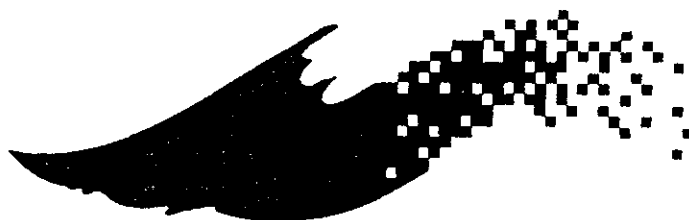


QE 70.19 TD
427
S33
P46
1990
ex.3

CARACTÉRISATION
DES SITES AQUATIQUES FÉDÉRAUX
CONTAMINÉS

Évaluation de la qualité des sédiments
des ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières

Magella Pelletier
Caroll Bélanger
Division des Programmes Fédéraux
Environnement Canada



PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE ACTION PLAN



Environnement
Canada

Conservation
et Protection

Environment
Canada

Conservation
and Protection

MERCREDI, 10 OCTOBRE 1990 à 10h35

CARACTÉRISATION DES SITES AQUATIQUES FÉDÉRAUX CONTAMINÉS

Évaluation de la qualité des sédiments
des ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières

Magella Pelletier
Carol Bélanger
Division des Programmes Fédéraux
Environnement Canada

Introduction

Artère maritime, milieu de récréation et ressource économique, le fleuve Saint-Laurent a de tout temps canalisé le développement et la vitalité du Québec. Aujourd'hui, ce grand écosystème fluvial est en péril et sa dépollution s'impose comme une priorité dans le domaine environnemental.

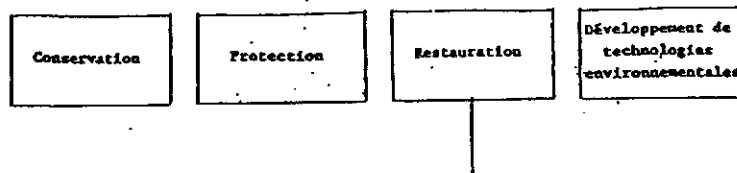
Ainsi pour redonner au fleuve sa qualité d'antan, le gouvernement fédéral a mis en oeuvre un plan d'action dynamique en quatre volets: la conservation, la protection, la restauration et les technologies environnementales.

Le volet restauration vise principalement à nettoyer les sites fédéraux contaminés et à réhabiliter des milieux humides.

Pour atteindre cet objectif d'assainissement des sites fédéraux contaminés, nous distinguons cinq phases (figure 1): l'inventaire et la priorisation; la caractérisation; l'élaboration de plans d'intervention; le nettoyage; le suivi.

L'étape de caractérisation préliminaire de la qualité des sédiments des ports de Québec (carte 1), Montréal (carte 2) et Trois-Rivières (carte 3), a déjà été complétée en 1989.

L'examen comparatif des résultats des trois ports permet d'évaluer les niveaux de contamination de ces sédiments de surface par rapport aux normales géochimiques du fleuve et aux critères de qualité existants et de jeter les premières bases de la définition de critères de restauration. Ces derniers critères permettant l'élaboration de scénarios d'intervention qui sont destinés à être présentés aux promoteurs fédéraux, en vue de leur réalisation.



(cinq phases)

- Phase 1 Inventaire et priorisation
- Phase 2 Caractérisation
- Phase 3 Plan d'intervention
- Phase 4 Nettoyage
- Phase 5 Monitoring et suivi

Figure I: Organigramme des différents volets du plan d'action Saint-Laurent.

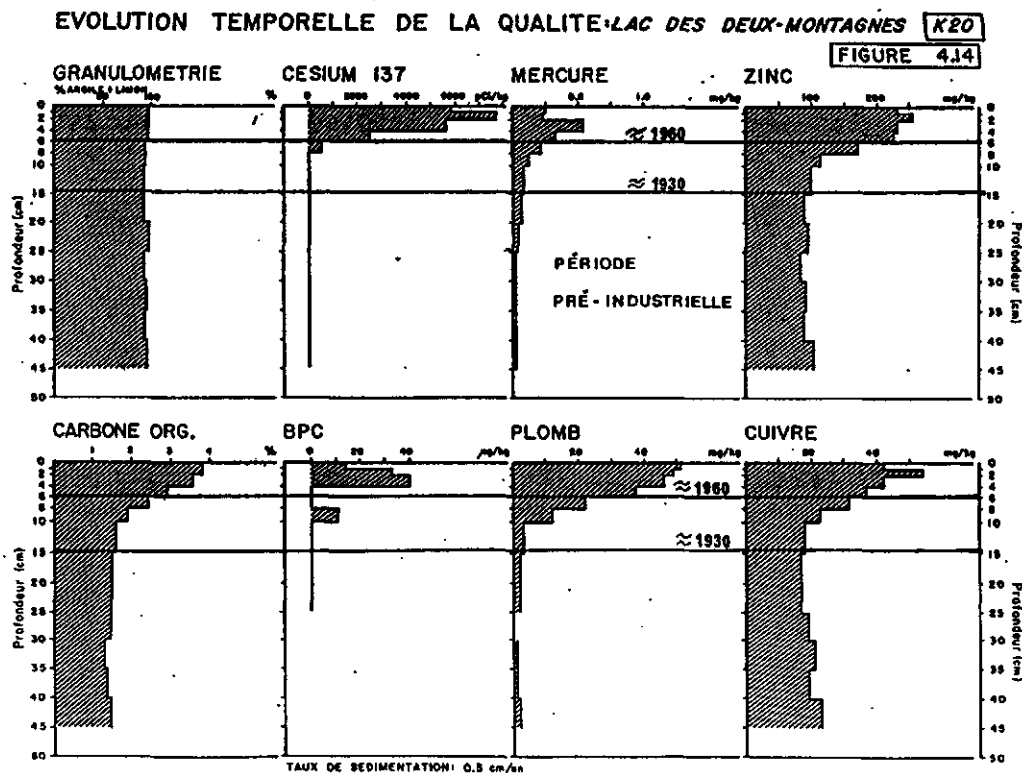
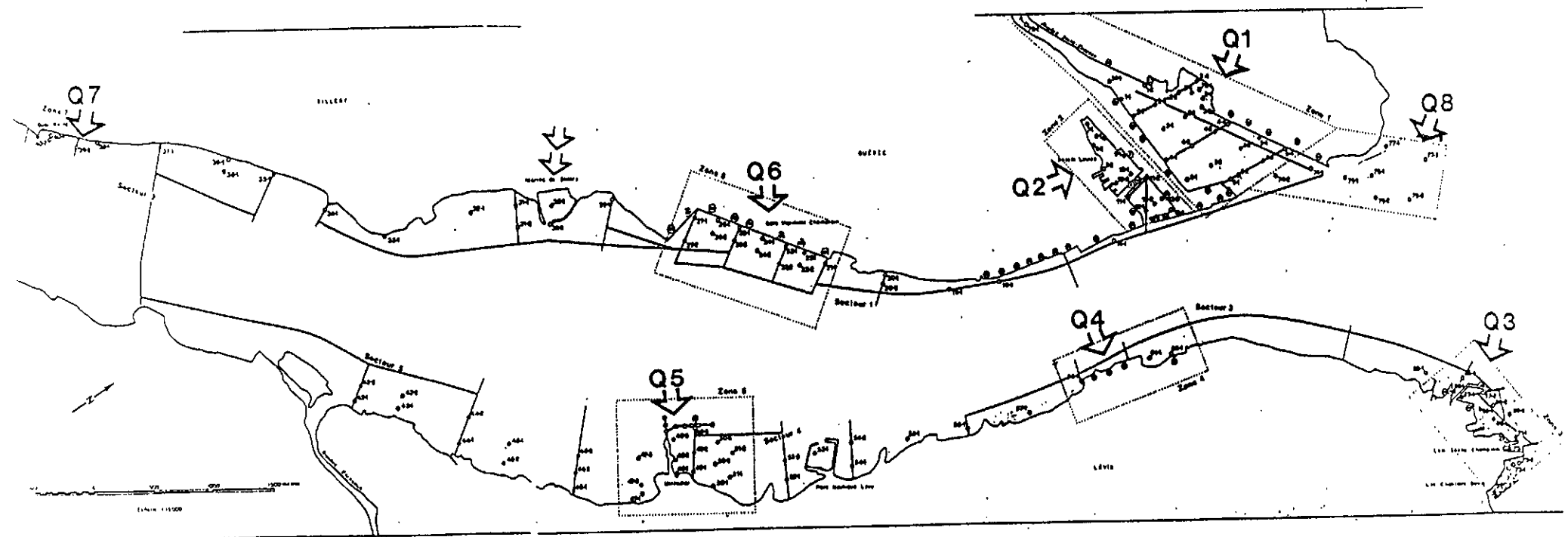


