCDD	10	10	fg/L
12378-pentachlorodibenzo-p-dioxine	12378-P5CDD	0,8	4	fg/L
123478-hexachlorodibenzo-p-dioxine	123478-P6CDD	4	8	fg/L
123678-hexachlorodibenzo-p-dioxine	123678-H6CDD	3	6	fg/L
123789-hexachlorodibenzo-p-dioxine	123789-H6CDD	3	6	fg/L
1234678-heptachlorodibenzo-p-dioxine	1234678-H7CDD	6	8	fg/L
Octachlorodibenzo-p-dioxine	OCDD	5	2	fg/L
FURANES CHLORÉS				
2378-tétrachlorodibenzofurane	2378-T4CDF	10	10	fg/L
12378-pentachlorodibenzofurane	12378-P5CDF	6	10	fg/L
23478-pentachlorodibenzofurane	23478-P5CDF	5	10	fg/L
123478-hexachlorodibenzofurane	123478-H6CDF	4	5	fg/L
123678-hexachlorodibenzofurane	123678-H6CDF	3	4	fg/L
234678-hexachlorodibenzofurane	234678-H6CDF	4	4	fg/L
123789-hexachlorodibenzofurane	123789-H6CDF	5	5	fg/L
1234678-heptachlorodibenzofurane	1234678-H7CDF	3	6	fg/L
1234789-heptachlorodibenzofurane	1234789-H7CDF	3	7	fg/L
octachlorodibenzofurane	OCDF	0,8	7	fg/L

Annexe 2 Granulométrie des sédiments de surface (μm) aux stations témoin (ST1-ST5), aux Sables (SS1-SS5), Chicoutimi (SC1-SC5), à Mars (SM1-SM5) et Ha! Ha! (SH1-SH5) en 1997

Station	Sable moyen $250 \leq X < 500$ $\phi = 2$ %	Sable fin $125 \leq X < 250$ $\phi = 3$ %	Sable très fin $63 \leq X < 125$ $\phi = 4$ %	Limon grossier $31 \leq X < 63$ $\phi = 5$ %	Limon grossier $15,6 \leq X < 31$ $\phi = 6$ %	Limon moyen $7,8 \leq X < 15,6$ $\phi = 7$ %	Limon fin $3,9 \leq X < 7,8$ $\phi = 8$ %	Limon très fin $2 \leq X < 3,9$ $\phi = 9$ %	Argile $0,98 \leq X < 2$ $\phi = 10$ %	Argile $0,49 \leq X < 0,98$ $\phi = 11$ %	Sable $63 \leq X < 500$ %	Limon $2 \leq X < 63$ %	Argile < 2 %
ST1	3,46E-04	6,12E-02	1,10	4,13	8,78	10,88	16,13	19,06	26,69	13,18	1,16	58,97	39,87
ST2		6,26E-03	0,11	0,44	1,38	3,93	10,92	21,29	44,76	17,18	0,11	37,95	61,94
ST3		7,03E-02	0,39	1,23	3,63	7,35	14,95	22,67	34,55	15,17	0,46	49,83	49,72
ST4		3,59E-02	1,64	5,76	11,11	12,70	16,87	19,08	23,90	8,90	1,68	65,52	32,80
ST5		1,95E-02	0,74	3,05	5,92	8,88	17,49	22,85	32,64	8,43	0,76	58,18	41,06
SS1			3,05E-03	0,04	0,26	1,28	4,98	18,23	54,60	20,62	0,00	24,78	75,22
SS2		2,40E-05	3,97E-03	0,07	0,39	1,68	5,82	17,93	53,91	20,19	0,00	25,89	74,10
SS3		8,99E-05	5,67E-03	0,11	0,72	2,97	7,98	20,06	47,35	20,82	0,01	31,83	68,16
SS4		4,28E-04	8,49E-03	0,09	0,57	2,29	7,66	21,46	53,07	14,85	0,01	32,07	67,92
SS5		1,06E-03	4,05E-04	0,34	1,91	6,18	11,70	24,08	43,68	12,06	0,04	44,22	55,74
SC1		1,06E-02	0,33	1,71	2,67	4,64	11,17	22,35	45,28	11,83	0,34	42,54	57,11
SC2	4,88E-05	2,85E-02	0,13	0,37	0,97	2,59	7,27	17,06	50,88	20,71	0,16	28,25	71,59
SC3		1,90E-02	0,10	0,30	0,85	2,28	6,92	17,26	51,30	20,97	0,12	27,60	72,28
SC4		3,49E-02	0,32	1,21	3,28	6,09	12,11	20,86	42,38	13,71	0,35	43,55	56,09
SC5		2,44E-03	0,01	0,05	0,26	1,03	4,25	13,94	55,27	25,18	0,01	19,53	80,45
SM1		3,67E-03	0,17	0,79	2,25	4,95	12,45	20,73	42,34	16,30	0,18	41,17	58,65
SM2		5,28E-03	0,37	1,30	2,71	5,28	11,39	20,21	40,01	18,71	0,37	40,90	58,73
SM3		1,67E-02	0,14	0,42	1,58	3,68	8,29	15,40	39,22	31,25	0,16	29,36	70,48
SM4	4,70E-03	6,29	13,42	12,20	12,01	10,90	12,59	12,72	15,32	4,55	19,71	60,42	19,86
SM5		1,10E-03	0,28	5,03	12,04	11,65	12,97	17,63	26,82	13,57	0,28	59,32	40,40
SH1		2,77E-02	1,86	11,45	12,47	9,96	11,67	15,73	29,94	6,89	1,88	61,28	36,84
SH2		2,29E-03	0,12	0,57	1,15	2,15	5,63	13,72	53,25	23,41	0,13	23,22	76,66
SH3		1,45E-02	0,62	4,05	7,96	8,06	12,41	18,04	38,76	10,07	0,64	50,53	48,83
SH4		3,74E-02	1,47	7,85	11,32	9,17	13,27	18,41	29,85	8,63	1,50	60,02	38,48
SH5		1,76E-02	0,16	0,77	2,95	5,87	12,10	21,82	42,56	13,75	0,18	43051	56,31
Moyenne	1,70E-03	2,80E-01	0,94	2,53	4,37	5,86	10,76	18,90	40,73	15,64	1,21	42,42	56,37

