

3602846G

DESCRIPTION DES MELANGES

Réalisé par le maître d'oeuvre et ses collaborateurs pour le
comité Saint-Laurent.

SPEQ
Atmospheric Environment Service

Participants:

Recherche et rédaction : Denise Malo, assistée de Robert Séguin

Réalisation technique : R. Boucher
C. Groleau
J. Paré
R. Séguin
A. Vallières

Laboratoire : Guy Longpré en collaboration avec
l'équipe du laboratoire

Coordination : Jean Béland



31 mars 1976

TD
227
S3
D48

ERRATA

- Les pages 126 et 127 sont inversées
- page 24: on devra lire: "En bordure de la rive sud de l'île Perrot..."
- page couverture: date de parution
31 mars 1976
- page 61: conductivité ($\mu\text{mhos/cm}$)
- page 93: unité des phénols ($\mu\text{g/l}$)

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier chacune des personnes ayant travaillé à la réalisation de ces projets. Nous soulignons particulièrement le travail de monsieur Guy Longpré et de son équipe technique et la collaboration de l'équipe assignée à l'étude du fleuve. Nous remercions aussi mademoiselle Françoise Massicotte, mesdames Madeleine Gauthier et Lisette Vallières pour le travail de secrétariat et monsieur Claude Lavigne et ses adjoints pour leur fonction au Centre de traitement électronique des données.

AVANT-PROPOS

Les devis techniques (1975) suggéraient quatre (4) études distinctes dont le but était de caractériser le mélange des eaux en considérant des sources, des conditions et des techniques différentes. Vu le caractère analogue des objectifs, nous avons réuni ces études sous le thème: "Description des mélanges".

Cependant, compte tenu de la disparité des méthodes et des conditions, nous n'avons pas pu établir de liens directs entre les quatre (4) études.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Remerciements	II
Avant-propos	III
1 Introduction	1
2 Relevés	2
2.1 Zone d'étude	2
2.2 Programme	3
2.2.1 Carte isoparamétrique de la conductivité	3
2.2.2 Variation des aires de propagation	3
2.2.3 Aires de propagation des effluents	5
2.2.3.1 Effluents urbains de Montréal	5
2.2.3.2 Effluents industriels de Sorel	10
2.2.4 Thermographie	10
3 Méthodologie	13
3.1 Procédure d'opération	13
3.2 Techniques d'analyse	16
4 Description des mélanges	17
4.1 Caractérisation du mélange des eaux	17
4.1.1 Carte isoparamétrique de la conductivité	17
4.1.2 Variabilité temporelle des contacts des différents types d'eau	23
4.1.3 Variabilité spatiale et temporelle de la qualité physique et chimique de l'eau aux sections transversales	55
4.1.4 Discussion	59

4.2	Caractérisation du mélange des effluents de la région de Montréal	62
4.2.1	Caractérisation physique du mélange	62
4.2.2	Caractérisation chimique du mélange	78
4.2.2.1	Etude de la DCO	78
4.2.2.2	Etude de l'azote	90
4.2.2.3	Etude des phénols	102
4.2.3	Discussion	104
4.3	Etude des effluents de Sorel	109
4.3.1	Aire de propagation des effluents de Sorel	109
4.3.2	Qualité des effluents	110
4.3.3	Discussion	114
4.4	Thermographie	125
4.4.1	Traitement des données et méthode d'analyse	125
4.4.2	Etude du fleuve de Cornwall à Québec	125
4.4.3	Etude de l'estuaire	132
5	Conclusions	140
6	Recommandations	144
	Bibliographie	146
	Annexe I: Méthodes analytiques	148
	Annexe II: Tests statistiques	161
	Annexe III: Résultats des analyses suivantes: pH, turbidité, sulfates, cuivre, zinc, fer	168

LISTE DES FIGURES

<u>FIGURE NO</u>		<u>Page</u>
1 a,b	Etude des effluents de Montréal - Localisation des sections	6-7
2	Etude des effluents de Sorel - Localisation des sections	11
3	Carte isoparamétrique de la conductivité dans le lac Saint-Louis	18
4	Carte isoparamétrique de la conductivité dans le lac Saint-Louis et le bassin La Prairie	19
5	Variations des aires de propagation des types d'eau dans le lac Saint-Louis - Section 1A	25
6	Variations des aires de propagation des types d'eau dans le lac Saint-Louis - Section 1B	26
7	Variations des aires de propagation des types d'eau dans la région de Tracy - Section 2	27
8	Variations des aires de propagation des types d'eau dans le lac Saint-Pierre - Section 3	28
9	Variation des aires de propagation des types d'eau à Leclercville - Section 4	29
10a,b	Carte isoparamétrique: conductivité Echantillonnage de juin 1975	72-73
11a,b	Carte isoparamétrique: conductivité Echantillonnage d'août 1975	74-75
12a,b	Carte isoparamétrique: conductivité Echantillonnage de septembre 1975	76-77
13a,b	Carte isoparamétrique: DCO Echantillonnage de juin 1975	83-84
14a,b	Carte isoparamétrique: DCO Echantillonnage d'août 1975	85-86
15a,b	Carte isoparamétrique: DCO Echantillonnage de septembre 1975	87-88
16	Qualité de l'eau en relation avec la DCO	89
17a,b	Carte isoparamétrique: azote total Kjeldahl Echantillonnage de juin 1975	96-97

LISTE DES FIGURES (suite)

<u>FIGURE NO</u>		<u>Page</u>
18a,b	Carte isoparamétrique: azote total Kjeldahl Echantillonnage d'août 1975	98-99
19a,b	Carte isoparamétrique: azote total Kjeldahl Echantillonnage de septembre 1975	100-101
20a,b	Distribution des substances phénoliques - Echantillonnage d'août 1975	105-106
21a,b	Distribution des substances phénoliques - Echantillonnage de septembre 1975	107-108
22a	Variation du pH dans la région de Sorel - Echantillonnage de juin 1975	115
22b	Variation de pH dans la région de Sorel - Echantillonnage d'août 1975	116
23a	Carte isoparamétrique de la conductivité dans la région de Sorel - Echantillonnage de juin 1975.	117
23b	Carte isoparamétrique de la conductivité dans la région de Sorel - Echantillonnage d'août 1975.	118
24a	Variation de la turbidité dans la région de Sorel - Echantillonnage de juin 1975	119
24b	Variation de la turbidité dans la région de Sorel - Echantillonnage d'août 1975	120
25a	Distribution des sulfates dans la région de Sorel - Echantillonnage de juin 1975	121
25b	Distribution des sulfates dans la région de Sorel - Echantillonnage d'août 1975	122
26a	Distribution du fer (forme totale) dans la région de Sorel - Echantillonnage de juin 1975	123
26b	Distribution du fer (forme totale) dans la région De Sorel - Echantillonnage d'août 1975	124
27a,b	Relevé thermographique du 3 juin 1975 - Cornwall à Québec	134-135

LISTE DES FIGURES (suite)

<u>FIGURE NO</u>		<u>Page</u>
28 a,b	Relevé thermographique du 21 octobre 1975 - Montréal à Trois-Rivières	136-137
29	Relevé thermographique du 29 juillet 1975 - Estuaire du Saint-Laurent	138
30	Relevé thermographique du 23 octobre 1975 - Estuaire du Saint-Laurent	139

LISTE DES TABLEAUX

<u>TABLEAU NO</u>		<u>Page</u>
1	Description des sections transversales	4
2	Localisation et description sommaire des sections dans la région de Montréal	8
3	Localisation des stations dans la région de Sorel	12
4	Variations des débits du fleuve, de la rivière des Outaouais et de la sortie du lac des Deux Montagnes pendant la période d'échantillonnage	21
5	Variation des aires de propagation	34
6	Relation entre les débits et les limites des différents types d'eau aux sections transversales	45
7a	Variabilité spatiale des paramètres: variation saisonnière des aires de propagation	57
7b	Variabilité temporelle des paramètres: variation saisonnière des aires de propagation	57
7c	Variabilité spatiale des paramètres: variation journalière des aires de propagation	58
7d	Variabilité temporelle des paramètres: variation journalière des aires de propagation	58
8	Variation de la conductivité dans les eaux des tributaires	61
9	Description des émissaires localisés dans la région du port de Montréal	63
10	Effluents industriels localisés dans la région du port de Montréal	65
11	Débits du fleuve et des tributaires dans la région de Montréal	68

1. Introduction

La description du mélange des différents types d'eau dans le fleuve Saint-Laurent regroupe les études sectorielles suivantes: carte isoparamétrique, variation des aires de propagation, aire de propagation des effluents et thermographie. La première étude est un complément à la carte isoparamétrique de la conductivité produite en 1973-74. La région à l'étude s'étend de Beauharnois à Montréal. Dans le deuxième projet, nous tenterons d'évaluer la variation spatiale des différents types d'eau proposés par la carte isoparamétrique, le long de cinq sections localisées entre Beauharnois et Québec. La troisième a pour objectif de délimiter les aires de propagation de sources ponctuelles importantes: les effluents urbains de la région de Montréal et les effluents industriels de la région de Sorel. Finalement, l'étude thermographique nous permettra de visualiser le mélange des eaux des tributaires dans le fleuve et des eaux douces du fleuve aux contacts des eaux salines dans l'estuaire.

2. Relevés

Ce chapitre comprend la délimitation de la zone étudiée et une description sommaire du programme d'échantillonnage.

2.1 Zone d'étude

L'ensemble des études sectorielles couvre la région comprise entre Beauharnois et l'île du Bic. Nous pouvons subdiviser ce territoire selon les différents projets de la manière suivante:

- a) Complément à la carte isoparamétrique: région couvrant le lac Saint-Louis et le Bassin La Prairie.
- b) Variation des aires de propagation: 5 sections transversales localisées au lac Saint-Louis, à Tracy, au lac Saint-Pierre et à Leclercville (Tableau 1).
- c) Aire de propagation des effluents: région de Montréal, entre la cité du Havre et Répigny; région de Sorel, entre la centrale thermique de Tracy et l'entrée du lac saint-Pierre.
- d) Thermographie: région comprise entre Beauharnois et l'île du Bic, incluant le lac des Deux Montagnes.

Le programme comprend la localisation des stations d'échantillonnage, l'énumération des paramètres mesurés et le calendrier d'opération.

2.2.1 Carte isoparamétrique de la conductivité

Le plan d'échantillonnage comprend quarante sections réparties uniformément entre Beauharnois et l'île Sainte-Hélène. Le nombre d'échantillons varie selon la longueur des sections. Ces derniers sont prélevés à une profondeur de un pied, à intervalle régulier le long des sections. Le seul paramètre considéré est la conductivité. L'échantillonnage a eu lieu au mois de juillet.

2.2.2 Variation des aires de propagation

Pour ce projet cinq sections transversales furent déterminées (Tableau 1). Les stations furent prévues à intervalle régulier le long des sections (aux 300 pieds environ). Seuls des échantillons de surface furent prélevés.