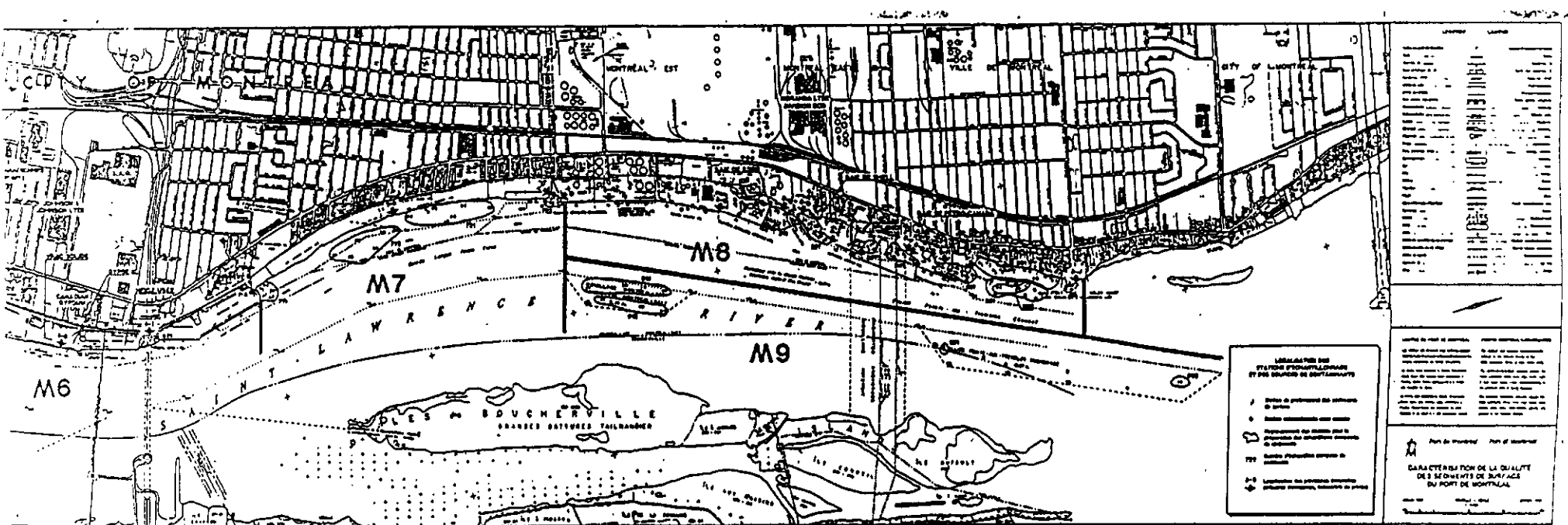
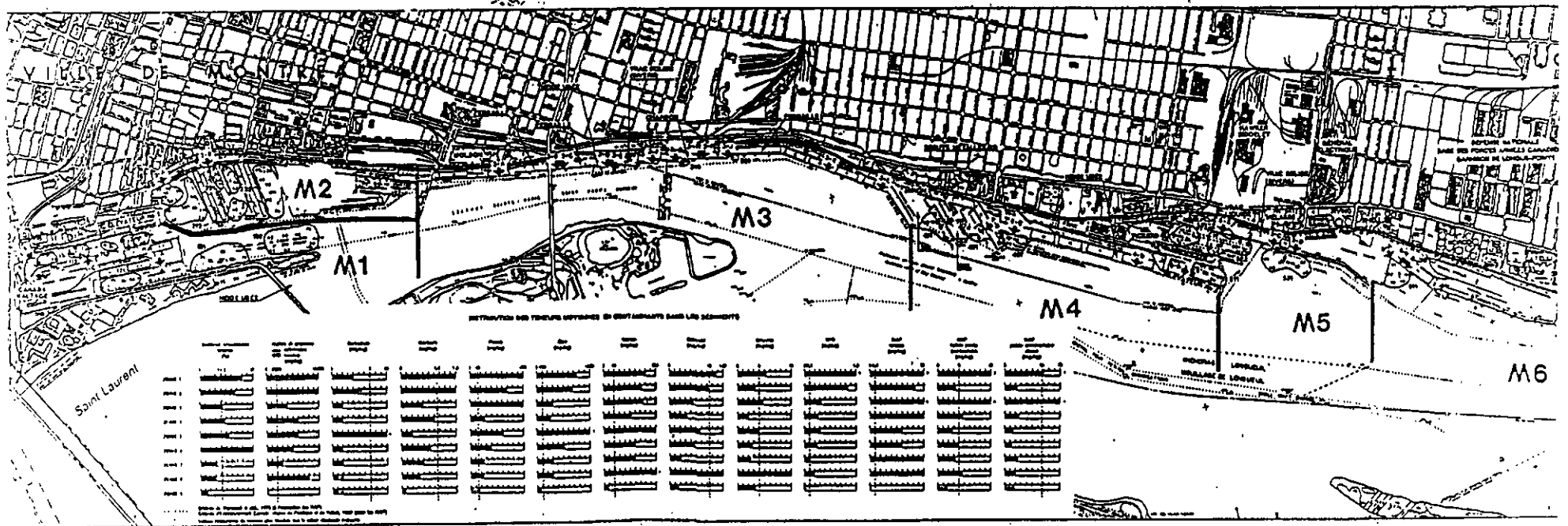
Figure II: Évolution temporelle de la qualité des sédiments dans le secteur du Lac des Deux-Montagnes, modifiée à partir de Serodes et al, 1978.