PRÉLIMINAIRE

Classe de particules (µm)	Station	Moyenne %	Écart type %	Médiane %	Minimum %	Maximum %	F ^a	P > F	Rang ^b
$\phi = 4$ (63 ≤ X < 125)	ST	0,79	0,60	0,74	0,11	1,64	7,20	0,0009	A
	SS	0,01	0,02	0,01	0,00	0,04			B
	SC	0,18	0,14	0,13	0,01	0,33			AB
	SM	2,87	5,89	0,28	0,14	13,42			A
	SH	0,85	0,78	0,62	0,12	1,86			A
$\phi = 5$ (31 ≤ X < 63)	ST	2,92	2,15	3,05	0,44	5,76	6,55	0,0015	A
	SS	0,13	0,12	0,09	0,04	0,34			B
	SC	0,73	0,70	0,37	0,05	1,71			AB
	SM	3,95	4,97	1,30	0,42	12,20			A
	SH	4,94	4,69	4,05	0,57	11,45			A
$\phi = 6$ (15,6 ≤ X < 31)	ST	6,16	3,90	5,92	1,38	11,11	5,56	0,0036	A
	SS	0,77	0,66	0,57	0,26	1,91			B
	SC	1,60	1,30	0,97	0,26	3,28			AB
	SM	6,12	5,41	2,71	1,58	12,04			A
	SH	7,17	5,00	7,96	1,15	12,47			A
$\phi = 7$ (7,8 ≤ X < 15,6)	ST	8,75	3,37	8,88	3,93	12,70	3,69	0,0209	A
	SS	2,88	1,95	2,29	1,28	6,18			B
	SC	3,33	2,02	2,59	1,03	6,09			AB
	SM	7,29	3,69	5,28	3,68	11,65			AB
	SH	7,04	3,14	8,06	2,15	9,96			AB
$\phi = 8$ (3,9 ≤ X < 7,8)	ST	15,27	2,61	16,13	10,92	17,49	5,10	0,0054	A
	SS	7,63	2,60	7,66	4,98	11,70			B
	SC	8,35	3,25	7,27	4,25	12,11			B
	SM	11,54	1,91	12,45	8,29	12,97			AB
	SH	11,02	3,07	12,10	5,63	13,27			AB
$\phi = 9$ (2 ≤ X < 3,9)	ST	20,99	1,86	21,29	19,06	22,85	1,74	0,1814	A
	SS	20,35	2,53	20,06	17,93	24,08			A
	SC	18,29	3,34	17,26	13,94	22,35			A
	SM	17,34	3,35	17,63	12,72	20,73			A
	SH	17,54	3,05	18,04	13,72	21,82			A
$\phi = 10$ (0,98 ≤ X < 2)	ST	32,51	8,10	32,64	23,90	44,76	6,98	0,0011	B
	SS	50,52	4,79	53,07	43,68	54,60			A
	SC	49,02	5,14	50,88	42,38	55,27			A
	SM	32,74	11,47	39,22	15,32	42,34			B
	SH	38,87	9,77	38,76	29,85	53,25			AB
$\phi = 11$ (0,49 ≤ X < 0,98)	ST	12,57	3,84	13,18	8,43	17,18	1,15	0,3630	A
	SS	17,71	4,01	20,19	12,06	20,82			A
	SC	18,48	5,55	20,71	11,83	25,18			A
	SM	16,88	9,66	16,30	4,55	31,25			A
	SH	12,55	6,57	10,07	6,89	23,41			A
Sable (63 ≤ X < 500)	ST	0,83	0,61	0,76	0,11	1,68	6,67	0,0014	A
	SS	0,01	0,02	0,01	0,00	0,04			A
	SC	0,20	0,15	0,16	0,01	0,35			B
	SM	4,14	8,71	0,28	0,16	19,71			AB
	SH	0,87	0,79	0,64	0,13	1,88			A
Limon (2 ≤ X < 63)	ST	54,09	10,61	58,18	37,95	65,52	2,61	0,0661	A
	SS	31,76	7,72	31,83	24,78	44,22			A
	SC	32,30	10,40	28,25	19,53	43,55			A
	SM	46,24	13,34	41,17	29,36	60,42			A
	SH	47,71	15,50	50,53	23,22	61,28			A
Argile (2 ≤ X < 63)	ST	45,08	11,18	41,06	32,80	61,94	2,60	0,0674	A
	SS	68,23	7,74	68,16	55,74	75,22			A
	SC	67,50	10,55	71,59	56,09	80,45			A
	SM	49,62	19,81	58,65	19,86	70,48			A
	SH	51,42	16,18	48,83	36,84	76,66			A

^a ANOVA sur les rangs

^b Comparaison multiple: test de Tukey au niveau de probabilité ≤ 0,05. Les stations ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes pour cette variable. Les rangs plus élevés portent la lettre A, les deuxièmes plus élevés la lettre B et ainsi de suite. Pour les comparaisons, les valeurs non-décelables ont été mises à zéro.

PRÉLIMINAIRE

Annexe 4 Teneurs moyennes (n=5) en Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Ni, Pb et Zn (mg/kg) mesurées dans les sédiments aux sites: témoin (ST), aux Sables (SS), Chicoutimi (SC), à Mars (SM) et Ha!Ha! (SH)

Substances	Station	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	F ^a	P>F	Rang ^b
Cr	ST	16,8	18	4,44	12,0	23,0	8,9	0,003	B
	SS	44,2	47	4,82	38,0	48,0			A
	SC	24,4	23	4,39	21,0	32,0			AB
	SM	20,2	22	4,97	15,0	26,0			B
	SH	18,6	19	3,85	13,0	23,0			B
Cu	ST	5,2	4	2,04	4,0	8,7	6,87	0,0012	B
	SS	17,0	17	2,24	14,0	20,0			A
	SC	7,1	7,7	3,07	4,0	11,0			AB
	SM	6,6	7,4	3,20	11,0	11,0			B
	SH	4,1	4	1,55	6,0	6,0			B
Fe	ST	22000	25000	5196,15	15000	27000	3,36	0,0295	AB
	SS	37000	38000	3391,16	33000	41000			A
	SC	21400	21000	3286,34	19000	27000			AB
	SM	29400	22000	12973,05	19000	45000			AB
	SH	21000	20000	6480,74	15000	32000			B
Hg	ST	0,034	0,03	0,015	0,02	0,06	4,74	0,0075	A
	SS	0,004	0	0,009	0	0,02			B
	SC	0,008	0	0,011	0	0,02			B
	SM	0,012	0	0,018	0	0,04			AB
	SH	0,004	0	0,009	0	0,02			B
Li	ST	8	7,8	1,50	6,6	10	7,18	0,0009	AB
	SS	17,4	17,0	1,14	16	19			A
	SC	6,7	6,1	1,44	5,1	8,5			B
	SM	6,12	7,4	2,46	3,0	8,6			B
	SH	5,98	5,5	1,19	4,9	7,4			B
Ni	ST	15,20	16,0	3,70	11,0	20,0	7,59	0,0007	B
	SS	28,20	29,0	2,39	24,0	30,0			A
	SC	15,60	16,0	2,30	12,0	18,0			AB
	SM	12,66	14,0	2,88	9,3	16,0			B
	SH	12,72	12,0	3,13	9,6	16,0			B
Pb	ST	0	0	0	0	0			
	SS	0	0	0	0	0			
	SC	1,8	0	4,02	0	9,0			
	SM	0	0	0	0	0			
	SH	0	0	0	0	0			
Zn	ST	119,8	130	24,62	91	150	27,13	0,0001	A
	SS	83,6	86	6,02	73	88			A
	SC	57,8	62	9,96	44	68			B
	SM	52,0	55	15,36	34	71			BC
	SH	41,0	42	4,90	35	48			C

^a ANOVA sur les rangs

^b Comparaison multiple: test de Tukey au niveau de probabilité $\leq 0,05$.

Les stations ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes pour cette variable.

PRÉLIMINAIRE

Annexe 5

Teneurs moyennes (n=5) en carbone inorganique, organique, total (%), et en HAP (µg/g) mesurées dans les sédiments aux sites : témoin (ST), aux Sables (SS), Chicoutimi (SC), à Mars (SM) et Ha!Ha! (SH)

Substances	Station	Moyenne	Médiane	Écart-type	Min	Max	F ^a	P>F	Rang ^b
C inorganique	SS	0,42	0,53	0,18	0,15	0,58	12	0,0001	A
	SC	0,15	0,15	0,03	0,12	0,20			BC
	SM	0,29	0,32	0,11	0,11	0,39			AB
	SH	0,23	0,22	0,04	0,17	0,29			AB
	ST	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			C
C organique	SS	0,66	0,6	0,30	0,3	1,1	6,73	0,0013	AB
	SC	0,48	0,5	0,11	0,30	0,60			B
	SM	0,66	0,7	0,46	0,10	1,20			B
	SH	0,36	0,3	0,21	0,20	0,70			B
	ST	2,60	2,4	0,64	1,80	3,30			A
C total	SS	1,07	1,1	0,13	0,9	1,2	13,67	0,0001	AB
	SC	0,63	0,7	0,09	0,49	0,74			C
	SM	0,95	1,0	0,40	0,42	1,34			BC
	SH	0,59	0,6	0,21	0,38	0,89			C
	ST	2,60	2,4	0,64	1,80	3,30			A
Phénanthrène	SS	0,04	0,05	0,04	0	0,1	1,64	0,204	A
	SC	0,04	0,02	0,04	0	0,10			A
	SM	0,03	0,05	0,03	0	0,06			A
	SH	0	0	0	0	0			A
	ST	0,01	0	0,02	0	0,03			A
Fluoranthène	SS	0,11	0,09	0,14	0	0,4	2,1	0,1182	A
	SC	0,08	0,04	0,09	0	0,21			A
	SM	0,05	0,07	0,04	0	0,09			A
	SH	0	0	0,01	0	0,02			A
	ST	0,03	0,03	0,03	0	0,06			A
Pyrène	SS	0,08	0,07	0,11	0	0,3	1,96	0,1394	A
	SC	0,06	0,03	0,07	0	0,17			A
	SM	0,04	0,06	0,04	0	0,08			A
	SH	0	0	0	0	0			A
	ST	0,02	0,02	0,02	0	0,04			A
Benzo[a]anthracène	SS	0,04	0,03	0,05	0	0,1	2,29	0,0958	A
	SC	0,03	0,04	0,03	0	0,06			A
	SM	0,02	0,03	0,02	0	0,03			A
	SH	0	0	0	0	0			A
	ST	0	0	0,01	0	0,02			A
Chrysène	SS	0,08	0,07	0,11	0	0,3	1,7	0,19	A
	SC	0,02	0,01	0,03	0	0,08			A
	SM	0,04	0,06	0,03	0	0,07			A
	SH	0	0	0	0	0			A
	ST	0,03	0,03	0,02	0	0,05			A

a = Anova sur rang

b = Comparaison multiple: test de Tukey au niveau de probabilité $\leq 0,05$.