Les paramètres à l'étude sont la conductivité, la turbidité, l'azote Kjeldahl, le phosphore total et la DCO; les éléments nutritifs et la DCO ne furent analysés que sous la forme dissoute.

TABLEAU 1

Description des sections transversales

SECTION	LOCALISATION	LONGUEUR (pieds)	MILLAGE	Nombre approximatif de stations
1 A	Lac Saint-Louis - Section reliant la pointe Saint-Louis (à l'embouchure de la rivière Saint-Louis) et le phare situé à environ 2,000 pieds de l'église de Pointe Fortier sur l'île Perrot.	11,600	133.55	40
1 B	Lac Saint-Louis - Section reliant l'île Saint-Bernard et la pointe de Valois, passant par la bouée 78 S.	13,400	141.33	45
2	Tracy - Section reliant les 2 rives à environ 1,000 pieds en aval de la centrale d'énergie de Tracy, passant par la bouée FIWA.	4,100	200	15
3	Lac Saint-Pierre - Section reliant Longue Pointe (au niveau du triangle) et Pointe Yamachiche (au niveau du triangle).	35,250	226.07	90
4	Leclercville - Section reliant la pointe des Grondines à Cap Charles	5,600	270.0	20

Le programme comprend 2 parties:

- 1- Un échantillonnage journalier de chacune des sections sur une période de 7 jours consécutifs.
- 2- Un échantillonnage mensuel de chacune des sections.

La période d'échantillonnage s'étend de juin à novembre inclusivement.

2.2.3 Aires de Propagation des effluents

2.2.3.1 Effluents urbains de Montréal

Vingt-neuf sections furent déterminées entre la cité du Havre et Repentigny et au confluent des rivières des Prairies et des Mille-Iles (Figure 1, Tableau 2). Ces sections ne couvrent pas nécessairement toute la largeur du cours d'eau. Les échantillons sont prélevés en surface, à intervalle régulier le long de chacune des sections (au 150 pieds environ).

Les paramètres considérés sont la conductivité, l'azote Kjeldahl et la DCO sous forme dissoute et les phénols. Les trois premiers paramètres furent sélectionnés suite aux conclusions du rapport "Qualité des Eaux" (Béland, 1974). Ces paramètres seraient en effet stables dans le temps (variations inférieures à 10% dans le temps).

Trois sessions d'échantillonnage furent prévues du mois de juin au mois de septembre. Chaque session s'étend sur une semaine environ.

ETUDE DES EFFLUENTS (1975)

LOCALISATION DES SECTIONS

LEGENDE

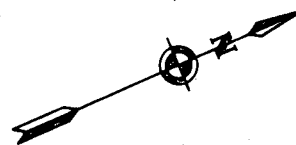
Limite de l'étude - - - - -

Sections ——— 1 - 8

Egouts combines Δ 1-57

Egout pluvial ◆

Effluents industriels ▲ A-L



ECHELLE

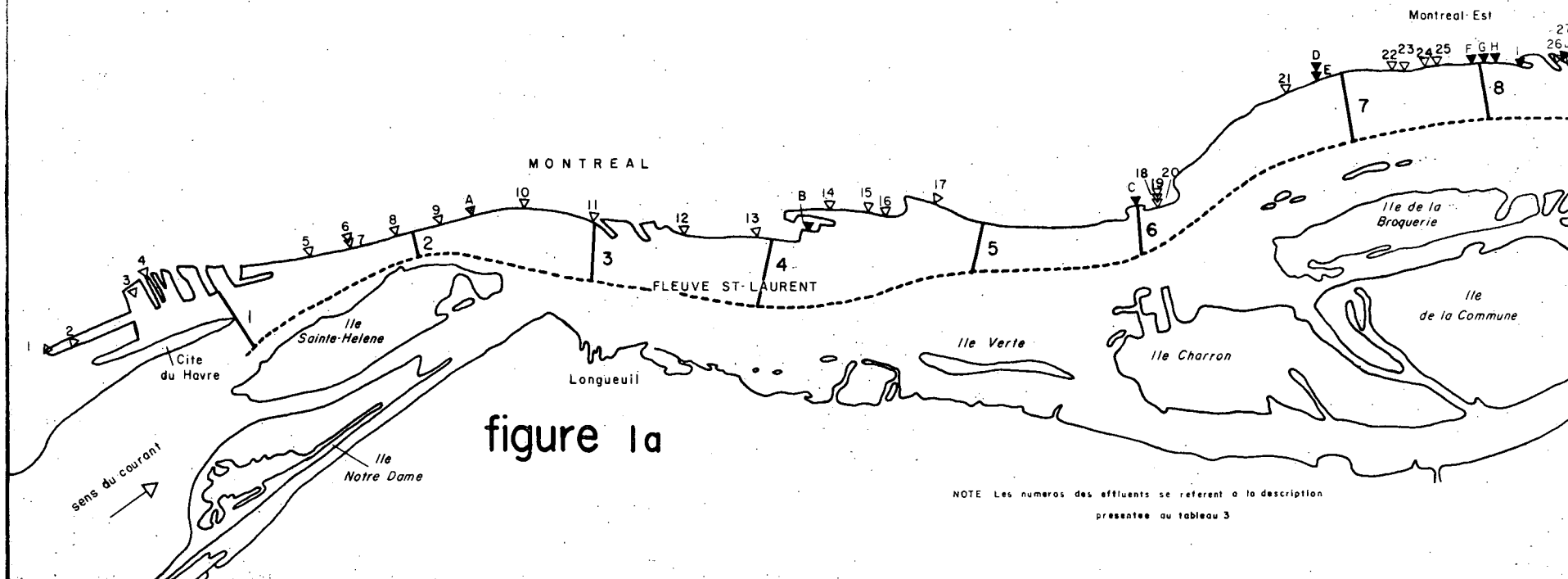
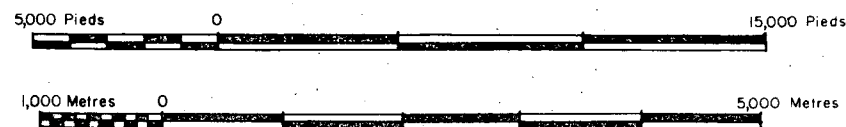


figure 1a

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

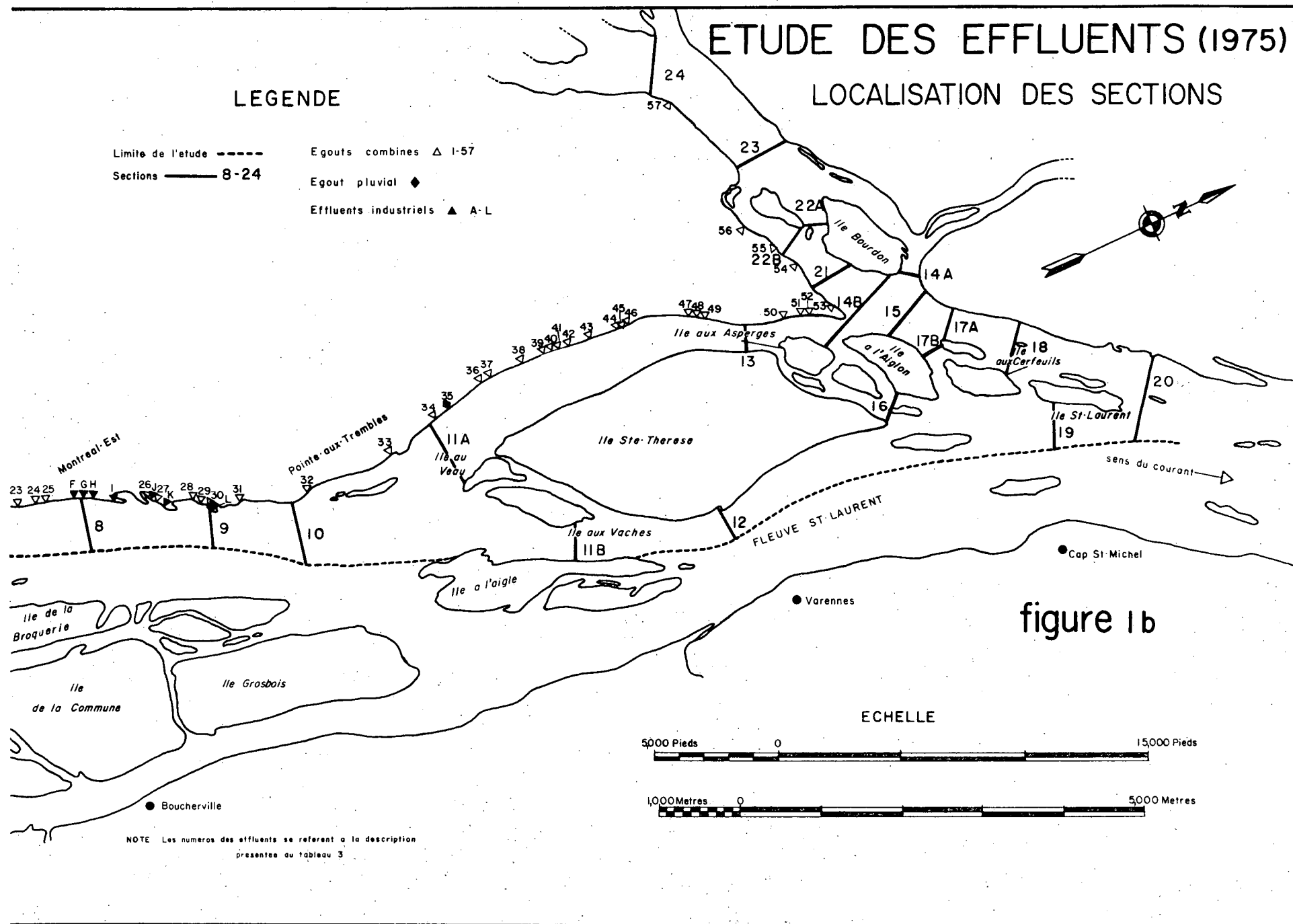


TABLEAU 2

Localisation et description sommaire des
sections dans la région de Montréal

SECTION	LONGUEUR (pieds)	MILLAGE	nombre approximatif D'ECHANTILLONS
1	1650	160.9	11
2	625	162.2	5
3	1680	163.1	11
4	1500	164.1	10
5	1200	165.5	8
6	1300	166.8	8
7	2000	168.0	13
8	2000	168.8	13
9	1400	169.9	10
10	2100	170.5	13
11 A	2600	172.0	17
11 B	1400	171.9	10
12	1200	173.8	7
13 A	1900	173.2	12
13 B	1000	174.5	7
14 A	700	175.9	5
14 B	4000	175.5	27
15	2300	175.2	19
16	1100	175.3	11

TABLEAU 2 (suite)

SECTION	LONGUEUR (pieds)	MILLAGE	Nombre approximatif D'ECHANTILLONS
17 A	1300	176.0	15
17 B	900	175.8	8
18	2100	176.5	15
19	2200	176.6	9
20	3200	177.2	25
21	1600	174.6	13
22 A	1000	175.4	7
22 B	1000	175.1	7
23	2100	174.3	18
24	2200	174.7	13

2.2.3.2 Effluents industriels de Sorel

Nous comptons de 11 à 14 sections selon la session d'échantillonnage, situées entre la centrale thermique de Tracy et l'entrée du lac Saint-Pierre (Figure 2, Tableau 3).