PORT DE QUÉBEC



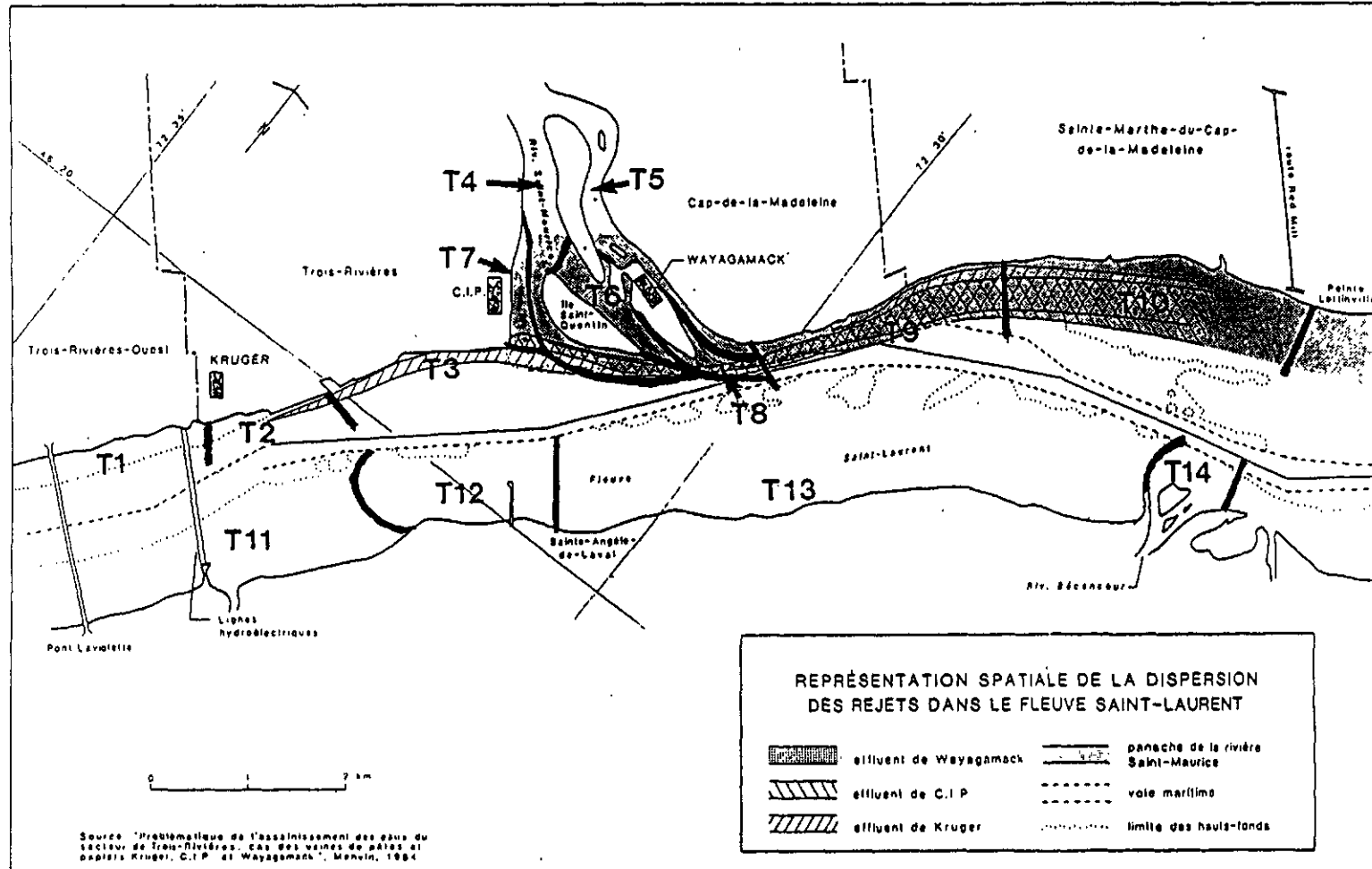
CARTE - I

PORT DE MONTREAL



CARTE-2

PORT DE TROIS-RIVIÈRES



CARTE-3

Évaluation de la qualité des sédiments des ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières

Afin d'évaluer la qualité des sédiments des ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières, il faut d'abord examiner les teneurs géochimiques naturelles des sédiments qui existaient dans le fleuve avant que ceux-ci ne soient dégradés par les rejets industriels et domestiques reliés à l'industrialisation du début du siècle.

Normales géochimiques des sédiments du Saint-Laurent

La définition du fond géochimique naturel des sédiments du Saint-Laurent fut, en partie, réalisée par J.B. Serodes et son équipe en 1978, dans le cadre du Comité d'Étude sur le fleuve Saint-Laurent. Afin d'établir le taux de sédimentation de certaines zones d'accumulation des sédiments, ils prélevèrent plusieurs carottes de sédiments à différents endroits entre Cornwall et Montmagny. Ensuite, à l'aide du contenu en Cs 137, dont la présence est relié aux activités nucléaires des années 50 et qui permet d'identifier la période de sédimentation du début des années 60, ils purent définir les accumulations sédimentaires annuelles et délimiter la période pré-industrielle dans ces sédiments. La figure II présente un exemple de cette évolution temporelle des sédiments dans le secteur du lac des Deux-Montagnes. Remarquons que les niveaux de teneur pour la majorité des éléments analysés subissent très peu de variation dans la période pré-industrielle.

Les normales géochimiques établies par Sérodes correspondent à cette période pré-industrielle et sont présentées au tableau I. Ces niveaux de teneur représentent des moyennes calculées pour différents tronçons du fleuve. La diminution des teneurs en Cr, Cu et Zn de l'amont vers l'aval du fleuve est vraisemblablement reliée à l'influence géologique de certain secteur (gisements cuprifères et zincifères du sud de l'Ontario et du nord des États-Unis).

Ces normales géochimiques devraient servir de bases pour l'élaboration de critères de qualité des sédiments.

Critères de qualité des sédiments

Malheureusement, au Québec, il existe peu de critères de qualité applicables directement aux sédiments du Saint-Laurent (tableau II). Les critères les plus couramment utilisés sont ceux développés en 1978 par Vigneault et al. qui représentent des critères de qualité pour le rejet en eau libre des matériaux de dragage.

D'autres critères, non spécifiques aux sédiments du Saint-Laurent, sont à l'occasion utilisés et peuvent s'avérer acceptables:

- Les critères de qualité des sols du MENVIQ (MENVIQ, 1988);
- Les critères de qualité du MEO (Persaud et al, 1990).

TABLEAU I:

Normales géochimiques des sédiments le long du
fleuve Saint-Laurent, tirée de Sérodes et al, 1978

RÉGIONS ou ZONES entre Cornwall et Montmagny	Paramètres (ppm)					
	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	COT (%)
Lac St-François	100	47	0.017	8	117	0.48
Lac des Deux-Montagnes	84	23	0.030	3.5	120	1.50
Lac Saint-Louis	87	32	0.017	7	108	0.44
Varennnes à Sorel	66	35	0.020	6	100	1.28
Delta de Sorel	100	26	0.025	6	115	1.35
Lac Saint-Pierre	73	22	0.025	5	92	1.28
Lac Saint-Pierre à Québec	47	13	0.030	6	75	0.70

TABLEAU II

Liste de différents critères de la qualité des sédiments (ou de sols)

Paramètres	Critères de Vigneault sédiments		Critères du Menviq sols			Critères du MRO sédiments		
	A	B	C	D	E	ME	LE	LT
As (ppm)	3	6	10	30	50	4	6	33
Cd (ppm)	5	8	1.5	5	20	1	1	10
Cr (ppm)	70	90	75	200	800	31	31	111
Cu (ppm)	30	60	50	100	500	25	25	114
Pb (ppm)	20	60	50	200	600	23	31	250
Hg (ppm)	0.3	1.0	0.2	2	10	0.1	0.2	2.0
Zn (ppm)	80	175	100	500	1500	65	120	820
BPC (ppm)	0.05	0.1	0.1	8	80	0.02	0.07	—
HAP (ppm)	—	—	1	20	200	—	2	—
H.C. (ppm)	1000	2000	—	—	—	—	1500	—
COT (%)	1.5	5	—	—	—	—	1	10

A = acceptable

C = résidentiel

NK = no effect

B = non-acceptable

D = commercial

LE = lowest effect

E = industriel

LT = limit of
tolerance

L'utilisation de ces critères de qualité afin de vérifier le degré de contamination des sédiments peut renfermer certains risques. Des critères trop sévères ou trop permissifs pourraient engendrer de mauvaises évaluations ou interprétations de la qualité des sédiments ou de leur degré de contamination.

Afin de vérifier la représentativité et l'applicabilité de ces différents critères au milieu Saint-Laurent, nous utiliserons les normales géochimiques du Saint-Laurent tel qu'établies par Sérodes (1978) et l'indice de qualité qui fut développé par Champoux et Sloterdijk (1985) pour évaluer la qualité des sédiments du lac St-Louis.

Nous avons apporté à cet indice une légère modification qui permet de traiter séparément les paramètres organiques et inorganiques. Les formules pour le calcul des indices sont les suivantes:

$$II = \text{Indice inorganique} = \frac{\sum_{i=1}^K \frac{\text{teneur (i)}}{\text{critère (i)}}}{K (\text{paramètres inorganiques})^*}$$

$$IO = \text{Indice organique} = \frac{\sum_{i=1}^K \frac{\text{teneur (i)}}{\text{critère (i)}}}{K (\text{paramètres organiques})^{**}}$$

* Les paramètres inorganiques sont: Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, As et Hg

** Les paramètres organiques sont: COT, HAP_t, BPC_t, H et G_t

N.B. Lorsque la teneur (i) est plus élevée que le critère (i) l'indice a une valeur supérieure à l'unité.

L'indice inorganique (II) fut calculé en utilisant les normales géochimiques de Sérodes comme "teneur (i)" et ce pour les paramètres disponibles (Cu, Zn, Pb, Hg et Cr) tandis que le COT fut le seul paramètre du côté de l'indice organique (IO).