Les stations ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes pour cette variable.

PRÉLIMINAIRE

Annexe 5 (suite)

Substances	Station	Moyenne	Médiane	Écart-type	Min	Max	F ^a	P>F	Rang ^b
Benzo[b+j]fluoranthène	SS	0,06	0,04	0,08	0,0	0,2	2,35	0,0889	A
	SC	0,04	0,04	0,04	0,0	0,10			A
	SM	0,03	0,04	0,02	0,0	0,05			A
	SH	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00			A
	ST	0,04	0,03	0,02	0,0	0,06			A
Benzo[k]fluoranthène	SS	0,04	0,03	0,06	0,0	0,1	1,28	0,3106	A
	SC	0,03	0,00	0,04	0,0	0,08			A
	SM	0,02	0,02	0,02	0,0	0,03			A
	SH	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00			A
	ST	0,01	0,00	0,01	0,0	0,03			A
Benzo[e]pyrène	SS	0,04	0,03	0,06	0,0	0,2	1,33	0,2948	A
	SC	0,03	0,02	0,03	0,0	0,08			A
	SM	0,02	0,03	0,02	0,0	0,04			A
	SH	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00			A
	ST	0,02	0,02	0,02	0,0	0,05			A
Benzo[a]anthracène	SS	0,05	0,04	0,07	0,0	0,2	1,41	0,2677	A
	SC	0,03	0,00	0,04	0,0	0,08			A
	SM	0,02	0,03	0,02	0,0	0,04			A
	SH	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00			A
	ST	0,01	0,00	0,01	0,0	0,02			A
Benzo[a]pyrène	SS	0,05	0,04	0,07	0,0	0,16	1,41	0,2677	A
	SC	0,03	0,00	0,04	0,0	0,08			A
	SM	0,02	0,03	0,02	0,0	0,04			A
	SH	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00			A
	ST	0,01	0,00	0,01	0,0	0,02			A
Pérylène	SS	0,03	0,03	0,03	0,0	0,1	6,99	0,0011	C
	SC	0,04	0,03	0,01	0,03	0,05			BC
	SM	0,05	0,04	0,06	0,00	0,14			BC
	SH	0,22	0,20	0,14	0,06	0,37			A
	ST	0,15	0,10	0,13	0,05	0,36			AB
Indéno[1,2,3,cd]pyrène	SS	0,03	0,05	0,03	0,0	0,1	1,45	0,2555	A
	SC	0,02	0,00	0,03	0,00	0,06			A
	SM	0,02	0,02	0,02	0,00	0,04			A
	SH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			A
	ST	0,03	0,03	0,03	0,00	0,07			A
Benzo[g,h,i]pérylène	SS	0,04	0,02	0,04	0,00	0,11	1,58	0,2183	A
	SC	0,02	0,00	0,03	0,00	0,07			A
	SM	0,01	0,00	0,02	0,00	0,04			A
	SH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			A
	ST	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03			A
HAP totaux	SS	0,67	0,56	0,84	0,0	2,1	5,93	0,0026	A
	SC	0,43	0,25	0,43	0,07	1,01			A
	SM	0,35	0,55	0,30	0,02	0,58			A
	SH	0,23	0,20	0,13	0,06	0,37			A
	ST	0,36	0,26	0,29	0,07	0,82			A

a = Anova sur rang

b = Comparaison multiple: test de Tukey au niveau de probabilité $\leq 0,05$.

Les stations ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes pour cette variable.

Annexe 6 Comparaison des teneurs en contaminants (mercure, BPC, HAP, dioxines et furanes chlorés) dans l'eau aux critères de qualité de l'eau de surface¹ aux stations des rivières Chicoutimi amont (T), aux Sables (S), Chicoutimi aval (C), à Mars (M), Ha!Ha! (H) en 1997

Riv./Date	Hg dissous	Hg particulaire			Hg Total							
	Amplitude de dépassement du critère				Amplitude de dépassement du critère				Amplitude de dépassement du critère			
	(ng /L)	Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Faune piscivore	Vie aquatique (toxicité aiguë)	(ng /L)	Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Faune piscivore	Vie aquatique (toxicité aiguë)	(ng /L)	Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Faune piscivore	Vie aquatique (toxicité aiguë)
		(1.8 ng/L)	(1.3 ng/L)	(1694 ng/L)		(1.8 ng/L)	(1.3 ng/L)	(1694 ng/L)		(1.8 ng/L)	(1.3 ng/L)	(1694 ng/L)
T14/10/97	1,52	n.d.p.	1,17	n.d.p.	0,92	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	2,44	1,35	1,88	n.d.p.
T04/11/97	2,09	1,16	1,61	n.d.p.	1,50	n.d.p.	1,15	n.d.p.	3,59	1,99	2,76	n.d.p.
S16/10/97	1,56	n.d.p.	1,20	n.d.p.	0,67	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	2,23	1,20	1,70	n.d.p.
S06/11/97	1,67	n.d.p.	1,28	n.d.p.	1,11	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	2,78	1,50	2,10	n.d.p.
C20/10/97	1,33	n.d.p.	1,02	n.d.p.	0,30	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	1,63	n.d.p.	1,20	n.d.p.
C10/11/97	1,98	1,10	1,52	n.d.p.	1,05	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	3,03	1,68	2,30	n.d.p.
M21/10/97	1,49	n.d.p.	1,15	n.d.p.	0,62	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	2,11	1,20	1,60	n.d.p.
M11/11/97	1,89	1,05	1,45	n.d.p.	1,04	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	2,93	1,63	2,25	n.d.p.
H23/10/97	1,50	n.d.p.	1,15	n.d.p.	3,29	1,83	2,50	n.d.p.	4,79	2,66	3,68	n.d.p.
H13/11/97	1,91	1,06	1,47	n.d.p.	1,23	n.d.p.	n.d.p.	n.d.p.	3,14	1,74	2,40	n.d.p.
Fréquence relative de dépassement (%)		40	100	0		10	20	0		90	100	0

¹ MEF, 1998. Critères de qualité de l'eau de surface au Québec. Direction des écosystèmes aquatiques.

n.d.p. = ne dépasse pas le critère

PRÉLIMINAIRE

Annexe 6

Riv./Date	Somme des BPC dissous				Somme des BPC particulières				Somme des BPC total			
	Amplitude de dépassement du critère				Amplitude de dépassement du critère				Amplitude de dépassement du critère			
		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Faune piscivore		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Faune piscivore		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Faune piscivore
	(pg/L)	(44 pg/L)	(2x10 ⁶ pg/L)	(120pg/L)	(pg/L)	(44 pg/L)	(2x10 ⁶ pg/L)	(120pg/L)	(pg/L)	(44 pg/L)	(2x10 ⁶ pg/L)	(120pg/L)
T14/10/97					45,4	1,03	n. d. p.	n. d. p.				
T04/11/97	68,14	1,55	n. d. p.	n. d. p.	54,86	1,25	n. d. p.	n. d. p.	123	2,80	n. d. p.	1,03
S16/10/97					37,1	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.				
S06/11/97	38,14	n. d. p	n. d. p.	n. d. p.	111,99	2,54	n. d. p.	n. d. p.	150,13	3,41	n. d. p.	1,25
C20/10/97					34,645	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.				
C10/11/97	25,64	n. d. p	n. d. p.	n. d. p.	38,65	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	64,29	1,46	n. d. p.	n. d. p.
M21/10/97					17,116	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.				
M11/11/97	95,39	2,17	n. d. p.	n. d. p.	39,18	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	134,57	3,06	n. d. p.	1,12
H23/10/97					37,93	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.				
H13/11/97	567,7	12,9	n. d. p.	4,73	103,32	2,35	n. d. p.	n. d. p.	671,02	15,25	n. d. p.	5,59
Fréquence relative de dépassement (%)		60	0	20		40	0	0		100	0	80