Pour l'étude de ces effluents, nous avons déterminé le pH, la turbidité, la conductivité, le fer, le zinc, le cuivre, le chrome, les sulfates et la DCO sous forme dissoute. Les métaux furent analysés sous la forme totale. A ces paramètres, nous avons ajouté les tests de fertilité afin d'évaluer la toxicité de ces effluents¹. Ceci requiert l'analyse des éléments nutritifs, azote et phosphore sous forme dissoute et totale.

Nous comptons 5 sessions d'échantillonnage réparties de juin à novembre. Chaque période nécessite un ou deux jours de travail sur le terrain.

2.2.4 Thermographie

Une première étude fut effectuée entre Cornwall et Québec le 3 juin 1975. Toutes les étapes de l'étude, préparation, opération en vol, traitement et analyse des données, ont été réalisés par le "Atmospheric Environment Service". 72 sections furent déterminées à intervalle régulier le long du fleuve.

¹ Consulter les rapports suivants: E. Keighan, P. Couture (1976) Caractérisation de la qualité des eaux du fleuve St-Laurent à l'aide d'un test biologique (potentiel de fertilité), Colloque sur le fleuve St-Laurent, 10-11 mars.

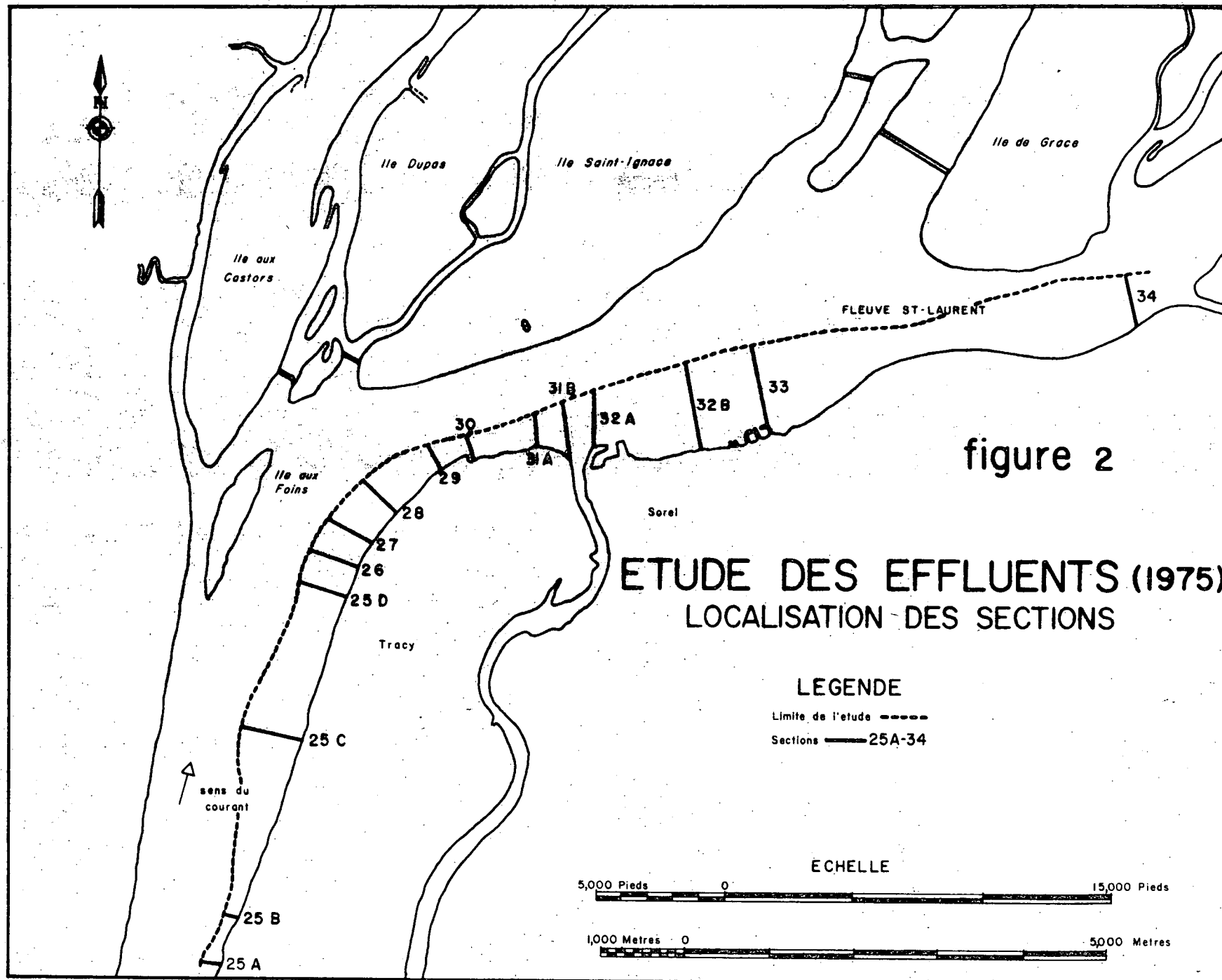


TABLEAU 3

Localisation des stations dans la région de Sorel

SECTION	MILLAGE	SESSION D'ECHANTILLONNAGE					REPARTITION DES TESTS DE FERTILITE SELON LES SES- SIONS D'ECHANTILLONNAGE				
							A	B	C	D	E
25 A	199.7			C	D	E			X		X
25 B	200.0			C	D	E			X		X
25 C	201.4			C							
25 D	202.5	A	B	C			X	X			
26	202.8	A	B	C	D	E	X	X			X
27	203.2	A	B	C	D	E	X	X			X
28	203.5	A		C		E	X				X
	203.9		B		D	E		X			X
29	204.0	A	B	C	D		X	X			
30	204.4	A	B	C	D			X			
31 A	204.8	A		C							
31 B	205.1		B	C	D	E	X	X			X
32 A	205.3	A	B	C		E		X			X
32 B	206.0			C							
33	206.5	A		C	D	E	X				X
	207.9				D	E					X
34	209.4	A		C			X				
35	212.5	A	B				X	X			
	213.9				D						
Richelieu	0.2		B		D	E		X			X

Deux autres relevés ont été effectués par nos services, les 29 et 30 juillet et les 21 et 23 octobre 1975. La zone à l'étude s'étend maintenant de Montréal jusqu'en aval de la Rivière Saguenay et le relevé s'effectue sur deux jours.

Lors de ces vols, les sections furent concentrées au dessus des lacs Saint-Louis et Saint-Pierre. Pour l'étude de juillet, les sections dans l'estuaire, (en aval de Québec), sont prévues à intervalle régulier, distantes de 5 milles environ. La dernière relie un point de la rive sud à l'est de Trois-Pistoles au quai des Escoumins sur la rive nord.

Pour la passe du mois d'octobre très peu de modifications sont apportées au tronçon Montréal - Québec. On prolonge l'étude de l'estuaire jusqu'à l'île du Bic et on augmente le nombre de sections dans la région de l'île aux Coudres.

3. Méthodologie

3.1 Procédure d'opération

La procédure d'opération varie d'un projet à l'autre. Pour l'établissement de la carte isoparamétrique, l'étude de la variation des aires de propagation, l'étude des effluents de Montréal et Sorel (passe A et C), la méthodologie est la même. L'échantillonnage se fait en bateau selon le mode d'opération suivant:

- 1- Estimation du temps de parcours pour traverser le fleuve le long de la section considérée.

- 2- Détermination de la fréquence de l'échantillonnage de manière à obtenir le nombre voulu d'échantillons (soit 10, 20.....40 secondes).
- 3- Prélèvement de l'échantillon à un pied de profondeur.

L'échantillonnage des effluents de Sorel (passe A, B, D) s'est effectué en hélicoptère. Les effluents sont plus facilement repérables du haut des airs que sur l'eau. Il s'agissait alors de prélever des échantillons dans les cônes de déjection, plus quelques échantillons témoins à l'amont ou adjacents aux déversements.

Des deux méthodes d'échantillonnage utilisées, il semble que la deuxième soit la meilleure. Malgré le grand nombre d'échantillons prélevés suivant la première méthode, le nombre d'échantillons correspondant aux déversements mêmes est assez restreint vu l'étroitesse des cônes de déjection. Les aires de propagation peuvent facilement être établies à partir de photos aériennes et quelques échantillons prélevés directement dans les déversements suffisent à en déterminer la qualité.

Dans la plupart des cas le positionnement s'effectuait à l'aide de repères sur les rives et dans le fleuve. Pour l'étude de la variation des aires de propagation le positionnement s'est fait à l'aide d'un "Mini Ranger, mark II" à partir du mois de septembre.

Quelle que soit la procédure d'opération, les échantillons sont analysés dans les vingt-quatre heures suivant le prélèvement. Pendant cette période ils sont préservés à 4°C.

Pour l'étude thermographique nous utilisons un détecteur infra-rouge développé par la compagnie "BARNES ENGINEERING" relié à un enregistreur à ruban "HONEYWELL". Un transformateur assure l'alimentation en courant alternatif 60Hz, 115 volts, le tout est installé dans un bimoteur "BEECHCRAFT".

La tête de lecture du thermomètre a un cône de lecture de 3° et est sensible aux radiations comprises entre 9.5 et 11.5 microns de la bande infra-rouge. Elle lit sur une surface circulaire de 50 pieds de diamètre, à une altitude de 1000 pieds.

L'appareil établit continuellement une comparaison entre l'émission reçue de l'objectif visé et un "corps noir" maintenu à une température constante. On obtient de cette comparaison une courbe de voltage qui est enregistrée sur papier.

Le relevé s'effectue à une altitude de 1000 pieds au dessus de la zone visée, à une vitesse approximative de 160 m/h. La visibilité doit être excellente, il ne doit pas y avoir de brouillard ni de précipitations. Les vols doivent donc s'effectuer dans des conditions VFR (visual flight rules).

Lors de l'étude, l'opérateur doit noter les points de départ et d'arrivée de chaque section ainsi que tout phénomène survenant lors de la traversée (survol d'une île, passage d'un bateau, etc.). Il doit de plus effectuer certaines observations (température de l'air, couche de nuage) et faire certaines vérifications, ce qui rend nécessaire la présence d'une aide à la navigation qui a pour tâche de noter sur une carte de la région

les points de départ et d'arrivée des sections. Toutes ces observations permettent d'apporter les corrections nécessaires et de situer aussi précisément que possible les points de température choisis.