Le radical "critère (i)" fut dans un premier calcul le critère "acceptable" de Vigneault (tableau II, colonne A), dans un second, le critère "résidentiel" du MENVIQ (tableau II, colonne C) et enfin le critère "no effect" du MEO (tableau II, colonne NE).

On retrouve les résultats de ces calculs sur le graphique de la figure III.

Les indices "II" et IO" calculés avec le critère "no effect" du MEO ont des valeurs avoisinant l'unité. De ce fait, ils nous indiquent que ce critère se situe à des niveaux comparables ou similaires aux normales géochimiques du fleuve. Ainsi nous avons jugé que ce critère devrait être retenu pour l'évaluation de la qualité des sédiments contrairement aux critères de Vigneault ou du MENVIQ, qui ont donné des indices nettement plus faibles que l'unité montrant leurs caractères trop permissifs. Notons enfin que le critère de "no effect" du MEO représente des niveaux pour des paramètres organiques et inorganiques n'ayant pas d'effet sur la qualité de vie des organismes aquatiques.

Les critères de qualité du MEO et les indices de qualité organique et inorganique semblent être de bons outils pour évaluer le degré de contamination des sédiments. Toutefois, il faut noter que les teneurs des normales géochimiques furent mesurées dans des sédiments pris en profondeur et ne tiennent pas compte des migrations physico-chimiques (Pelletier et Beaumier, 1990)

Il est donc nécessaire de vérifier si les indices de qualité et les critères du MEO sont également représentatifs des sédiments prélevés en surface.

Évaluation de la qualité des sédiments entre Cornwall et Sept-Îles

Simultanément au carottage des sédiments profonds, Serodes et son équipe recueillirent de nombreux échantillons de sédiments de surface le long du fleuve. Ces sédiments de surface représentent les quelques derniers centimètres de matériel accumulé au cours de la période récente d'industrialisation du Québec. Les teneurs médianes furent déterminées à partir de plusieurs centaines d'analyses de sédiments réparties sur 18 sections le long des rives Sud et Nord du fleuve (Serodes et al, 1978 et Duval, 1978). Le tableau III présente les teneurs médianes observées pour chacun des tronçons et les indices organiques et inorganiques calculés avec ces médianes. La figure IV donne une représentation graphique des indices II et IO de ces sédiments.

Pour mieux se repérer sur le graphique de la figure IV, nous avons ajouté les limites graphiques des différents niveaux des critères du MEO (voir aussi tableau II, colonnes NE, LE et LT). Ces limites permettent de comparer les teneurs médianes avec des niveaux qui pourraient avoir des effets négatifs sur les organismes aquatiques.

Seule la section de Beauharnois possède des indices de qualité très élevés qui sont surtout reliés aux très fortes teneurs de Hg (jusqu'à 87 ppm selon Serodes, 1978). Toutes les autres sections du fleuve se situent en moyenne à proximité du niveau "no effect" du MEO ou par le fait même près de la normale géochimique. Toutefois, dans l'ensemble le secteur de Montréal possède des niveaux deux fois plus élevés que la normale géochimique (2M, SL, LV, RP) montrant ainsi une contamination légèrement supérieure aux autres tronçons du fleuve.

L'examen de ces données montre que les critères du MEO sont, à ce jour, les critères de qualité qui représentent le mieux les sédiments fluviaux du Québec.

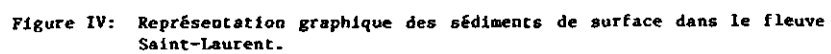


TABLEAU III

Teneurs médianes et indices de qualité des sédiments
entre Cornwall et Sept-Îles

Tronçon le long du Saint-Laurent	Paramètres							Indices	
	Cu	Zn	Pb	Cr	Hg	Cd	COT	II*	IO**
Réf. Serodes et al, 1978	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%		
Lac St-François (Amont)	17	78	12	36			1.53	1.0	1.5
Lac St-François (Aval)	37	105	18	69	0.22	—	0.94	1.6	0.9
Lac des Deux-Montagnes	36	140	33	36	0.25	—	1.65	2.1	1.7
Beauharnois	46	167	20	75	3.36	—	2.94	8.2	2.9
Lac St-Louis	24	161	22	61	0.34	—	1.44	1.9	1.4
Lachine - Varennes	44	156	33	69	0.24	—	1.91	2.0	1.9
Rivière-Des-Prairies	58	162	44	85	0.12	—	1.16	2.3	1.2
Varennes - Sorel	29	99	13	29	0.12	—	0.81	1.3	0.8
Delta de Sorel	42	126	30	42	0.15	—	1.40	1.7	1.4
Lac St-Pierre	28	88	8	64	0.09	—	0.95	1.2	1.0
Lac St-Pierre à Québec	16	54	7	50	0.11	—	0.73	0.9	0.7
Réf. Dorval, 1978									
Montmagny - Riv. Ouelle	35	146	28	82	0.25	0.2	1.52	2.0	1.5
Rivière-du-Loup	26	110	29	63	0.20	0.1	1.76	1.6	1.8
Rimouski	16	62	14	45	0.02	0.1	0.37	0.8	0.4
Matane	29	99	12	65	0.02	0.1	1.20	1.1	1.2
Ste-Anne-des-Monts	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Baie Comeau	11	56	13	58	0.01	0.1	0.15	0.8	0.2
Sept-Îles	20	66	16	50	0.01	0.1	0.38	0.8	0.4

* II : Comprend Cu, Zn, Pb, Cr et Hg

** IO : Comprend COT

Évaluation de la qualité des sédiments aquatiques des ports fédéraux

Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, la Division des programmes fédéraux a réalisé, au cours de l'année 1989, la caractérisation des sédiments de surface des ports de Québec (Procéan, 1990), de Trois-Rivières (Gilbert et Baribeau, 1990) et de Montréal (Chauvin, 1990). Cette caractérisation a permis le prélèvement de plusieurs centaines d'échantillons dans 31 zones répartis le long des berges de ces trois ports.

Ces échantillons furent dosés et analysés pour plusieurs paramètres organiques et inorganiques. Les quelques paramètres suivants furent retenus pour le présent document; BPC_t, HAP_t, H&G_t, COT, Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, Hg et As.

Les teneurs moyennes furent calculées pour ces paramètres et sont présentées aux tableaux IV - A, B et C. De plus sur ces tableaux, on retrouve les valeurs des calculs pour les indices organiques (IO) et inorganiques (II) qui permettent de comparer les résultats des trois ports entre eux. La figure V en donne une représentation graphique avec les limites NE, LE et LT (voir tableau II) des critères de qualité du MEO et la figure VI avec les limites acceptables et non acceptables des critères de qualité pour le rejet en eau libre de Vigneault.

L'examen des résultats obtenus permet de distinguer deux groupes de zones. Le groupe A ayant des teneurs très élevées pour la plupart des paramètres et le groupe B avec des teneurs se rapprochant des normales géochimiques. Le groupe A réunit les zones M1 à M8 du port de Montréal et les zones Q1 et Q2 du port de Québec. Ces zones contiennent des sédiments contaminés qui avoisinent ou dépassent la limite de tolérance du MEO signalant ainsi l'état précaire de survie des organismes dans ces secteurs.

Les zones Q1 et Q2 du port de Québec représentent respectivement l'estuaire de la rivière St-Charles et le bassin Louise tandis que les zones M1 à M8 regroupent la presque totalité de la rive nord du fleuve dans le port de Montréal.

La figure VI, compare ces mêmes stations aux critères de Vigneault et permet d'établir que les sédiments contenus dans les zones du groupe A sont beaucoup trop contaminés pour qu'un dépôt en eau libre soit envisagé. La restauration des sédiments dans ces zones apparaît nécessaire et des plans d'intervention doivent être développés.

On ne peut cependant orienter la poursuite des travaux du plan d'action Saint-Laurent en se basant uniquement sur la qualité des sédiments aquatiques. Il faut aussi examiner la dynamique sédimentaire et l'hydrodynamique de chacune des zones.