PRÉLIMINAIRE

Annexe 6

Riv./Date	Naphtalène Total				Acénaphène Total				Fluorène Total	
	Amplitude de dépassement du critère				Amplitude de dépassement du critère				Amplitude de dépassement du critère	
		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Vie aquatique (toxicité chronique)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Vie aquatique (toxicité chronique)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)
	(pg/L)	(10 ⁷ pg/L)	(0.34x10 ⁹ pg/L)	(0.015x10 ⁹ pg/L)	(pg/L)	(2X10 ⁷ pg/L)	(6.7x10 ⁷ pg/L)	(3x10 ⁶ pg/L)	(pg/L)	(1.3x10 ⁹ pg/L)
T14/10/97	19000	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	10000	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	6100	n. d. p.
T04/11/97	6200	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	3100	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	2600	n. d. p.
S16/10/97	3100	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	1100	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	760	n. d. p.
S06/11/97	6400	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	1200	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	1100	n. d. p.
C20/10/97	4900	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	940	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	890	n. d. p.
C10/11/97	16000	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	3300	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	4600	n. d. p.
M21/10/97	17000	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	1400	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	1200	n. d. p.
M11/11/97	6100	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	2880	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	1700	n. d. p.
H23/10/97	14340	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	5600	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	8000	n. d. p.
H13/11/97	19400	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	5200	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	3400	n. d. p.
Fréquence relative de dépassement (%)		0	0	0		0	0	0		0

PRÉLIMINAIRE

Annexe 6

Riv./Date	Phénanthrène Total		Anthracène Total		Fluoranthène Total				Benzo[a] anthracène Total	
	Amplitude de dépassement du critère		Amplitude de dépassement du critère		Amplitude de dépassement du critère				Amplitude de dépassement du critère	
		Vie aquatique (toxicité chronique)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Vie aquatique (toxicité chronique)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)
	(pg/L)	(6.3x 10 ⁶ pg/L)	(pg/L)	(9.6x10 ⁹ pg/L)	(pg/L)	(0.3x10 ⁹ pg/L)	(2.3x10 ⁶ pg/L)	(1x10 ⁶ pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)
T14/10/97	11200	n. d. p.	1840	n. d. p.	14900	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	2770	n. d. p.
T04/11/97	7500	n. d. p.	1070	n. d. p.	3300	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	381	n. d. p.
S16/10/97	2460	n. d. p.	150	n. d. p.	2320	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	235	n. d. p.
S06/11/97	3670	n. d. p.	355	n. d. p.	2220	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	207	n. d. p.
C20/10/97	2870	n. d. p.	550	n. d. p.	2330	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	299	n. d. p.
C10/11/97	21400	n. d. p.	2000	n. d. p.	16400	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	2040	n. d. p.
M21/10/97	4000	n. d. p.	0	n. d. p.	2050	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	85	n. d. p.
M11/11/97	8800	n. d. p.	0	n. d. p.	8200	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	2380	n. d. p.
H23/10/97	15400	n. d. p.	1100	n. d. p.	3960	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	78	n. d. p.
H13/11/97	10700	n. d. p.	0	n. d. p.	4230	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.	400	n. d. p.
Fréquence relative de dépassement (%)		0		0		0	0	0		0

PRÉLIMINAIRE

Annexe 6

Riv./Date	Pyrène Total	Chrysène Total	Chrysène Phase dissoute	Benzo[a] pyrène Total				
	Amplitude de dépassement du critère	Amplitude de dépassement du critère	Amplitude de dépassement du critère	Amplitude de dépassement du critère				
	<i>Santé humaine (eau et organismes aquatiques)</i>	<i>Santé humaine (eau et organismes aquatiques)</i>	<i>Santé humaine (eau et organismes aquatiques)</i>	<i>Santé humaine (eau et organismes aquatiques)</i>				
	(pg/L)	(0.96X10 ⁹ pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)
T14/10/97	10500	n. d. p.	5770	2,06	870	n. d. p.	2820	1,01
T04/11/97	2700	n. d. p.	1270	n. d. p.	450	n. d. p.	480	n. d. p.
S16/10/97	1560	n. d. p.	720	n. d. p.	360	n. d. p.	265	n. d. p.
S06/11/97	1890	n. d. p.	860	n. d. p.	510	n. d. p.	180	n. d. p.
C20/10/97	2070	n. d. p.	890	n. d. p.	360	n. d. p.	403	n. d. p.
C10/11/97	10700	n. d. p.	7100	2,54	6000	2,14	1040	n. d. p.
M21/10/97	1610	n. d. p.	410	n. d. p.	180	n. d. p.	110	n. d. p.
M11/11/97	6400	n. d. p.	6100	2,18	1400	n. d. p.	1990	n. d. p.
H23/10/97	3780	n. d. p.	840	n. d. p.	200	n. d. p.	278	n. d. p.
H13/11/97	5040	n. d. p.	1970	n. d. p.	1100	n. d. p.	460	n. d. p.
Fréquence relative de dépassement (%)		0		30		10		10

PRÉLIMINAIRE

Annexe 6

Riv./Date	Benzo[b] fluoranthène Total	Benzo[k] fluoranthène Total	Indéno[1,2,3- cd]pyrène Total	Somme des HAP de groupe 1 Total 1				
	Amplitude de dépassement du critère	Amplitude de dépassement du critère	Amplitude de dépassement du critère		Amplitude de dépassement du critère			
	Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Santé humaine (eau et organismes aquatiques)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)			
	(pg/L)	(2800 pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)
T14/10/97	5500	1,96	1770	n. d. p.	2010	n. d. p.	20640	7,37
T04/11/97	1750	n. d. p.	457	n. d. p.	530	n. d. p.	4868	1,74
S16/10/97	620	n. d. p.	243	n. d. p.	287	n. d. p.	2390	n. d. p.
S06/11/97	980	n. d. p.	240	n. d. p.	170	n. d. p.	2637	n. d. p.
C20/10/97	960	n. d. p.	330	n. d. p.	393	n. d. p.	3275	1,17
C10/11/97	4500	1,61	1230	n. d. p.	670	n. d. p.	16580	5,92
M21/10/97	380	n. d. p.	139	n. d. p.	144	n. d. p.	1268	n. d. p.
M11/11/97	6200	2,21	1730	n. d. p.	1360	n. d. p.	19760	7,06
H23/10/97	780	n. d. p.	273	n. d. p.	320	n. d. p.	2569	n. d. p.
H13/11/97	2100	n. d. p.	520	n. d. p.	460	n. d. p.	5910	2,11
Fréquence relative de dépassement (%)		30		0		0		60

¹ Somme des HAP de groupe 1 = benzo[a]anthracène + benzo[b]fluoranthène + benzo[k]fluoranthène + benzo[a]pyrène
+ chrysène + indéno [1,2,3-cd] pyrène