L'instrumentation requise est peu sophistiquée, l'opération en vol, le traitement et l'analyse des données sont simples et peu coûteux. Par contre, les températures ainsi obtenues se situent sur une bande relativement étroite d'eau, le long d'une section transversale (cercle d'un diamètre de 50 pieds). Nous avons eu l'occasion de constater qu'il devient parfois très aléatoire d'établir un isotherme entre deux points distants de 5 milles. Il serait alors souhaitable de coupler cette façon de procéder à un "infra-red scanner". Ce dernier permettrait de donner une meilleure répartition des masses d'eau et la méthode décrite permettrait d'obtenir des températures précises.

L'horaire et le nombre de sections pour chacune des passes apparaissent au tableau suivant:

Région	: Montréal-Québec	
Date	: juillet 1975	Octobre 1975
Nombre de sections	: 24	29
Région	: Estuaire	
Date	: juillet 1975	Octobre 1975
Nombre sections	: 26	32

3.2 Techniques d'analyse

La description des méthodes analytiques apparaît à l'annexe I.

4. Description des mélanges.

4.1 Caractérisation du mélange des eaux par la conductivité.

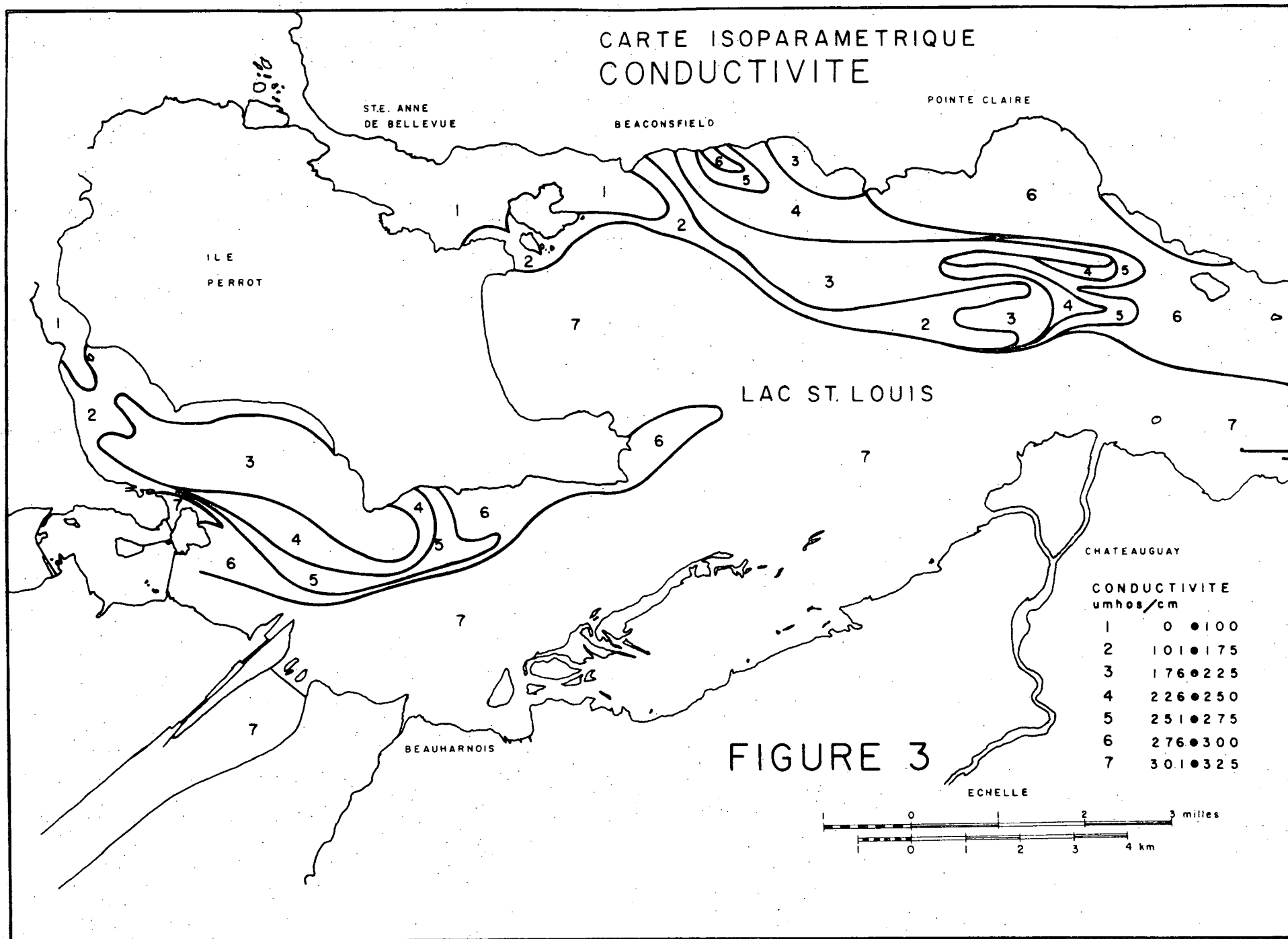
Cette étude est un complément à l'étude entreprise en 1973. Des cartes isoparamétriques furent alors élaborées dans le but de schématiser l'assimilation des tributaires dans le fleuve Saint-Laurent.

Cette année, cette étude fut reprise à deux niveaux: prolongement de la carte pour le secteur comprenant le lac Saint-Louis et le bassin La Prairie et vérification de la validité de ces cartes en considérant la variabilité temporelle des contacts établis.

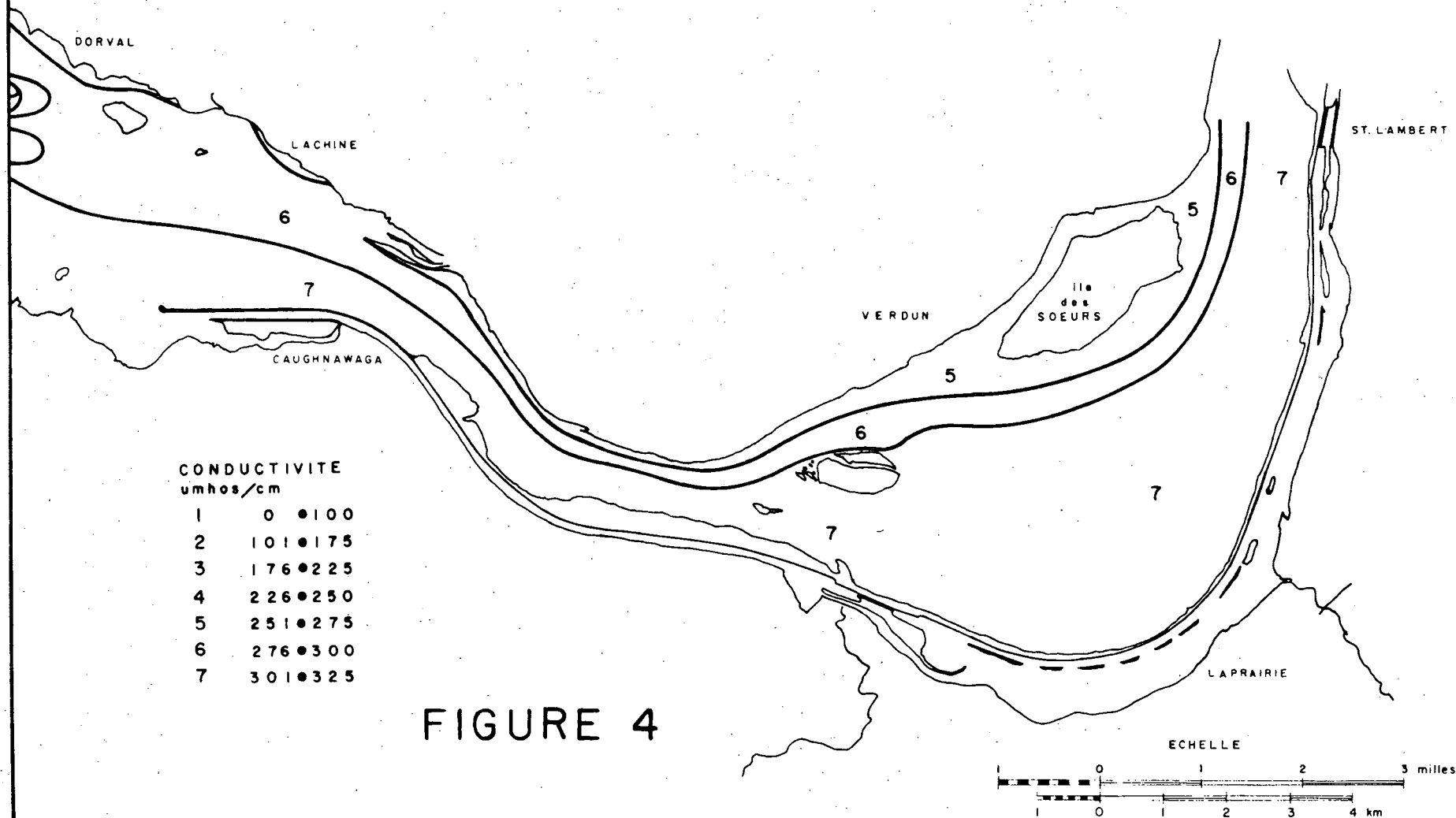
4.1.1 Carte isoparamétrique de la conductivité.

Les cartes isoparamétriques de la conductivité du lac St-Louis et du bassin Laprairie apparaissent aux Figures 3 et 4. On distingue trois zones dans le bassin La Prairie et sept zones dans le lac Saint-Louis. Les limites des différents types d'eau (Figures 3 et 4) furent déterminées arbitrairement dans les études antérieures (Béland, 1974).

La majorité du territoire étudié est occupé par les eaux du fleuve ($> 300 \text{ Umhos/cm}$). Les eaux de plus faible conductivité longent la rive nord.



CARTE ISOPARAMETRIQUE CONDUCTIVITE



La pénétration des eaux des Outaouais, via les canaux Sainte-Anne et Vaudreuil, a un impact remarquable dans le lac Saint-Louis. A la sortie du canal Vaudreuil le mélange des eaux des Outaouais et du fleuve est graduel. L'influence des eaux moins conductrices se fait sentir jusqu'à la pointe à Fourneau. A la sortie du canal Sainte-Anne, le phénomène est plus complexe. Les eaux de plus faible conductivité auraient tendance à se diriger vers le centre du lac. Le gradient est très prononcé de l'île Docker (Pointe du Domaine) jusqu'au niveau de la baie de Valois, où l'on note de fortes perturbations attribuables à la présence de chenaux profonds s'étendant de la voie maritime vers la rive nord. Ceci favoriserait le mélange rapide des différents types d'eau. Cette perturbation influence particulièrement la conductivité de la baie de Valois et de la rive sud de l'île de Montréal jusqu'à Beaconsfield.