TABLEAU IV - A

Résultats moyens des sédiments de surface et indices
de qualité du Port de Montréal

Zones du Port de Montréal	Paramètres											Indices de qualité	
	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As	COT	HAP	BPC	H&G		
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	II	IO
M1	240	1200	400	4	105	1.5	8	9.3	25	1.0	10 000	9.9	19.8
M2	220	1090	280	5	85	1.5	5	7.6	21	0.9	10 000	8.8	17.1
M3	230	480	380	2	55	0.6	7	5.2	25	0.3	4 000	6.3	8.9
M4	160	400	110	2	40	0.9	3	5.6	25	0.3	6 000	4.2	8.8
M5	300	1600	250	10	65	0.3	6	6.5	15	0.3	6 000	9.1	8.5
M6	180	830	160	2	55	0.8	4	11.7	15	0.3	5 000	5.6	8.8
M7	180	480	100	2	25	0.6	3	3.7	25	0.1	3 000	4.0	5.4
M8	300	480	100	1	115	0.5	15	3.5	24	0.2	8 000	5.4	7.5
M9	25	115	15	1	20	0.1	5	1.8	1	0.02	200	1.0	0.6

TABLEAU IV - B

Résultats moyens des sédiments de surface et indices
de qualité du Port de Québec

Zones du Port de Québec	Paramètres											Indices de qualité	
	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As	COT	HAP	BPC	H&G		
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	II	IO
Q1	179	805	54	4.0	40	0.30	3.6	4.0	3.5	0.20	1 266	4.4	4.2
Q2	74	369	136	1.9	54	0.40	6.3	3.2	13.0	0.10	1 513	3.4	3.7
Q3	38	132	32	1.4	42	0.15	1.6	1.4	1.4	0.06	1 646	1.3	1.4
Q4	34	126	31	0.8	32	0.10	1.6	2.1	0.8	0.03	1 330	1.1	1.3
Q5	34	139	27	1.6	46	0.15	1.1	1.6	1.3	0.02	1 062	1.3	1.1
Q6	14	63	18	0.7	10	0.05	2.3	1.1	0.3	0.05	382	0.6	1.0
Q7	14	58	10	0.8	13	0.04	0.7	0.5	0.6	0.01	430	0.5	0.4
Q8	14	66	15	1.5	20	0.05	0.9	0.5	0.9	0.01	610	0.8	0.5

TABLEAU IV - C

Résultats moyens des sédiments de surface et indices
de qualité du Port de Trois-Rivières

Zones du Port de Trois-Rivières	Paramètres											Indices de qualité	
	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As	COT	HAP	BPC	H&G		
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	II	IO
T1	18	83	15	1	21	0.08	0.3	0.8	0.01	0.01	428	0.7	0.5
T2	32	172	15	1	28	0.11	1.6	0.2	0.03	0.02	265	1.1	0.4
T3	40	307	15	1	31	0.10	1.9	1.5	0.03	0.01	821	1.4	0.7
T4	3	3	15	1	4	0.13	0.1	0.2	0.04	0.01	1550	0.4	0.6
T5	17	6	15	1	3	0.09	0.1	1.1	0.03	0.01	290	0.4	0.5
T6	18	79	26	1	13	0.50	0.1	3.0	0.06	0.04	1870	1.3	1.8
T7	26	87	15	1	17	0.25	0.3	8.5	0.29	0.01	910	0.9	2.5
T8	19	141	15	1	21	0.22	0.2	1.2	2.94	0.01	485	1.0	0.9
T9	23	81	15	1	44	0.12	0.1	0.8	0.29	0.01	1730	0.7	0.8
T10	30	88	15	1	67	0.06	0.1	0.4	0.21	0.01	190	0.9	0.3
T11	14	67	15	1	32	0.04	0.5	0.6	0.05	0.01	280	0.6	0.4
T12	43	156	30	1	59	0.11	0.9	1.8	0.01	0.01	650	1.2	0.8
T13	16	65	15	1	30	0.09	0.1	0.8	0.11	0.01	300	0.7	0.4
T14	3	3	15	1	3	0.02	0.1	0.2	0.03	0.01	125	0.3	0.2

TABLEAU V

Liste de critères de qualité et de restauration

PARAMÈTRES (PPM)	MÉDIANE DE SÉRODES ET DUVAL ①			CRITÈRES DU MEO ②			CRITÈRES DU USEPA NIVEAU CHRONIQUE ③	CRITÈRES DE VIGNEAULT ④		CRITÈRES DE RESTAURATION	
	MIN	MOY	MAX	NE	LE	LT		ACC	N. ACC	LI	LS
Cu	11	30	58	25	25	114	136	30	60	60	87
Zn	54	111	167	65	120	820	760	80	175	175	497
Pb	7	21	44	23	31	250	132	20	60	60	155
Cd	—	—	—	1	1	10	31	5	8	2	6
Cr	36	64	87	31	31	111	—	70	90	90	100
Hg	0.005	0.135	0.34	0.1	0.2	2.0	0.8	0.3	1.0	0.3	1.2
As	—	—	—	4	6	33	33	3	6	6	20
BPC _t	—	—	—	0.02	0.07	—	0.28	0.05	0.1	0.07	0.17
HAP _t	—	—	—	2.5 ^⑤	3.8 ^⑤	—	6.8 ^⑥	—	—	—	—
HAP (Low)	—	—	—	—	6.0 ^⑤	—	13 ^⑦	—	—	6.0	13
HAP (High)	—	—	—	—	50.0 ^⑤	—	69 ^⑦	—	—	50.0	69
COT (%)	0.2	1.14	2.9	—	1	10	—	1.5	5	5	7.5
H & G	—	—	—	—	—	—	5000 ^⑧	1000	2000	2000	5000

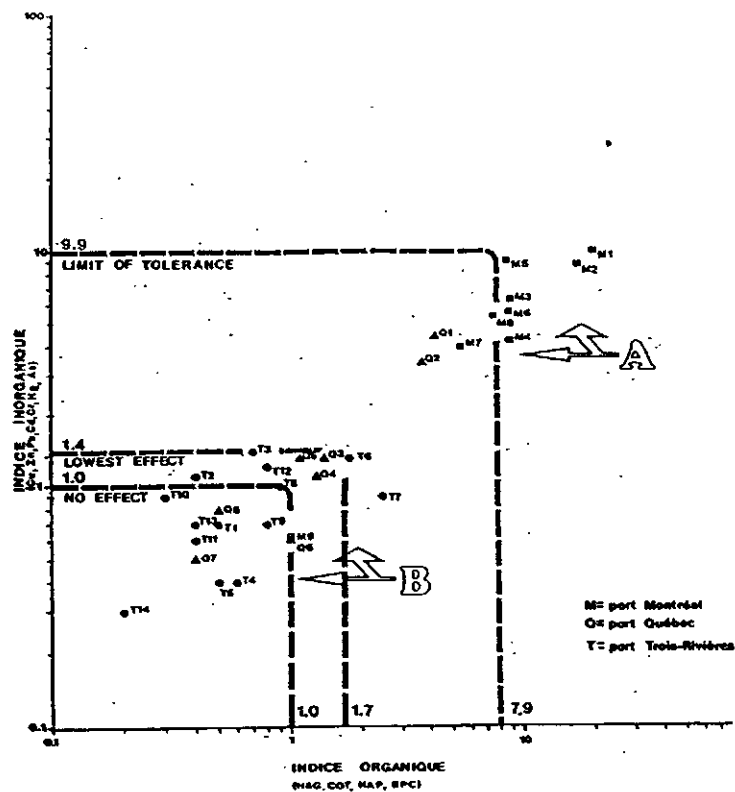


Figure V: Représentation graphique des indices de qualité des sédiments des trois ports fédéraux avec les critères du MEO.