Annexe 6

Riv./Date	Somme des HAP de groupe 1 Dissous ¹		Somme des HAP de groupe 1 Particulaire ¹		Somme des dioxines et furanes dissous en équivalence toxique			
	Amplitude de dépassement du critère		Amplitude de dépassement du critère		Amplitude de dépassement du critère			
		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Faune piscivore
	(pg/L)	(2800 pg/L)	(pg/L)	(2800 pg/L)	(pg/L)	(0.013 pg/L)	(1x10 ⁶ pg/L)	(0.0031 pg/L)
T14/10/97	1540	n. d. p.	16200	5,79				
T04/11/97	1168	n. d. p.	2870	1,025	0,000632	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.
S16/10/97	610	n. d. p.	1760	n. d. p.				
S06/11/97	1197	n. d. p.	1440	n. d. p.	0,00027	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.
C20/10/97	695	n. d. p.	2580	n. d. p.				
C10/11/97	12550	4,48	999	n. d. p.	0,00096	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.
M21/10/97	269	n. d. p.	2040	n. d. p.				
M11/11/97	3560	1,27	1440	n. d. p.	0,00021	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.
H23/10/97	529	n. d. p.	3700	1,32				
H13/11/97	3040	1,09	4030	1,44	0,00274	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.
Fréquence relative de dépassement (%)		30		40		0	0	0

¹ Somme des HAP de groupe 1 benzo[a]anthracène + benzo[b]fluoranthène + benzo[k]fluoranthène + benzo[a]pyrène + chrysène + indéno [1,2,3-cd] pyrène

PRÉLIMINAIRE

Annexe 6

Riv./Date	Somme des dioxines et furanes particulaire en équivalence toxique				Somme des dioxines et furanes total en équivalence toxique				
	Amplitude de dépassement du critère					Amplitude de dépassement du critère			
		Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Faune piscivore			Santé humaine (eau et organismes aquatiques)	Vie aquatique (toxicité aiguë)	Faune piscivore
	(pg/L)	(0.013 pg/L)	(1x10 ⁶ pg/L)	(0.0031 pg/L)	(pg/L)	(0.013 pg/L)	(1x10 ⁶ pg/L)	(0.0031 pg/L)	
T14/10/97	0,3165	24,35	n. d. p.	102,1					
T04/11/97	0,04016	3,09	n. d. p.	12,95	0,040792	3,14	n. d. p.	13,16	
S16/10/97	0,008	n. d. p.	n. d. p.	2,58					
S06/11/97	0,00484	n. d. p.	n. d. p.	1,56	0,00511	n. d. p.	n. d. p.	1,60	
C20/10/97	0,0537	4,13	n. d. p.	17,30					
C10/11/97	0,003395	n. d. p.	n. d. p.	1,095	0,004355	n. d. p.	n. d. p.	1,4	
M21/10/97	0,001469	n. d. p.	n. d. p.	n. d. p.					
M11/11/97	0,0153	1,18	n. d. p.	4,93	0,01551	1,19	n. d. p.	5,00	
H23/10/97	0,01563	1,2	n. d. p.	5,04					
H13/11/97	0,0471	3,62	n. d. p.	15,19	0,04984	3,83	n. d. p.	16,08	
Fréquence relative de dépassement (%)		60	0	90		60	0	100	

PRÉLIMINAIRE

Annexe 7.a Teneur en contaminants analysés lors de la première campagne d'échantillonnage de l'eau (octobre 1997) aux stations témoin, aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha! Ha!

substances		Témoïn 97-10-14			aux Sables 97-10-15			Chicoutimi 97-10-20			à Mars 97-10-21			Ha! Ha! 97-10-23		
		dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total
Mercure																
Mercure inorganique	ng/L	1,52	0,92	2,44	1,56	0,67	2,23	1,33	0,30	1,63	1,49	0,62	2,11	1,50	3,29	4,79
Mercure inorganique	ng/g		299,83			203,76			112,02			248,77			59,90	
HAP																
Naphtalène	pg/L	19 000	0	19 000	3 100	0	3 100	4 900	0	4 900	17 000	0	17 000	14 000	340	14 340
2-Méthylnaphtalène	pg/L	6 000	230	6 230	1 300	0	1 300	3 400	480	3 880	7 800	0	7 800	36 000	1 200	37 200
1-Méthylnaphtalène	pg/L	5 600	450	6 050	1 600	450	2 050	3 300	740	4 040	8 900	440	9 340	33 000	1 200	34 200
1,3-diméthylnaphtalène	pg/L	7 400	650	8 050	2 700	490	3 190	7 300	1 000	8 300	7 000	510	7 510	170 000	1 900	171 900
Acénaphthylène	pg/L	810	0	810	370	0	370	610	0	610	490	0	490	730	0	730
Acénaphthène	pg/L	10 000	0	10 000	1 100	0	1 100	940	0	940	1 400	0	1 400	5 600	0	5 600
Fluorène	pg/L	6 100	0	6 100	760	0	760	890	0	890	1 200	0	1 200	8 000	0	8 000
Phénanthrène	pg/L	8 900	2 300	11 200	1 600	860	2 460	1 900	970	2 870	2 900	1 100	4 000	14 000	1 400	15 400
Anthracène	pg/L	1 100	740	1 840	150	0	150	150	400	550	0	0	0	1 100	0	1 100
Fluoranthène	pg/L	8 400	6 500	14 900	1 700	620	2 320	1 600	730	2 330	1 100	950	2 050	3 100	860	3 960
Pyrène	pg/L	4 800	5 700	10 500	1 000	560	1 560	1 400	670	2 070	930	680	1 610	2 900	880	3 780
Benzo(a)anthracène	pg/L	270	2 500	2 770	55	180	235	69	230	299	0	85	85	78	0	78
Chrysène	pg/L	870	4 900	5 770	360	360	720	360	530	890	180	230	410	200	640	840
Benzo(b+j)fluoranthène	pg/L	0	5 500	5 500	0	620	620	0	960	960	0	380	380	0	780	780
Benzo(k)fluoranthène	pg/L	170	1 600	1 770	73	170	243	110	220	330	55	84	139	93	180	273
Benzo(e)pyrène	pg/L	420	2 800	3 220	250	290	540	310	470	780	120	200	320	0	410	410
Benzo(a)pyrène	pg/L	120	2 700	2 820	45	220	265	63	340	403	0	110	110	48	230	278
Pérylène	pg/L	160	1 200	1 360	110	200	310	160	700	860	75	130	205	1 300	16 000	17 300
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	pg/L	110	1 900	2 010	77	210	287	93	300	393	34	110	144	110	210	320
Dibenzo(a,h)anthracène	pg/L	0	510	510	16	45	61	19	65	84	0	0	0	0	0	0
Benzo(g,h,i)peryène	pg/L	150	2 100	2 250	120	280	400	130	380	510	58	130	188	160	280	440
Somme HAP groupe I	pg/L	1 540	19 100	20 640	610	1 760	2 370	695	2 580	3 275	269	999	1 268	529	2 040	2 569
HAP totaux	pg/L	80 380	42 280	122 660	16 486	5 555	22 041	27 704	9 185	36 889	49 242	5 139	54 381	290 419	26 510	316 929

PRÉLIMINAIRE

Annexe 7.a

substances		Témoïn 97-10-14			aux Sables 97-10-15			Chicoutimi 97-10-20			à Mars 97-10-21			Ha! Ha! 97-10-23		
		dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total
Dioxines																
2378-TCDD	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
12378-P5CDD	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
123478-H6CDD	pg/L		0,150			0,000			0,000			0,000			0,000	
123678-H6CDD	pg/L		0,300			0,000			0,000			0,000			0,000	
123789-H6CDD	pg/L		0,320			0,000			0,000			0,000			0,000	
1234678-H7CDD	pg/L		11,000			0,210			1,900			0,091			0,760	
OCDD	pg/L		65,000			1,800			30,000			0,510			5,800	
Furannes																
2378-T4CDF	pg/L		0,000			0,033			0,000			0,000			0,000	
12378-P5CDF	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
23478-P5CDF	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
123478-H6CDF	pg/L		0,100			0,000			0,000			0,000			0,000	
123678-H6CDF	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
234678-H6CDF	pg/L		0,160			0,000			0,000			0,000			0,000	
123789-H6CDF	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
1234678-H7CDF	pg/L		3,000			0,054			0,000			0,000			0,160	
1234789-H7CDF	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
OCDF	pg/L		8,500			0,260			4,700			0,049			0,630	
Groupes homologues																
OCDD	pg/L		65,000			1,800			30,000			0,510			5,800	
T4CDD	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
P5CDD	pg/L		0,055			0,000			0,000			0,000			0,000	
H6CDD	pg/L		1,900			0,000			0,051			0,000			0,031	
H7CDD	pg/L		17,000			0,460			2,900			0,180			1,200	
OCDF	pg/L		8,500			0,260			4,700			0,049			0,630	
T4CDF	pg/L		0,000			0,033			0,000			0,000			0,000	
P5CDF	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000	
H6CDF	pg/L		2,700			0,000			0,160			0,000			0,052	
H7CDF	pg/L		8,200			0,054			1,700			0,000			0,480	
Homologues dioxines	pg/L		83,960			2,260			32,950			0,690			7,030	
Homologues furannes	pg/L		19,400			0,347			6,560			0,049			1,160	
Éq. tox. dioxines	pg/L		0,252000			0,003900			0,004900			0,001420			0,013400	
Éq. tox. furannes	pg/L		0,064500			0,004100			0,004700			0,000049			0,002230	
Éq. tox. total	pg/L		0,316500			0,008000			0,053700			0,001469			0,015630	