L'impact de la rivière Châteauguay est réduit. La zone influencée s'étend de l'extrémité amont de l'île Saint-Bernard jusqu'à l'entrée du canal de la rive sud.

A la sortie du lac, deux types d'eau demeurent présents, tandis qu'au niveau du bassin La Prairie, on en dénombre trois. Cette dissonance pourrait

s'expliquer par les variations de débits au chenal Sainte-Anne (Tableau 4) pendant la période d'échantillonnage. Le débit à la sortie du lac des Deux Montagnes ayant sensiblement augmenté par rapport à celui du fleuve, l'influence des eaux moins conductrices des Outaouais est alors plus marquée.

TABLEAU 4

Variations des débits du fleuve, de la rivière des Outaouais et de la sortie du lac des Deux Montagnes pendant la période d'échantillonnage

(pcs)

<u>Endroit</u>	<u>Juillet 1975</u>				
	7	8	9	15	16
Carillon	45,300	51,000	37,700	51,000	29,600
Beauharnois	253,000	253,000	259,000	258,000	258,000
Les Cèdres	26,200	32,400	22,200	26,500	20,900
Chenal Vaudreuil	6,940	7,530	7,080	9,280	8,040
Chenal Sainte-Anne	12,400	13,400	12,600	16,400	14,300

Si nous considérons que le mélange des différents types d'eau suit une relation linéaire, nous obtenons les proportions de mélange suivantes:

Type d'eau Umhos/cm	Outaouais (80 Umhos/cm) %	Fleuve (305 Umhos/cm) %	Châteauguay (170 Umhos/cm) %
<100	100	-	
101 - 175	74	26	
176 - 225	47	53	
226 - 250	30	70	
251 - 275	19	81	
276 - 300	7	93	86
>300	-	100	14

Les eaux longeant l'île de Montréal du canal Lachine jusqu'à l'île Sainte-Hélène seraient le résultat d'un mélange de 80% et plus des eaux du fleuve et de 20% et moins des eaux des Outaouais puisqu'elles ont une conductivité variant entre 276 et 300 Umhos/cm.

4.1.2 Variabilité temporelle des contacts des différents types d'eau.

L'étendue des différents types d'eau tel que décrit dans "Etude de la Qualité des Eaux du Fleuve Saint-Laurent" (Béland, 1974) et à la section 4.1.1 varie considérablement dans le temps.

Les limites des différents types d'eau furent déterminées à l'aide des résultats des échantillonnages mensuels et journaliers (Tableau 5). Nous estimons que l'erreur est de ± 150 pieds. Les valeurs extrêmes furent déterminées à partir de tous les résultats disponibles; elles sont représentées par des flèches aux Figures 5 à 9. Celles-ci sont ordonnées de la façon suivante: l'ordre latéral (de gauche à droite) correspond à l'ordre vertical (du haut vers le bas) des différents types d'eau (traits pleins). Pour le positionnement des limites moyennes (traits pleins), nous avons considéré la moyenne des différents contacts pour l'échantillonnage journalier (soit 7 jours consécutifs) et les résultats de 5 échantillonnages mensuels.

Notons que chaque type d'eau n'est pas nécessairement représenté lors d'une session d'échantillonnage (Tableau 6). Les gradients sont parfois supérieurs aux limites prédéterminées. De plus, il peut y avoir permutation de certains types d'eau, notamment aux sections 1A, 1B et 4 (Tableau 6).

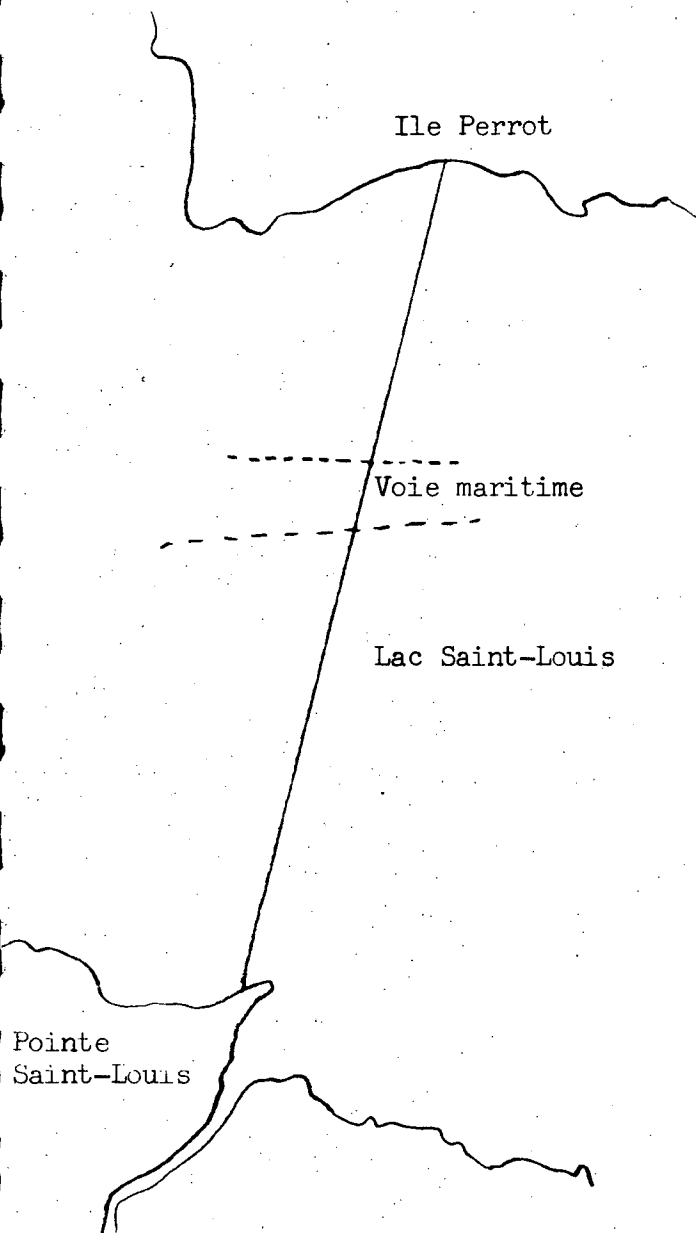
Au Tableau 5, nous avons évalué les proportions des eaux des affluents et des eaux du fleuve pour chaque subdivision. Ces rapports furent établis à partir des valeurs de conductivité suivantes:

Conductivité (Umhos/cm)			
Section	Affluents de la rive nord	Fleuve	Affluents de la rive sud
1A	80	305	
1B	80	305	170
2	80	305	
3	70	305	150
4	90	285	235

En bordure de la rive ^{sud} ~~nord~~ de l'île Perrot (section 1A), le mélange des eaux de la rivière des Outaouais et du fleuve Saint-Laurent peut être de 47% à 100%. Au niveau de la Pointe Saint-Louis, on remarque une zone de forte conductivité correspondant à des effluents industriels. En aval de la baie de Valois (section 1B) le long de la rive, le mélange varie de 74% à 19% (Outaouais / Saint-Laurent). A Tracy (section 2), l'eau longeant la rive nord correspond à un mélange de 74% des eaux des rivières des Prairies, des Mille-Iles et de l'Assomption. La rive sud est baignée par les eaux du fleuve Saint-Laurent. Au lac Saint-Pierre (section 3), les rives nord et sud sont respectivement baignées par les eaux des tributaires nord et sud. Vu la largeur du fleuve à cet endroit, le mélange est plus lent. A Leclercville (section 4), on remarque que la zone bordant la rive nord correspond à un mélange de 76% à 100% des eaux tributaires de la rive nord par rapport aux eaux du fleuve.

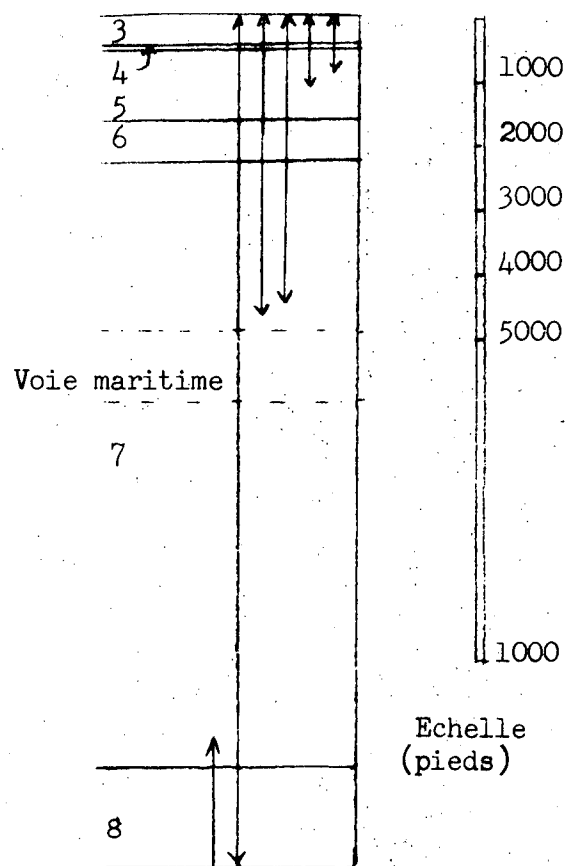
Figure 5 : Variations des aires de propagation des types d'eau dans le lac Saint-Louis - Section 1A

Nord



Pointe Saint-Louis

Résultat des relevés de 1975



Légende

Contact moyen

Variation des types d'eau

Voie maritime

Types d'eau

1- < 100 Umhos/cm

2- 101-175 "

3- 176-225 "

4- 226-250 "

5- 251-275 "

6- 276-300 "

7- 301-325 "

8 > 325 - "

Figure 6 : Variations des aires de propagation des types d'eau dans le lac Saint-Louis - Section 1B