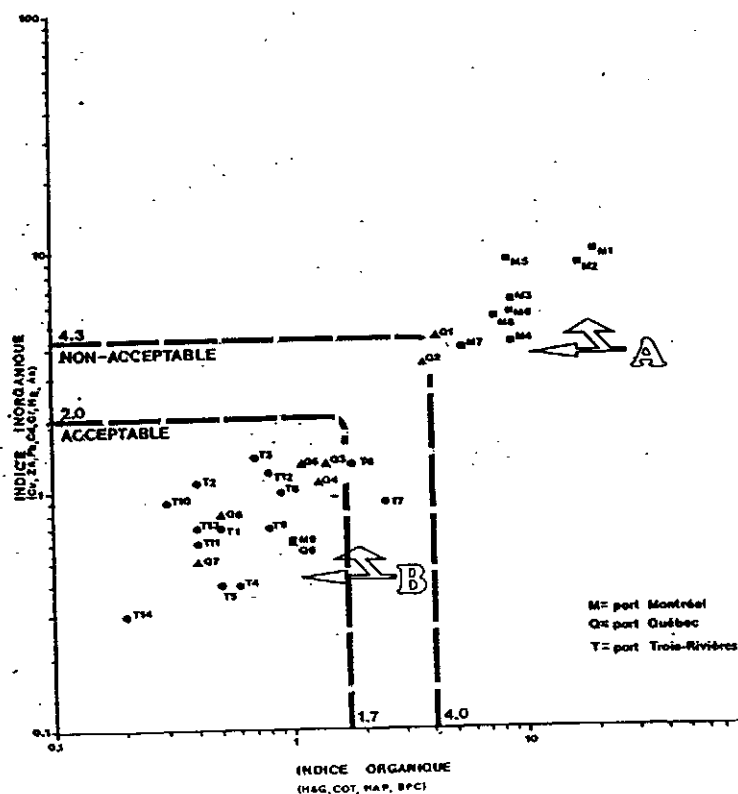


Figure VI: Représentation graphique des indices de qualité des sédiments des trois ports fédéraux avec les critères de Vigneault.

Hydrodynamique et dynamique sédimentaire dans les ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières

Les études scientifiques concernant la dynamique sédimentaire et l'hydrodynamique des ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières sont relativement peu abondantes. Elles touchent généralement de petits secteurs des ports et regroupent des données scientifiques qui sont parfois incomplètes ou non vérifiables.

Le diagramme "ENO"

Dans un document sur la priorisation des sites contaminés du St-Laurent, Frenette et al (1990) utilisent le diagramme "ENO" afin de définir le potentiel de contamination en fonction de la nature du dépôt sédimentaire récent. Ce diagramme est basé sur les pourcentages granulométriques (sable, silt et argile) incluant par le fait même l'importance du régime sédimentaire et de l'hydrodynamisme. Ainsi pour des dépôts récents (de surface), on peut supposer que les sédiments fins (argile + silt) reflètent un milieu à hydrodynamisme faible alors que des sédiments plus grossiers (sable + silt) correspondent davantage à un milieu à hydrodynamisme plus fort. La figure VII illustre cette hypothèse sur le diagramme "ENO".

Diagramme "ENO" des ports fédéraux

La caractérisation des sédiments aquatiques des ports fédéraux comprenait l'évaluation des proportions granulométriques. Exprimée sous la forme de pourcentage des différentes fractions (argile, silt, sable et gravier), il fut relativement facile de représenter ces fractions sur des diagrammes "ENO". Les figures VIII et IX présentent les diagrammes "ENO" des ports de Montréal et de Trois-Rivières. Pour le port de Québec les fractions silt et argile n'étant pas dissociées, il fut impossible d'utiliser ce graphique.

Le port de Montréal présente des sédiments relativement fins, reflétant des conditions hydrodynamiques moyennes à faibles avec des potentiels de contamination relativement élevés (figure VIII). Toutefois, les zones M3, M7 et M9 montrent des sédiments plus grossiers correspondants à une forte hydrodynamique signalant la présence de courants d'eau plus forts correspondant respectivement aux quais 32, 34 et 36, à la promenade Bellerive et aux aires de mouillage. Ces zones (M3, M7 et M9) présentent donc une probabilité élevée de remise en suspension des sédiments et offrent peu de possibilités aux matériaux fins de sédimenter.

Pour le port de Trois-Rivières (figure IX) on estime que l'hydrodynamique varie de façon graduelle de fort à moyen et que les sédiments se situent dans un secteur de transition. A l'exception des zones 10 et 12, les sédiments sont possiblement remis en circulation par les courants. La zone 10 correspond à un secteur de largage des sédiments issus des dragages du port et la zone 12 à une zone d'accumulation naturelle à proximité des îles de Carignan et Valdor.

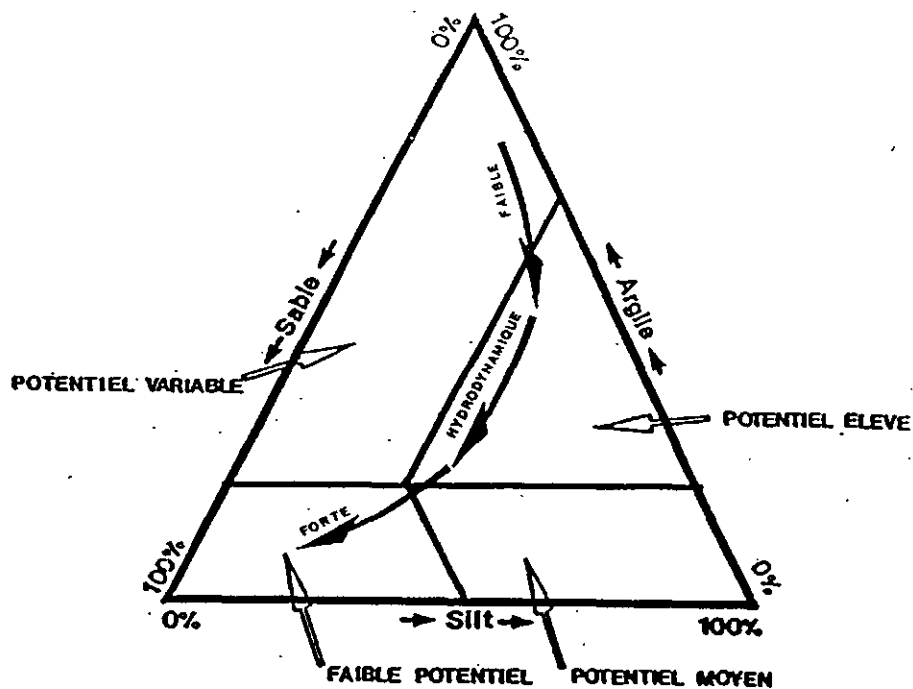


Figure VII: Diagramme "ENO" et relation hydrodynamique.

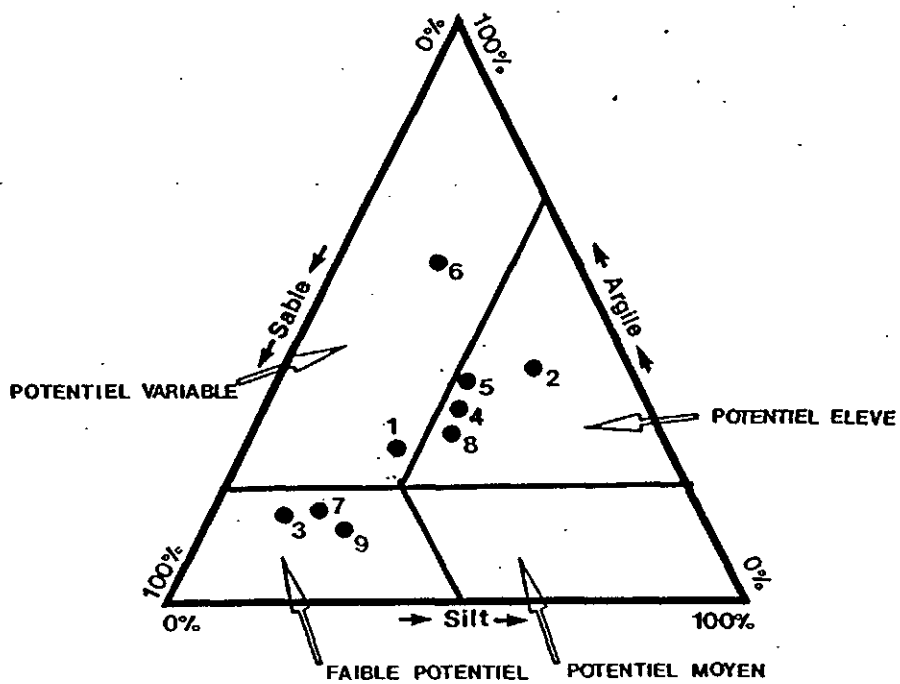


Figure VIII: Diagramme ENO des sédiments du port de Montréal.