PRÉLIMINAIRE

PRÉLIMINAIRE

Annexe 7.a

substances	Témoïn 97-10-14			aux Sables 97-10-15			Chicoutimi 97-10-20			à Mars 97-10-21			Ha! Ha! 97-10-23		
	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total
BPC															
IUPAC # 18	pg/L		5,10			0,00			3,90			6,3		0,0	6,0 6,0
IUPAC # 17	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,0		0,0	0,0 0,0
IUPAC # 31	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,0		0,0	0,0 0,0
IUPAC # 28	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,0		0,0	0,0 0,0
IUPAC # 33	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,0		0,0	0,0 0,0
IUPAC # 52	pg/L		2,30			3,40			2,70			2,8		0,0	4,3 4,3
IUPAC # 49	pg/L		1,40			0,00			1,30			0,00		0,0	2,4 2,4
IUPAC # 44	pg/L		2,00			2,00			1,20			0,00		0,0	3,2 3,2
IUPAC # 74	pg/L		0,56			0,64			0,55			0,60		0,0	1,2 1,2
IUPAC # 70	pg/L		0,50			0,60			0,00			0,00		4,4	1,5 5,9
IUPAC # 95	pg/L		2,30			2,50			1,90			0,0			2,8
IUPAC # 101	pg/L		3,50			4,30			3,80			2,6			3,8
IUPAC # 99	pg/L		1,30			0,00			0,00			0,0			0,0
IUPAC # 87	pg/L		1,70			1,70			0,00			0,0			1,6
IUPAC # 110	pg/L		3,60			3,80			2,70			2,3			3,0
IUPAC # 82	pg/L		0,40			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 105	pg/L		1,30			1,20			0,86			0,48			1,3
IUPAC # 118	pg/L		2,10			1,90			1,30			0,84			1,7
IUPAC # 151	pg/L		0,55			0,92			0,00			0,00			0,4
IUPAC # 149	pg/L		2,50			0,00			1,50			0,79			1,6
IUPAC # 153	pg/L		5,20			3,20			1,20			0,33			0,3
IUPAC # 132	pg/L		1,40			1,70			0,64			0,00			0,0
IUPAC # 138	pg/L		4,20			4,80			2,60			0,00			2,4
IUPAC # 158	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 128	pg/L		0,00			0,00			0,64			0,00			0,0
IUPAC # 156	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 187	pg/L		1,00			1,10			1,70			0,00			0,0
IUPAC # 183	pg/L		0,33			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 177	pg/L		0,00			0,70			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 171	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 180	pg/L		1,30			2,40			2,40			0,00			0,0
IUPAC # 191	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 170	pg/L		0,00			0,00			0,74			0,00			0,0
IUPAC # 199	pg/L		0,00			0,00			1,40			0,00			0,0
IUPAC # 195	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 194	pg/L		0,30			0,00			0,36			0,00			0,0
IUPAC # 205	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 208	pg/L		0,06			0,00			0,00			0,00			0,0
IUPAC # 206	pg/L		0,30			0,00			1,10			0,00			0,0
IUPAC # 209	pg/L		0,00			0,00			0,00			0,00			0,2
IUPAC # 77	pg/L		0,200			0,240			0,140			0,076			0,250
IUPAC # 126	pg/L		0,000			0,000			0,000			0,000			0,000
IUPAC # 169	pg/L		0,000			0,000			0,015			0,000			0,000
Congénères totaux	pg/L		45,400			37,100			34,645			17,116			37,930
Eq. tox. BPC	pg/L		0,0004			0,0004			0,0004			0,0002			0,0
Groupes homologues															
Tri-CB	pg/L		8,10			3,1			3,9			6,3			11,5
Tétra-CB	pg/L		7,30			7,8			9,3			3,4			22,0
Penta-CB	pg/L		17,00			16,0			11,0			6,3			12,0
Hexa-CB	pg/L		14,00			12,0			7,8			1,3			5,3
Hepta-CB	pg/L		3,10			4,5			4,8			0,0			0,4
Octa-CB	pg/L		0,30			1,2			2,9			0,0			0,0
Nona-CB	pg/L		0,34			0,0			1,1			0,0			0,0
Déca-CB	pg/L		0,00			0,0			0,0			0,0			0,2
Homologues BPC	pg/L		50,00			44,0			41,0			17,0			52,0
Tri-CB	nb		2			1			1			1			3
Tétra-CB	nb		7			5			9			2			11
Penta-CB	nb		7			6			5			3			5
Hexa-CB	nb		5			5			9			3			6
Hepta-CB	nb		4			4			3			0			2
Octa-CB	nb		1			1			3			0			0
Nona-CB	nb		2			0			1			0			0
Déca-CB	nb		0			0			0			0			1
Homologues BPC	nb		28			22			31			9			28

Annexe 7.b Teneur en contaminants analysés lors de la deuxième campagne d'échantillonnage de l'eau (novembre 1997) aux stations témoin, aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha! Ha!

substances		Témoin 97-11-04			aux Sables 97-11-06			Chicoutimi 97-11-10			à Mars 97-11-11			Ha! Ha! 97-11-13		
		dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total
Mercur																
Mercur inorganique	ng/L	2,09	1,5	3,59	1,67	1,11	2,78	1,98	1,05	3,03	1,89	1,04	2,93	1,91	1,23	3,14
Mercur inorganique	ng/g		413,72			305,95			262,3			237,97			54,62	
HAP																
Naphtalène	pg/L	6 200	0	6 200	6 400	0	6 400	16 000	0	16 000	6 100	0	6 100	18 000	1 400	19 400
2-Méthylnaphtalène	pg/L	2 000	330	2330	22 000	0	22 000	27 000	200	27 200	3 100	310	3 410	15 000	1 500	16 500
1-Méthylnaphtalène	pg/L	1 600	610	2 210	1 800	480	2 280	15 000	470	15 470	2 400	510	2 910	9 600	1 300	10 900
1,3-diméthylnaphtalène	pg/L	1 300	690	1 990	1 200	540	1 740	32 000	640	32 640	2 000	590	2 590	12 000	2 100	14 100
Acénaphthylène	pg/L	1 100	0	1 100	1 100	0	1 100	0	0	0	0	0	0	1 100	0	1 100
Acénaphthène	pg/L	3 100	0	3 100	1 200	0	1 200	3 300	0	3 300	2 500	380	2 880	5 200	0	5 200
Fluorène	pg/L	2 600	0	2 600	1 100	0	1 100	4 600	0	4 600	1 700	0	1 700	3 400	0	3 400
Phénanthrène	pg/L	6 100	1 400	7 500	3 100	570	3 670	20 000	1 400	21 400	6 300	2 500	8 800	8 500	2 200	10 700
Anthracène	pg/L	590	480	1 070	260	95	355	2 000	0	2 000	0	0	0	0	0	0
Fluoranthène	pg/L	2 100	1 200	3 300	1 700	520	2 220	15 000	1 400	16 400	2 900	5 300	8 200	3 300	930	4 230
Pyrène	pg/L	1 700	1 000	2 700	1 500	390	1 890	9 700	1 000	10 700	2 500	3 900	6 400	4 200	840	5 040
Benzo(a)anthracène	pg/L	71	310	381	87	120	207	1 700	340	2 040	280	2 100	2 380	200	200	400
Chrysène	pg/L	450	820	1 270	510	350	860	6 000	1 100	7 100	1 400	4 700	6 100	1 100	870	1 970
Benzo(b+j)fluoranthène	pg/L	450	1 300	1 750	480	500	980	3 000	1 500	4 500	1 200	5 000	6 200	1 100	1 000	2 100
Benzo(k)fluoranthène	pg/L	97	360	457	120	120	240	870	360	1 230	330	1 400	1 730	270	250	520
Benzo(e)pyrène	pg/L	300	730	1 030	310	240	550	1 800	770	2 570	650	2 500	3 150	660	560	1 220
Benzo(a)pyrène	pg/L	0	480	480	0	180	180	650	390	1 040	190	1 800	1 990	180	280	460
Pérylène	pg/L	290	1 500	1 790	180	210	390	310	460	770	230	560	790	1 200	14 000	15 200
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	pg/L	100	430	530	0	170	170	330	340	670	160	1 200	1 360	190	270	460
Dibenzo(a,h)anthracène	pg/L	0	100	100	0	38	38	99	86	185	0	360	360	0	61	61
Benzo(g,h,i)peryène	pg/L	130	540	670	160	220	380	500	430	930	210	1 400	1 610	350	390	740
Somme HAP groupe 1	pg/L	1 168	3700	4 868	1 197	1 440	2 637	12 550	4 030	16 580	3 560	16 200	19 760	3 040	2 870	5 910
HAP totaux	pg/L	30 278	12 280	42 558	43 207	4 743	47 950	159 859	10 886	170 745	34 150	34 510	68 660	85 550	28 151	113 701