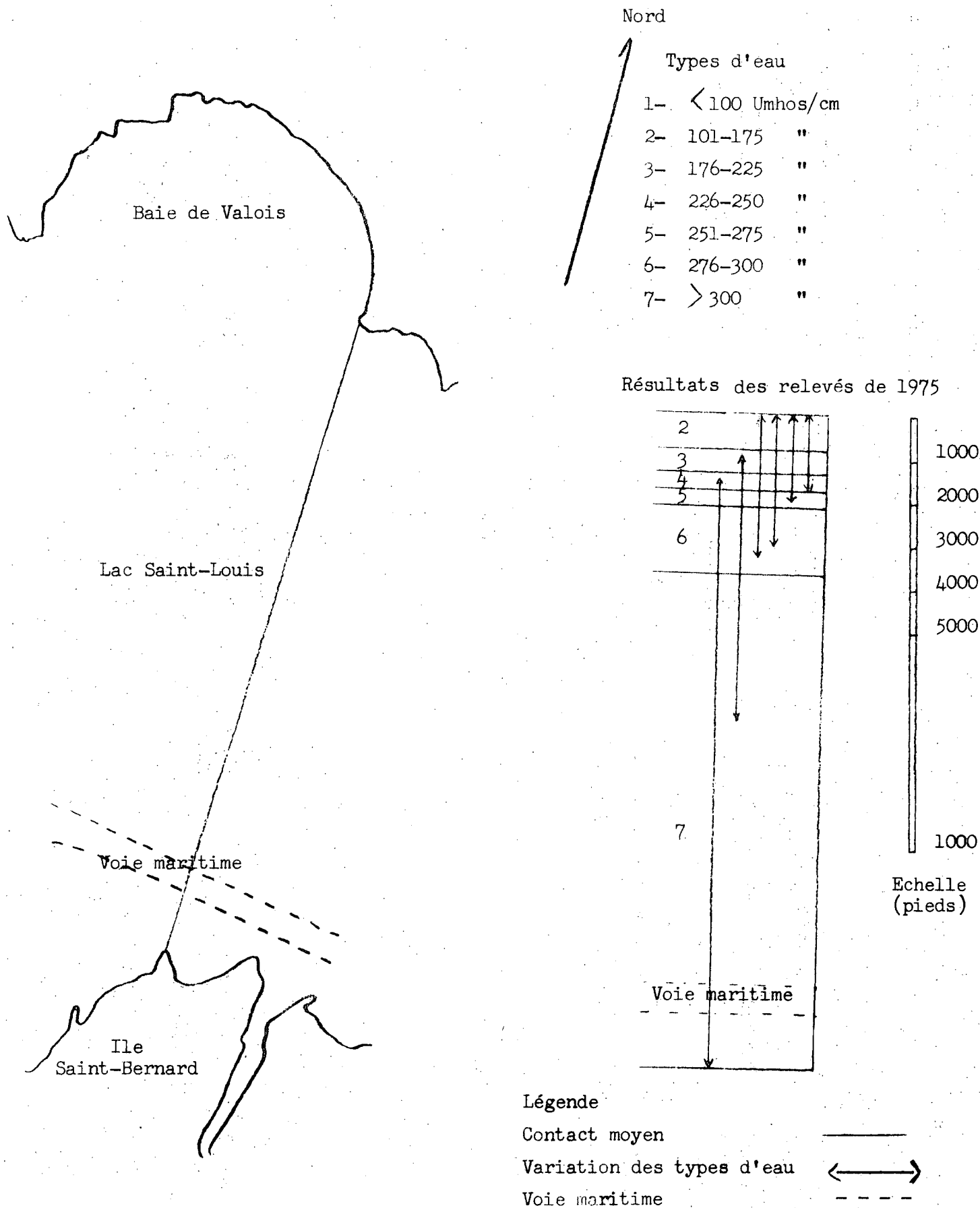


Figure 7: Variations des aires de propagation des types d'eau dans la région de Tracy - Section 2

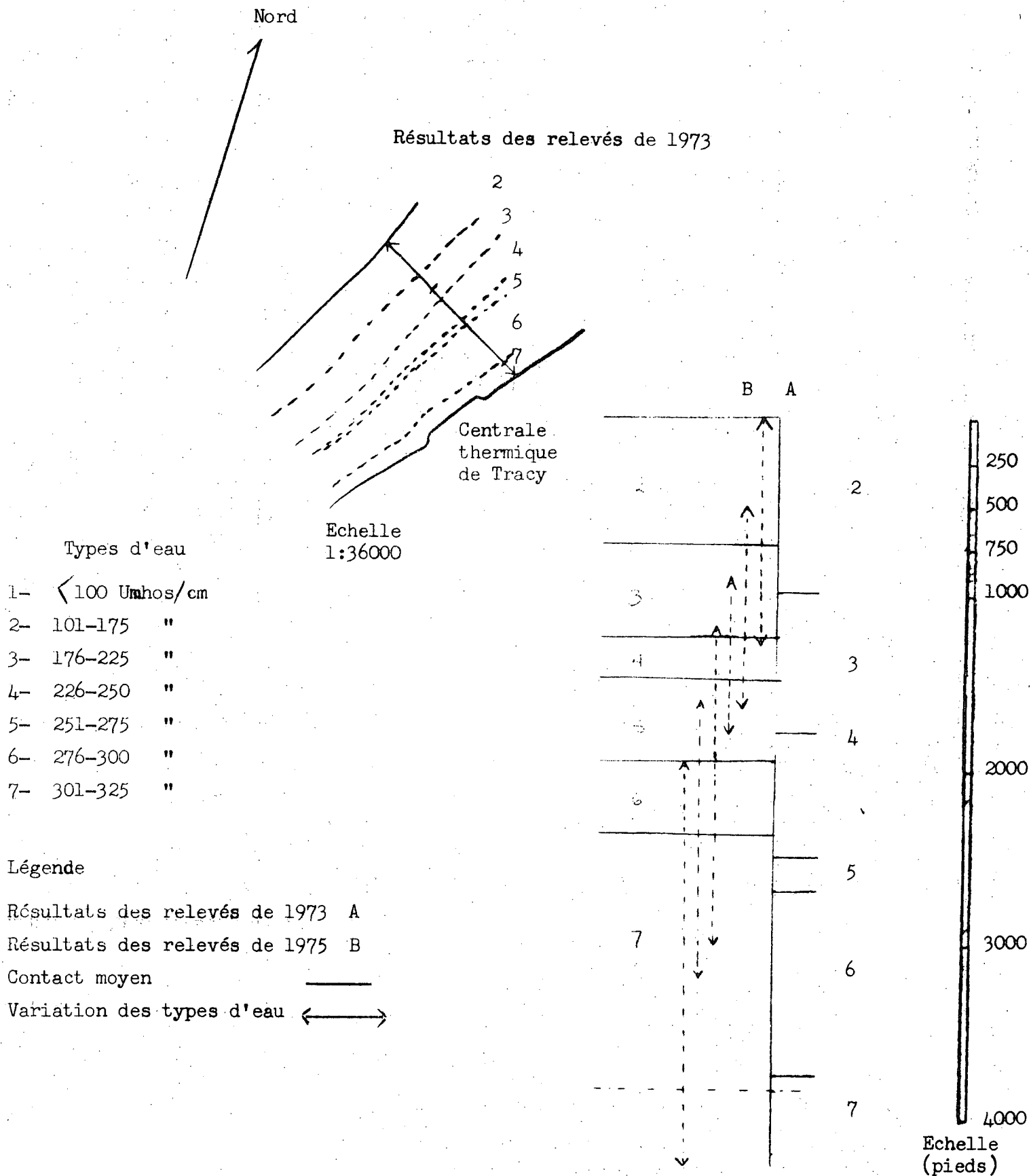
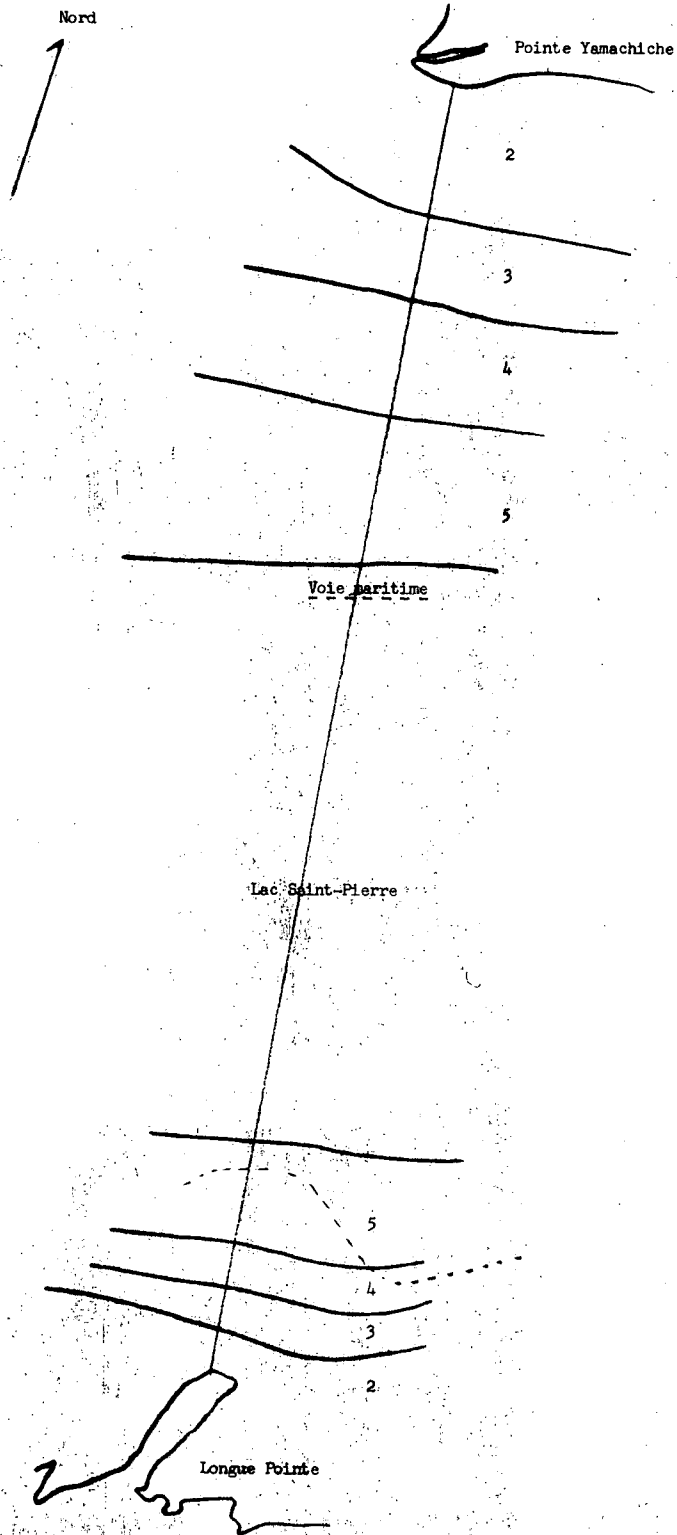


Figure 8. Variations des aires de propagation des types d'eau dans le lac Saint-Pierre - Section 3