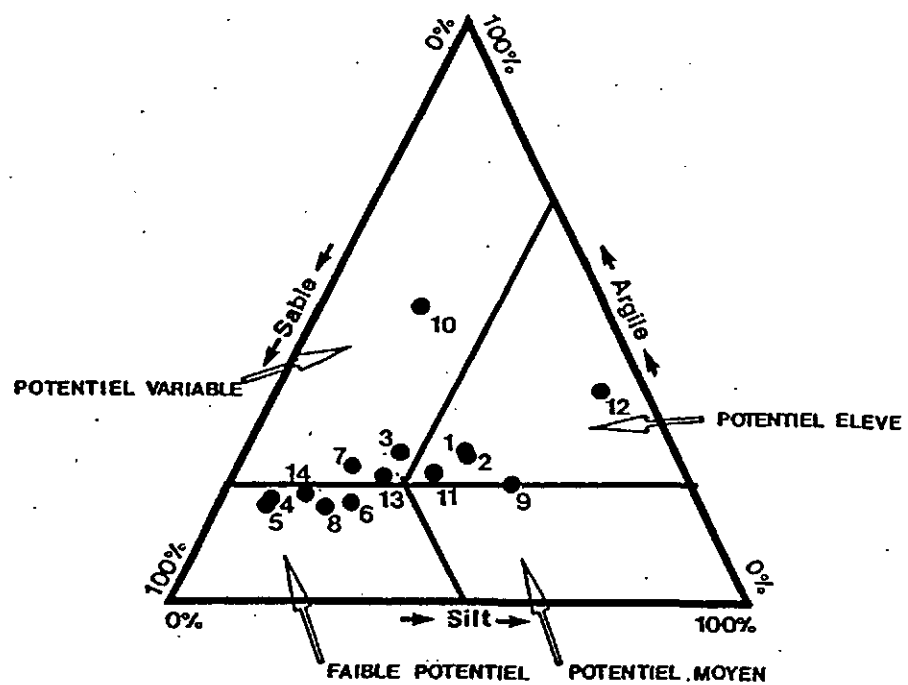


Figure IX : Diagramme ENO des sédiments du port de Trois-Rivières.

Critère de restauration

Pour chaque secteur, les indices de qualité calculés et l'hydrodynamique ont permis d'identifier des zones où les sédiments contiennent le plus de contaminants susceptibles de nuire à la vie des organismes aquatiques. Toutefois, les zones ainsi identifiées représentent dans plusieurs cas d'importantes superficies ($Q_1 = 520,000 \text{ m}^2$). Il serait utopique de vouloir réaliser une restauration sur de telles superficies. Il devient donc essentiel de définir des critères de restauration qui permettront de circonscrire les volumes de sédiments qu'il est requis de restaurer afin d'améliorer sensiblement la qualité des fonds.

Les critères de restauration doivent posséder deux limites, l'une supérieure qui permet de donner le signal pour élaborer des scénarios d'intervention et l'autre inférieure indiquant les niveaux visés par une éventuelle restauration.

Limite inférieure (LI)

Cette limite définit les niveaux inférieures visés par la restauration. Ces niveaux se situent un peu au-dessus des teneurs médianes des sédiments de surface du Fleuve-St-Laurent (Sérodès, 1978; Duval, 1978) et respectent les critères de qualité pour le rejet en eau libre de Vigneault (1978). Ainsi, au-dessous de cette limite, la vie aquatique ne devrait pas être affectée de façon marquée par la qualité des sédiments.

* Cu, Zn, Pb, Cr, As, COT et H&G

Pour ces paramètres la limite inférieure "LI" correspond aux niveaux supérieurs des critères de qualité pour le rejet des sédiments en eau libre de Vigneault.

* Cd et Hg

Pour ces paramètres les critères de Vigneault semblent trop permissifs. La limite "LI" fut établie juste au-dessus du niveau "Lowest Effet" des critères de qualité du MEO et correspond pour le Hg à la médiane maximale mesurée par Sérodès dans les sédiments de surface du St-Laurent.

* BPC

La limite LI pour les BPC est égale au niveau "Lowest Effet" du MEO.

* HAP (Low) et HAP (high)

Les niveaux retenus sont en accord avec les critères de rejet en mer établis par Environnement Canada dans la région du Pacifique et Yukon.

Limite Supérieure (LS)

Cette limite tient compte de la résistance des organismes aquatiques à différents paramètres chimiques. Elle se situe généralement au-dessous de la limite de tolérance définie par le MEO. Au-dessus de cette limite, il devra y avoir élaboration de scénarios d'intervention.

* Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Hg, As et COT

Les limites supérieures (LS) de ces paramètres se situent à mi-chemin (50%) entre la limite inférieure (LI) et la limite de tolérance (LT) des critères de qualité du MEO.

* BPC

La limite LS fut calculée comme pour les paramètres inorganiques mais la limite de tolérance utilisée est celle du "EPA" Chronic Marine Threshold" de Balton et al, 1985.

* HAP et H&G

Les limites supérieures (LS) des HAP correspondent au "Lowest Apparent Effects Threshold" du Washington Department of Ecology (1988) tandis que la limite LS des H&G correspond au "Recommended Limit value for classification of freshwater and dredged sediments" du Netherlands (1989).

La liste de ces critères de restauration et des critères de qualité ayant servi à leur élaboration est présentée au tableau V.

**Justification des secteurs
retenus pour les plans d'intervention**

Suite à l'évaluation de la qualité des sédiments et à l'examen de l'hydrodynamisme des zones caractérisées dans les trois ports fédéraux (Québec, Trois-Rivières et Montréal), il est intéressant de représenter ces informations et d'y appliquer les critères de restauration.

La figure X présente le graphique du degré de contamination des sédiments en fonction de la quantité de matériel fin dans ces mêmes sédiments. Le degré de contamination est calculé à l'aide des indices organiques et inorganiques et permet d'accentuer l'écart numérique entre les zones à faible contamination et celles ayant de fortes contaminations.

$$DC = II * IO$$

La quantité du matériel fin est représentée par le pourcentage de silt et d'argile dans le sédiment.

Les zones: M1 - Bassin; Bickerdike
M2 - Quai Jacques-Cartier;
M4 - Miron;
M5 - M1 Vickers;
M6 - Tunnel Hippolyte Lafontaine;
M8 - Pétrolières

sont très contaminées et possèdent une forte proportion de matériaux fins. Ces zones doivent faire l'objet de scénarios d'intervention le plus rapidement possible.

Les zones: Q1 - Estuaire de la rivière St-Charles;
Q2 - Bassin Louise (intérieur et extérieur)

doivent également faire l'objet de scénarios d'intervention. Bien que le degré de contamination soit moins élevé que les zones citées précédemment, il demeure que certains secteurs de ces zones sont très contaminés en Zn, HAP, BPC, etc.

Les zones: M3 - courant Ste-Marie;
M7 - Promenade Bellerive

possèdent un fort degré de contamination. Toutefois la faible quantité de particules fines (< 32%) indique une hydrodynamique vraisemblablement plus forte que les autres zones. Ainsi il pourrait être très hasardeux d'effectuer une intervention dans ces zones en raison du danger de remise en suspension des sédiments et de la faible quantité de matériel à restaurer.