PRÉLIMINAIRE

Annexe 7.b

substances		Témoïn 97-11-04			aux Sables 97-11-06			Chicoutimi 97-11-10			à Mars 97-11-11			Ha! Ha! 97-11-13		
		dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total
Dioxines																
2378-TCDD	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12378-P5CDD	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123478-H6CDD	pg/L	0,000	0,022	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123678-H6CDD	pg/L	0,000	0,049	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,075	0,075
123789-H6CDD	pg/L	0,000	0,077	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,075	0,075
1234678-H7CDD	pg/L	0,000	0,900	0,900	0,000	0,250	0,250	0,000	0,080	0,080	0,000	0,560	0,560	0,190	1,600	1,790
OCDD	pg/L	0,550	4,500	5,050	0,270	1,400	1,670	0,750	0,410	1,160	0,210	6,700	6,910	0,720	12,000	12,720
Furanes																
2378-T4CDF	pg/L	0,000	0,028	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12378-P5CDF	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23478-P5CDF	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123478-H6CDF	pg/L	0,000	0,034	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123678-H6CDF	pg/L	0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
234678-H6CDF	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123789-H6CDF	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1234678-H7CDF	pg/L	0,000	0,280	0,280	0,000	0,074	0,074	0,000	0,000	0,000	0,000	0,160	0,160	0,000	0,280	0,280
1234789-H7CDF	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
OCDF	pg/L	0,082	0,860	0,942	0,000	0,200	0,200	0,210	0,085	0,295	0,000	1,400	1,400	0,120	1,300	1,420
Groupes homologues																
OCDD	pg/L	0,550	4,500	5,050	0,270	1,400	1,670	0,750	0,410	1,160	0,210	6,700	6,910	0,720	12,000	12,000
T4CDD	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
P5CDD	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H6CDD	pg/L	0,000	0,150	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150	0,150
H7CDD	pg/L	0,000	1,500	1,500	0,000	0,250	0,250	0,000	0,080	0,080	0,000	0,950	0,950	0,260	2,500	2,760
OCDF	pg/L	0,082	0,860	0,942	0,000	0,200	0,200	0,210	0,085	0,295	0,000	1,400	1,400	0,120	1,300	1,420
T4CDF	pg/L	0,000	0,028	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
P5CDF	pg/L	0,000	0,073	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H6CDF	pg/L	0,000	0,091	0,091	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	0,073	0,000	0,000	0,000
H7CDF	pg/L	0,000	0,730	0,730	0,000	0,170	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,160	0,160	0,000	1,100	1,100
Homologues dioxines	pg/L	0,550	6,150	6,700	0,270	1,650	1,920	0,750	0,490	1,240	0,210	7,650	7,860	0,980	14,650	15,630
Homologues furanes	pg/L	0,082	1,780	1,862	0,000	0,370	0,370	0,210	0,106	0,316	0,000	1,630	1,630	0,189	2,400	2,589
Éq. tox. dioxines	pg/L	0,000550	0,028300	0,028850	0,000270	0,003900	0,00417	0,000750	0,001210	0,001960	0,000210	0,012300	0,012510	0,002620	0,043000	0,045620
Éq. tox. furanes	pg/L	0,000082	0,011860	0,011942	0,000000	0,000940	0,000940	0,000210	0,002185	0,002395	0,000000	0,003000	0,003000	0,000120	0,004100	0,004220
Éq. tox. total	pg/L	0,000632	0,040160	0,040792	0,000270	0,004840	0,005110	0,000960	0,003395	0,004355	0,000210	0,015300	0,015510	0,002740	0,047100	0,049840