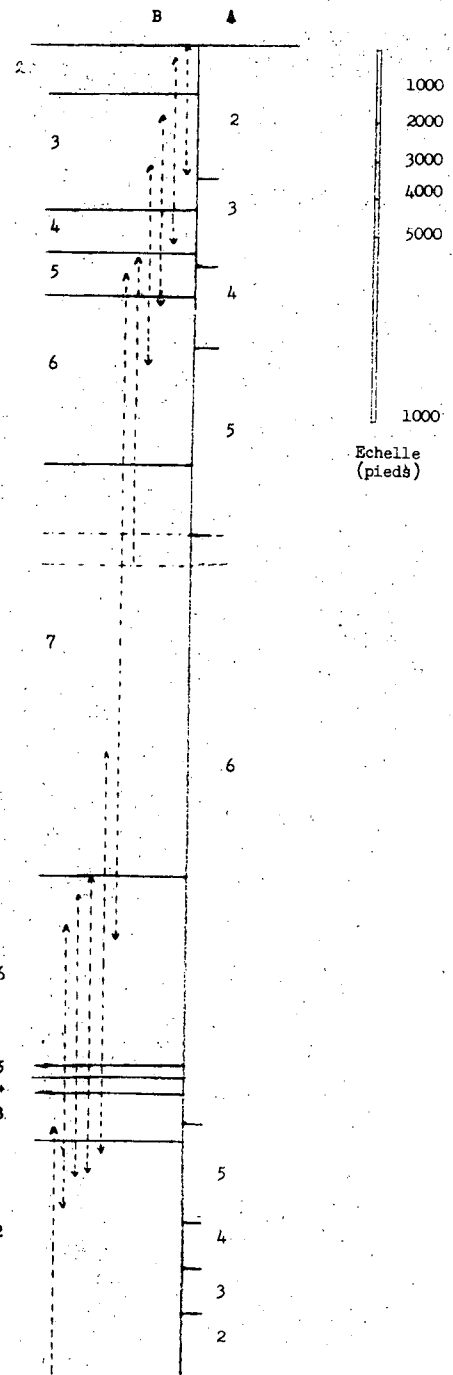
Résultats des relevés de 1973



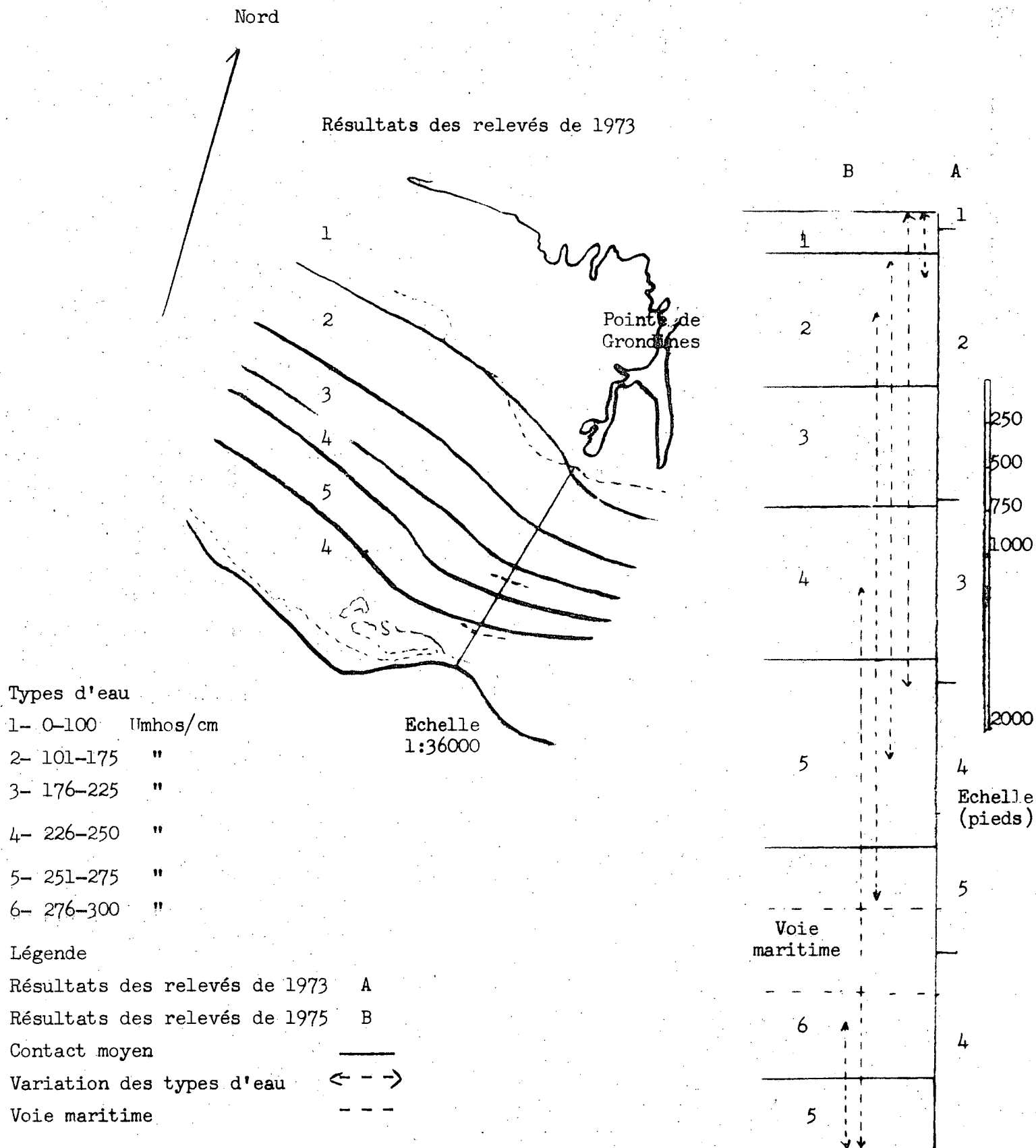
Types d'eau	
1-	<100 Umhos/cm
2-	101-175 "
3-	176-225 "
4-	226-250 "
5-	251-275 "
6-	276-300 "
7	> 300 "

Légende

Résultats des relevés de 1973 A
 Résultats des relevés de 1975 B
 Contacts moyen
 Variation des types d'eau <--->
 Voie maritime - - - -



Figures 9: Variations des aires de propagation des types d'eau à Lerclercville - Section 4



Sur la rive sud, le mélange des affluents atteint 45%.

On a tenté d'établir une relation simple entre les débits des tributaires et du fleuve et les aires de propagation des différents types d'eau (Tableau 6). On a utilisé les débits des tributaires et du fleuve Saint-Laurent au jour même de l'échantillonnage, sans tenir compte du temps de parcours des eaux (difficilement évaluable actuellement).

Dans l'ensemble, il n'y a pas de relation directe entre l'étendue des aires de propagation des différents types d'eau et le rapport des débits des tributaires concernés et du fleuve Saint-Laurent. Si nous examinons de plus près chacune des sections, nous pouvons faire les observations suivantes:

Section 1A (lac Saint-Louis)

Les variations des rapports de débit du canal Vaudreuil et du fleuve fluctuent entre 0.2% et 5%. Pour des rapports de 2% à 5% (échantillonnage journalier), il peut se présenter de 2 à 5 types d'eau différents avec des aires de propagation fort différentes d'une journée à l'autre. Cependant, pour le plus fort débit enregistré au canal Vaudreuil lors d'une session d'échantillonnage, correspond une zone de conductivité plus faible (176-225 Umhos/cm) en bordure de l'île Perrot. Ce type d'eau apparaît néanmoins lors d'une session d'échantillonnage où le rapport des débits est de 2%.

Section 1B (lac Saint-Louis)

Le rapport des débits des canaux de Vaudreuil et de Sainte-Anne et du fleuve varie entre 3.3% et 13.5%. Pour les plus forts débits au niveau des affluents correspond la zone de plus faible conductivité (< 100 Umhos/cm). Aux rapports de débits les plus faibles ne correspondent pas nécessairement un état de mélange plus complet des eaux. Les répétitions de certains types d'eau le long de la section (Tableau 6, le 16 juin et le 14 août) correspondent aux résultats obtenus par la carte isoparamétrique de la conductivité (Figure 3).

Section 2 (Tracy)

Les rapports des débits des tributaires de la rive nord¹ et du fleuve fluctuent entre 6.3% et 13.8%. Lors de l'échantillonnage journalier, les rapports de débit varient peu (6.3% à 8%); bien que l'on note l'absence de certains types d'eau, les variations des aires des types d'eau les plus importants (101 à 175, 176 à 276, > 276 Umhos/cm) ne sont que de l'ordre de 400 pieds. Cependant, les variations sont beaucoup plus importantes sur une période mensuelle.

Section 3 (lac Saint-Pierre)

Bien que l'on observe aucune variation significative dans le rapport

1 Rivières des Prairies, des Mille-Iles et l'Assomption.

des débits des tributaires de la rive nord¹ (0.2% à 0.8%) de ceux de la rive sud² (3.5% à 4.5%) et du fleuve, on note d'importantes variations dans les aires de propagation des différents types d'eau (jusqu'à 2500 pieds dans certains cas). Au plus forts débits des tributaires de la rive nord, correspond cependant la plus grande aire de propagation du type d'eau de plus faible conductivité (18 novembre 1976).

Section 4 (Leclercville)

Les variations de débits des tributaires de la rive nord³ et de la rive sud⁴ sont faibles par rapport aux débits du fleuve (7.7% à 9.5% pour les tributaires de la rive nord et 0.1% à 1% pour les tributaires de la rive sud). On observe néanmoins des variations importantes dans l'étendue de chacun des types d'eau. Les variations des aires de propagation seraient attribuables au refoulement des eaux, l'échantillonnage ayant eu lieu à des périodes de marée différente.

Echantillonnage journalier

(8/6-75 - 14/6/75)

8 juin:	marée descendante
9 "	marée haute
10 "	marée basse
11 "	marée descendante
12 "	marée haute
13 "	marée descendante
14 "	marée descendante

-
- 1 Maskinongé, du Loup, Yamachiche
 - 2 Saint-François, Yamaska, Richelieu
 - 3 Saint-Maurice, Batisca, Sainte-Anne
 - 4 Petite du Chêne, du Chêne

Echantillonnage mensuel

25 juin	1975	marée descendante
30 juillet	"	marée montante
27 août	"	marée haute
1 octobre	"	marée descendante

L'échantillonnage n'ayant été fait qu'en surface, nous ne sommes pas en mesure d'évaluer s'il y a ou non superposition de certains types d'eau. La différence de densité de chacun des types d'eau (fonction de la température et des solides dissous) pourrait expliquer en partie les variations importantes des aires de propagation malgré les faibles fluctuations de débits. De plus, nous supposons que la conductivité du fleuve et des tributaires est constante dans le temps; ceci peut influencer le positionnement des contacts.