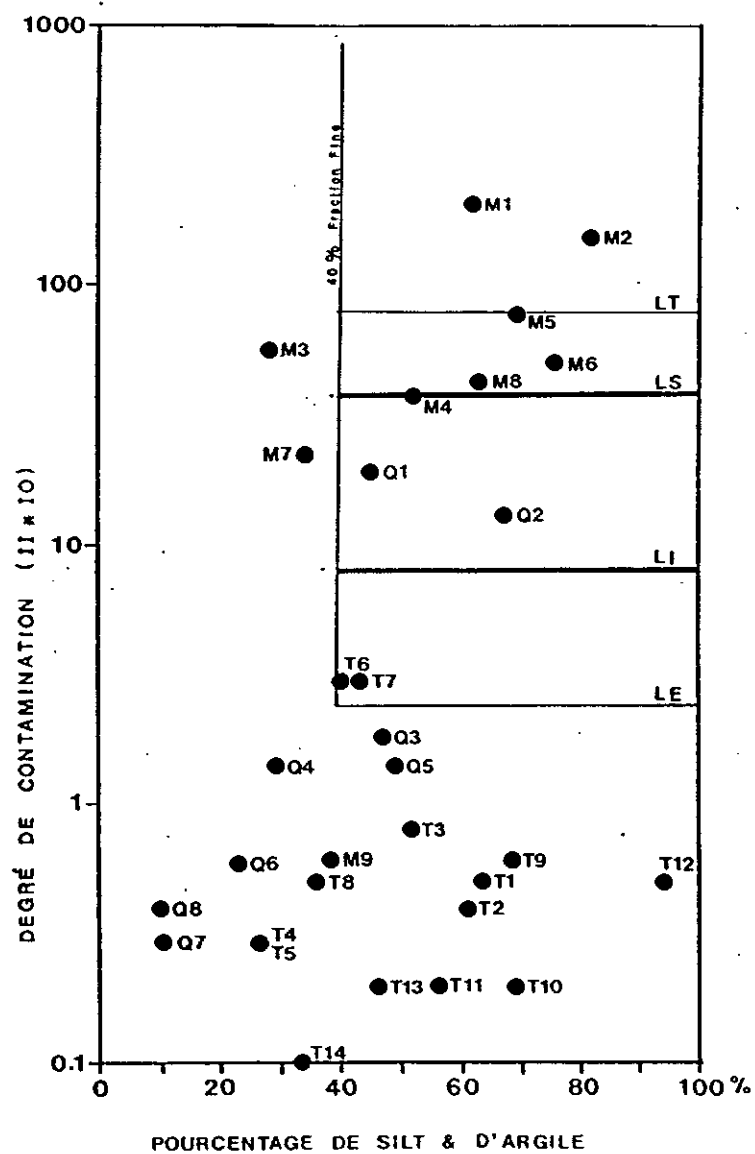


Figure X: Relation entre la fraction fine et la contamination dans les ports fédéraux.

Les zones: T6 - Île St-Quentin;
T7 - Trois-Rivières

sont peu contaminées. Toutefois il est important de vérifier ces secteurs par quelques carottages de sédiments afin de certifier que la contamination n'est pas plus importante en profondeur. Ainsi une caractérisation additionnelle doit être entreprise.

Les zones: T10 - Pointe Lottinville;
T12 - Ste-Angèle-de-Laval

sont particulières pour leurs fortes quantités de matières fines: silt et argile (figure IX). Ces zones doivent faire l'objet d'une caractérisation additionnelle en profondeur surtout que la zone T10 reçoit les sédiments de la rivière St-Maurice et que la zone T12 est un secteur de largage de sédiments provenant des dragages du port de Trois-Rivières.

Outre les zones Q1 et Q2 du port de Québec, il faut souligner que la Marina de Sillery située juste à l'ouest de la gare maritime Champlain montre une augmentation de la contamination en profondeur (tableau VI). Cette zone est donc retenue pour une caractérisation additionnelle.

Tableau VI - Sédiments de la Marina de Sillery

Echantillon	II	IO	DC	Profondeur
30 - 1.1	1.9	0.8	1.5	1 - 5 cm
30 - 1.2	2.4	2.0	4.8	20 - 50 cm
30 - 1.3	5.7	2.0	11.4	50 - 80 cm

Conclusion

Suite à la caractérisation des sédiments aquatiques des ports de Québec, Trois-Rivières et Montréal, il apparaît que plusieurs zones sont fortement contaminées (zones M1, M2, M4, M5, M6, M8, Q1 et Q2) et qu'elles doivent faire l'objet de l'élaboration de plans d'intervention. Ceci s'inscrit à la phase III du volet Restauration du Plan d'Action St-Laurent.

Il est aussi évident que quelques zones (T6, T7, T10, T12 et la Marina de Sillery) doivent subir une caractérisation additionnelle afin de vérifier la présence ou l'absence de contaminants en profondeur.

Soulignons enfin que les critères utilisés pour juger de la qualité des sédiments ne sont pas des normes et seront réévalués dans le cadre des activités du CSL. Lorsque ces critères seront disponibles, nous serons en mesure d'ajuster nos plans d'intervention en conséquence.

RÉFÉRENCES

- Barbeau, C., Gougie, R. et Côté, J.E. - 1981. Variations spatiales et temporelles du "CS-137" et du carbone dans des sédiments du fond du Saguenay. *Journal Canadien des sciences de la Terre*, vol. 18; pp. 1004-1011
- ③ Bolton S.H., Breteler R. J., Vigon R. W. Scanlon J.A et Clark S.L. - 1985 - National perspective on sediment quality. Prepared for the Union States Environmental Protection Agency, Washington, District of Columbia, 194 pp.
- Champoux L. et Sloterdijk H. - 1988. Étude de la qualité des sédiments du Lac St-Louis 1984-1985, rapport technique no. 1. *Géochimie et contamination*, Direction des eaux intérieures, Environnement Canada
- ④ Chapman P. M. - 1986. Sediment quality criteria from the sediment quality triad: An example. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 5: 957-964
- Chauvin, C. - 1990. Caractérisation de la qualité des sédiments du Port de Montréal réalisé par Environnement Illimité Inc. Environnement Canada, Conservation et Protection, 95 pp.
- ① Duval Y. - 1978. Rapport d'étude sur le tronçon en aval de Montmagny. Volume 4. Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, pp.558-586.
- Frenette, M., Barbeau, C. et Frenette, R. - 1990. Fleuve Saint-Laurent, priorisation et caractérisation des fonds contaminés. Hydrotech Inc. pour Environnement Canada, 46 pp.
- Frenette, M., Barbeau, C. et Verrette, J.-Ls - 1989. Aspects quantitatifs, dynamiques et qualitatifs des sédiments du Saint-Laurent. Hydrotech Inc. pour Environnement Canada et Environnement Québec 185 pp.
- Gilbert, L. et Baribeau L. - 1990. Caractérisation de la Qualité des sédiments du Port de Trois-Rivières réalisé par G.D.G. Environnement Ltée, Environnement Canada, Conservation et Protection, 104 pp.
- Menviq - 1988. Critères indicatifs de la contamination des sols et de l'eau souterraine, dans la politique de réhabilitation des terrains contaminés. Ministère de l'Environnement du Québec.

● Netlerlands - 1989. Recommended value for the classification of freshwater and dredged sediments.

● Pacific and Yukon - 1990. Interim Contaminant Testing Guidelines for Ocean Disposal, Environmental Protection, British, Columbia, File 4540-1

Pelletier, M. et Beaumier, M. (en préparation) Modèle de dispersion ioniques dans les dépôts d'argile glaciolacustre. Ministère Énergie et Ressources du Québec.

● Persaud D., Jaagumagi R. et Hayton A. Février 1990 - Provincial Sediment Quality Guidelines (Draft projet) Ontario Ministry of the Environmental, 21 pp.

Procéan - 1990. Caractérisation de la Qualité des Sédiments du Port de Québec réalisé par Procéan, Environnement Canada, Conservation et Protection, 114 pp. (Confidentiel)

● Sérodes J.B. - 1978. Qualité des sédiments de fond du Fleuve Saint-Laurent entre Carwall et Montmagny. Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent. Rapport Technique 15, 139 pp.

● Vigneault Y. - 1978. Plan d'utilisation des matériaux dragués dans le fleuve Saint-Laurent. Comité d'étude sur le fleuve, annexe No:6, 176 pp.

● Washington Departement of Ecology - 1988. Sediment Quality Standards, Olympia, Washington