DOCUMENTAIRE

substances		Témoin 97-11-04			aux Sables 97-11-06			Chicoutimi 97-11-10			à Mars 97-11-11			Ha! Ha! 97-11-13		
		dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total	dissous	particulaire	total
BPC																
IUPAC # 18	pg/L	8,90	7,30	16,20	8,30	3,80	12,10	0,00	7,10	7,10	8,40	3,90	12,30	87,00	17,00	104,00
IUPAC # 17	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,00	5,30	40,30
IUPAC # 31	pg/L	0,00	0,00	0,00	7,40	0,00	7,40	0,00	4,40	4,40	5,20	4,00	9,20	30,00	8,20	38,20
IUPAC # 28	pg/L	12,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00	5,40	4,10	9,50	23,00	8,00	31,00
IUPAC # 33	pg/L	8,10	0,00	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,30	4,30	4,60	0,00	4,60	21,00	5,50	26,50
IUPAC # 52	pg/L	0,00	3,50	3,50	0,00	6,20	6,20	0,00	3,10	3,10	4,80	3,00	7,80	110,00	12,00	122,00
IUPAC # 49	pg/L	3,40	0,00	3,40	0,00	0,00	0,00	0,03	1,40	1,43	2,50	0,00	2,50	31,00	5,70	36,70
IUPAC # 44	pg/L	3,70	2,40	6,10	0,00	3,60	3,60	1,60	1,70	3,30	2,10	1,40	3,50	26,00	5,20	31,20
IUPAC # 74	pg/L	1,80	1,00	2,80	0,00	1,20	1,20	0,00	0,50	0,50	1,60	0,00	1,60	4,50	1,20	5,70
IUPAC # 70	pg/L	3,70	1,20	4,90	0,00	2,50	2,50	2,00	1,30	3,30	3,40	0,00	3,40	15,00	3,50	18,50
IUPAC # 95	pg/L	4,10	0,00	4,10	4,50	7,80	12,30	4,20	2,50	6,70	6,70	2,40	9,10	33,00	5,40	38,40
IUPAC # 101	pg/L	6,00	4,80	10,80	4,90	12,00	16,90	5,30	2,60	7,90	7,90	3,60	11,50	31,00	5,60	36,60
IUPAC # 99	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	0,00	0,30	0,30	2,80	0,00	2,80	6,90	0,00	6,90
IUPAC # 87	pg/L	0,00	1,80	1,80	0,00	5,70	5,70	0,00	0,40	0,40	2,60	0,00	2,60	10,00	2,50	12,50
IUPAC # 110	pg/L	4,70	5,00	9,70	3,90	13,00	16,90	0,00	0,30	0,30	6,00	3,20	9,20	20,00	4,40	24,40
IUPAC # 82	pg/L	0,00	0,30	0,30	0,00	0,94	0,94	0,00	0,40	0,40	0,89	0,00	0,89	2,20	0,00	2,20
IUPAC # 105	pg/L	0,00	2,10	2,10	0,00	4,50	4,50	0,00	0,25	0,25	1,80	1,10	2,90	4,50	1,10	5,60
IUPAC # 118	pg/L	0,00	3,20	3,20	2,60	7,40	10,00	3,60	0,46	4,06	5,80	1,80	7,60	7,20	1,60	8,80
IUPAC # 151	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,98	0,00	0,98	0,00	0,57	0,57	5,70	1,10	6,80
IUPAC # 149	pg/L	3,70	3,90	7,60	2,80	5,80	8,60	0,00	0,00	0,00	5,40	0,00	5,40	16,00	3,50	19,50
IUPAC # 153	pg/L	0,00	2,50	2,50	0,00	9,70	9,70	1,80	1,00	2,80	4,50	2,10	6,60	11,00	2,90	13,90
IUPAC # 132	pg/L	0,90	0,00	0,90	0,88	2,70	3,58	1,10	0,08	1,18	2,30	0,00	2,30	5,50	0,00	5,50
IUPAC # 138	pg/L	5,30	6,70	12,00	2,60	13,00	15,60	2,80	1,20	4,00	6,70	3,80	10,50	12,00	0,62	12,62
IUPAC # 158	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,79
IUPAC # 128	pg/L	1,00	1,70	2,70	0,00	2,20	2,20	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	1,60	0,00	0,61	0,61
IUPAC # 156	pg/L	0,00	1,00	1,00	0,00	1,40	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IUPAC # 187	pg/L	0,46	1,30	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	0,73	5,23
IUPAC # 183	pg/L	0,00	1,30	1,30	0,00	0,52	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,31	1,90	0,00	1,90
IUPAC # 177	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	1,80
IUPAC # 171	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,96
IUPAC # 180	pg/L	0,00	1,40	1,40	0,00	1,70	1,70	1,70	0,36	2,06	1,90	1,80	3,70	6,70	1,00	7,70
IUPAC # 191	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,16
IUPAC # 170	pg/L	0,00	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,74	2,20	0,00	2,20
IUPAC # 199	pg/L	0,00	0,64	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,84	0,00	0,41	0,41
IUPAC # 195	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IUPAC # 194	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,24	0,00	0,36	0,36	0,00	0,00	0,00
IUPAC # 205	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IUPAC # 208	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,44
IUPAC # 206	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IUPAC # 209	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IUPAC # 77	pg/L	0,380	0,220	0,600	0,260	0,330	0,590	0,000	0,000	0,000	0,500	0,160	0,660	0,750	0,250	1,000
IUPAC # 126	pg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
IUPAC # 169	pg/L	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Congénères totaux	pg/L	68,140	54,860	123,000	38,140	111,990	150,130	25,640	38,650	64,290	95,390	39,180	134,570	567,700	103,320	671,020
Eq. tox. BPC	pg/L	0,00020	0,00060	0,00080	0,00013	0,00140	0,00153	0,00000	0,00007	0,00007	0,00030	0,00040	0,00070	0,00150	0,00040	0,00190
Groupes homologues																
Tri-CB	pg/L	29,0	7,3	36,3	16,0	3,8	19,8	0,0	21,0	21,0	28,0	15,0	43,0	280,0	50,0	330,0
Tétra-CB	pg/L	49,0	12,5	61,5	3,1	17,0	20,1	20,6	8,6	29,2	56,0	7,6	63,6	280,0	45,0	325,0
Penta-CB	pg/L	23,0	17,0	40,0	16,0	60,0	76,0	13,0	5,9	18,9	36,0	13,0	49,0	120,0	20,0	140,0
Hexa-CB	pg/L	13,0	16,0	29,0	6,5	43,0	49,5	7,0	2,8	9,8	23,0	8,5	31,5	63,0	9,1	72,1
Hepta-CB	pg/L	1,26	5,60	6,86	0,00	3,40	3,40	1,70	0,36	2,06	1,90	3,40	5,30	19,00	1,70	20,70
Octa-CB	pg/L	0,00	0,64	0,64	0,00	1,00	1,00	0,24	0,00	0,24	0,00	1,20	1,20	1,30	1,20	2,50
Nona-CB	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,23	0,67
Déca-CB	pg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Homologues BPC	pg/L	110,0	60,0	170,0	41,0	130,0	171,0	43,0	38,0	81,0	150,0	48,0	198,0	760,0	130,0	890,0
Tri-CB	nb	3	1	41	2	1	3	0	4	4	6	4	10	11	6	17
Tétra-CB	nb	10	7	17	4	7	11	4	6	10	9	5	14	13	10	23
Penta-CB	nb	5	5	10	4	10	14	3	3	6	9	5	14	10	5	15
Hexa-CB	nb	6	6	12	4	13	17	5	4	9	5	8	13	10	6	16
Hepta-CB	nb	2	4	6	0	4	4	1	1	2	1	4	5	8	2	10
Octa-CB	nb	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	2	2	1	3	4
Nona-CB	nb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Déca-CB	nb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Homologues BPC	nb	26	24	50	14	36	50	14	18	32	30	23	58	54	32	86

Annexe 8 Teneur des paramètres conventionnels de l'eau pour les deux campagnes d'échantillonnage (octobre - novembre 1997) aux stations témoin, aux Sables, Chicoutimi, à Mars et Ha! Ha!

SUBSTANCES		Témoin		aux Sables		Chicoutimi		à Mars		Ha! Ha!	
		97-10-14	97-11-04	97-10-15	97-11-06	97-10-20	97-11-10	97-10-21	97-11-11	97-10-23	97-11-13
Calcium		4,6	4,2		5,8	5,2	6,2	12,6	8,6	21,0	15,8
Carbone organiques dissous non-filtré	mg/L	5,6	5,8		6,0	6,2	5,8	4,8	7,2	6,0	9,0
Carbone organiques dissous filtré (0,7 µm)	mg/L	5,2	5,7		5,8	5,7	5,9	4,0		5,6	9,5
Carbone organiques dissous filtré (0,45 µm)	mg/L	5,4	5,8		5,5	6,0	5,8	4,8		6,4	10,2
Carbone organiques particulaire filtré (0,7 µm)	mg/L	0,79	0,60	0,62	0,71	0,44	0,51	0,47	0,95	2,00	0,70
Matière en suspension filtrée (1,2 µm)	mg/L		1		1	1	4	1		94	22
Matière en suspension filtrée (0,45 µm)	mg/L		1,0		2,6	1,0	2,0	1,0		1,0	16,0
Matière en suspension filtrée (0,7 µm)	mg/L	3,07	3,61	3,27	3,63	2,67	4,01	2,5	4,36	54,93	22,5
Conductivité	µS/cm	40,0	34,5		46,0	43,9	56,0	90,0	60,0	126,0	98,0
Magnésium	mg/L	0,6	0,6		0,8	0,7	0,8	1,7	1,2	1,9	1,4
Azote total	mg/L N	0,21	0,23		0,29	0,23	0,28	0,17	0,30	0,21	0,34
Azote ammoniacal	mg/L N	0,03	0,01		0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01
Nitrates et nitrites	mg/L N	0,05	0,09		0,14	0,08	0,13	0,04	0,09	0,03	0,14
Oxygène dissous	mg/L O ₂	11,1	11,9	11,3		11,5	12,7	12,5	14,2	13,8	14,2
Demande biochimique en oxygène (5 jours)	mg/L					1		1			
Phosphore total	mg/L	0,011	0,011		0,012	0,010	0,015	0,008	0,015	0,063	0,040
Phosphore dissous	mg/L P	0,005	0,005		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Phosphore en suspension	mg/L P	0,006	0,006		0,007	0,005	0,010	0,003	0,010	0,058	0,035
pH	unités	7,0	7,0		7,2	7,2	7,2	7,8	7,4	7,9	7,6
Température	°C	9,5	6,9	10,9	6,1	10,0	5,6	6,9	3,0	4,2	0,1
Turbidité	UTN	1,0	1,0		1,5	1,0	1,6	1	1,5	24,0	7,5

PRÉLIMINAIRE