TABLEAU 5

Section 1 A

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier			
Rive nord $\Rightarrow$ 990' ¹ $\bar{x}s$: 398' ²	Rive nord $\Rightarrow$ 941' $\bar{x}s$: 349'	(rive nord $\Rightarrow$ 990') $\bar{x}s$: 399'	175 - 225 Umhos/cm	Eaux des Outaouais Eaux du fleuve 47 % 53 %
Rive nord $\Rightarrow$ 1150' $\bar{x}n$: 398' ³ $\bar{x}s$: 430'	Rive nord $\Rightarrow$ 1161' $\bar{x}n$: 452' $\bar{x}s$: 525'	(rive nord $\Rightarrow$ 1161') $\bar{x}n$: 399' $\bar{x}s$: 469'	266 - 250 Umhos/cm	30 % 70 %
Rive nord $\Rightarrow$ 4458' $\bar{x}n$: 447' $\bar{x}s$: 1631'	Rive nord $\Rightarrow$ 2863' $\bar{x}n$: 712' $\bar{x}s$: 1274'	(rive nord $\Rightarrow$ 4458') $\bar{x}n$: 469' $\bar{x}s$: 1622'	251 - 275 Umhos/cm	19 % 87 %
Rive nord $\Rightarrow$ 4650' $\bar{x}n$: 1719' $\bar{x}s$: 2193'	Rive nord $\Rightarrow$ 3125' $\bar{x}n$: 1432 $\bar{x}s$: 1732'	(rive nord $\Rightarrow$ 4650') $\bar{x}n$: 1622' $\bar{x}s$: 2227'	276 - 300 Umhos/cm	7 % 93 %

- 1 Le symbole ¹ indique le pied comme unité de longueur.
 2 $\bar{x}s$ indique le positionnement moyen du contact sud de la bande considérée.
 3 $\bar{x}n$ indique le positionnement moyen du contact nord de la bande considérée.

TABLEAU 5.

Section 1 A (suite)

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier			
Rive nord → rive sud $\bar{x}_n$: 2407' $\bar{x}_s$: 11573'	Rive nord → rive sud $\bar{x}_n$: 1986' $\bar{x}_s$: 11579'	(rive nord → rive sud) $\bar{x}_n$: 2227' $\bar{x}_s$: 11640'	301 - 325 Umhos/cm	Eaux du fleuve
11280' → Rive sud $\bar{x}_n$: 11732'	11525 → Rive sud $\bar{x}_n$: 11579'	(11280' → rive sud) $\bar{x}_n$: 11640'	> 325	Eaux d'effluents industriels

TABLEAU 5

Section 1 B

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier			
Rive nord $\Rightarrow$ 1883'		(rive nord $\Rightarrow$ 1885')	101 - 175 Umhos/cm	Eaux des Outaouais Eaux du fleuve
$\bar{x}s$: 716'	$\bar{x}$: 0	$\bar{x}s$: 750'		74 % 26 %
Rive nord $\Rightarrow$ 2067'	Rive $\Rightarrow$ 1261'	(rive nord $\Rightarrow$ 2067')	176 - 225 Umhos/cm	
$\bar{x}n$: 1084'		$\bar{x}n$: 750'		47 % 53 %
$\bar{x}s$: 1287'	$\bar{x}s$: 440'	$\bar{x}s$: 1262'		
1100' $\Rightarrow$ 3089'	rive $\Rightarrow$ 2057'	(rive nord $\Rightarrow$ 3089')	226 - 250 Umhos/cm	
$\bar{x}n$: 1495'	$\bar{x}n$: 793'	$\bar{x}n$: 1262'		30 % 70 %
$\bar{x}s$: 1709'	$\bar{x}s$: 1100'	$\bar{x}s$: 1689'		
1240' $\Rightarrow$ 3306'	rive $\Rightarrow$ 2908'	(rive nord $\Rightarrow$ 3300')	251 - 275 Umhos/cm	
$\bar{x}n$: 1856'	$\bar{x}n$: 1345'	$\bar{x}n$: 1689'		19% 81 %
$\bar{x}s$: 2012'	$\bar{x}s$: 2010'	$\bar{x}s$: 2094'		

TABLEAU 5

Section 1 B (suite)

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier			
2280' ⇒ 7115' $\bar{x}_n$: 2168' $\bar{x}_s$: 3613'	850' ⇒ 4024' $\bar{x}_n$: 2212' $\bar{x}_s$: 3126'	850' ⇒ 7115' $\bar{x}_n$: 2094' $\bar{x}_s$: 3649'	276 - 300 Umhos/cm	7 % 93 %
1417' ⇒ rive sud $\bar{x}_n$: 3831' $\bar{x}_s$: 13145'	2367' ⇒ rive sud $\bar{x}_n$: 3443' $\bar{x}_s$: rive sud	1417' ⇒ rive sud $\bar{x}_n$: 3649' $\bar{x}_s$: rive sud	301 - 325 Umhos/cm	Eaux du fleuve
13200 ⇒ rive sud $\bar{x}_n$: ≥ 13520'				

TABLEAU 5

Section 2

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires	
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier				
Rive nord $\Rightarrow$ 1103'	rive nord $\Rightarrow$ 1296'	(rive nord $\Rightarrow$ 1297')		Eaux des af- fluents de la rive nord	Eaux du fleuve
$\bar{x}_s$: 569'	$\bar{x}_s$: 909'	$\bar{x}_s$: 724'	101 - 175 Umhos/cm	74 %	26 %
50' $\Rightarrow$ 1320'	957' $\Rightarrow$ 1657'	(50' = 1657')			
$\bar{x}_n$: 746'	$\bar{x}_n$: 1198'	$\bar{x}_n$: 724'	176 - 225 Umhos/cm	47 %	53 %
$\bar{x}_s$: 1112'	$\bar{x}_s$: 1296'	$\bar{x}_s$: 1237'			
907' $\Rightarrow$ 1734'	1294' $\Rightarrow$ 1800'	(907' $\rightarrow$ 1800')	226 - 250 Umhos/cm	30 %	70 %
$\bar{x}_n$: 1301'	$\bar{x}$: 1502'	$\bar{x}_n$: 1237'			
$\bar{x}_s$: 1401'		$\bar{x}_s$: 1514'			
1193' $\Rightarrow$ 2997'	1450' $\Rightarrow$ 1961'	(1193' $\rightarrow$ 2997')	251 - 275 Umhos/cm	19 %	81 %
$\bar{x}_n$: 1611'	$\bar{x}$: 1614'	$\bar{x}_n$: 1514'			
$\bar{x}_s$: 1921'		$\bar{x}_s$: 1970'			

TABLEAU 5

Section 2 (suite)

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier			
1647' ➔ 3208' $\bar{x}_n$: 2122' $\bar{x}_s$: 2321'	1615' ➔ 2296' $\bar{x}_n$: 1817' $\bar{x}_s$: 2007'	(1615' - 3208') $\bar{x}_n$: 1970' $\bar{x}_s$: 2385'	276 - 300 Umhos/cm	Eaux des af- Eaux du fleuve fluents de la rive nord 7 % 93 %
1973' ➔ 3418' $\bar{x}_n$: 2548' $\bar{x}_s$: rive sud	1977' - 2631' $\bar{x}_n$: 2274' $\bar{x}_s$: rive sud	(1973' - 3418') $\bar{x}_n$: 2385'	300 - 325 Umhos/cm	Eaux du fleuve

TABLEAU 5

Section 3

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires	
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier				
Rive nord $\Rightarrow$ 2963'	rive nord $\Rightarrow$ 3515'	(rive $\Rightarrow$ 3515')	101 - 175 Umhos/cm	Eaux des affluents de la rive nord	Eaux du fleuve
$\bar{x}_s$: 1024'	$\bar{x}_s$: 1574'	$\bar{x}_s$: 1260'		45 %	55 %
476' $\Rightarrow$ 5306'	330' $\Rightarrow$ 4829'	(300' $\Rightarrow$ 5300')	176 - 225 Umhos/cm	28 %	72 %
$\bar{x}_n$: 1314'	$\bar{x}_n$: 1856'	$\bar{x}_n$: 1260'			
$\bar{x}_s$: 4222'	$\bar{x}_s$: 4240'	$\bar{x}_s$: 4370'			
1959 $\Rightarrow$ 7100'	3838' $\Rightarrow$ 5817'	(1959' $\Rightarrow$ 7100')	226 - 250 Umhos/cm	18 %	82 %
$\bar{x}_n$: 4505'	$\bar{x}_n$: 4569'	$\bar{x}_n$: 4370'			
$\bar{x}_s$: 5303'	$\bar{x}_s$: 5322'	$\bar{x}_s$: 5575			
3215' $\Rightarrow$ 8600'	5256' $\Rightarrow$ 6801'	(3215' $\Rightarrow$ 8600')	251 - 275 Umhos/cm	11 %	89 %
$\bar{x}_n$: 5884'	$\bar{x}_n$: 5639'	$\bar{x}_n$: 5575'			
$\bar{x}_s$: 6782'	$\bar{x}_s$: 5828'	$\bar{x}_s$: 6765'			

TABLEAU 5

Section 3 (suite)

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires	
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier				
6557' → 13209'	5774' → 7890'	(5774' → 13209')	276 - 300 Umhos/cm	7 %	93 %
$\bar{x}_n$: 7056'	$\bar{x}_n$: 6158'	$\bar{x}_n$: 6765'			
$\bar{x}_s$: 11944'	$\bar{x}_s$: 7193'	$\bar{x}_s$: 11294'			
8907' → 24009'	6158' → 22864'	(6158' → 24009')	301 - 325 Umhos/cm	Eaux du fleuve	
$\bar{x}_n$: 12219'	$\bar{x}_n$: 7526'	$\bar{x}_n$: 11294'			
$\bar{x}_s$: 22686	$\bar{x}_s$: 21659'	$\bar{x}_s$: 22364'			
18993' → 29850'	19905' → 28941'	(18993' → 29850')	276 - 300 Umhos/cm	Eaux des affluents	Eaux du
$\bar{x}_n$: 22245'	$\bar{x}_n$: 21994'	$\bar{x}_n$: 22364'		de la rive sud	fleuve
$\bar{x}_s$: 27344'	$\bar{x}_s$: 27251'	$\bar{x}_s$: 27425'		4 %	96 %
22586' → 30375'	22348' → 29238'	(22348' → 30375')	251 - 275 Umhos/cm	9 %	91 %
$\bar{x}_n$: 27460'	$\bar{x}_n$: 27585'	$\bar{x}_n$: 27425'			
$\bar{x}_s$: 27596'	$\bar{x}_s$: 28054'	$\bar{x}_s$: 27769'			

TABLEAU 5

Section 3 (suite)

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier			
22862' → 30475' $\bar{x}_n$: 27750' $\bar{x}_s$: 28053'	27135' → 29375' $\bar{x}_n$: 28323' $\bar{x}_s$: 28372'	(22862' → 30475') $\bar{x}_n$: 27769' $\bar{x}_s$: 28258'	226 - 250 Umhos/cm	15 % 85 %
23691' → 30425' $\bar{x}_n$: 28154' $\bar{x}_s$: 29468'	27421' → 31373' $\bar{x}_n$: 28635' $\bar{x}_s$: 29373'	(23691' → 31268') $\bar{x}_n$: 28258' $\bar{x}_s$: 29534'	176 - 225 Umhos/cm	23 % 77 %
29043' → rive S $\bar{x}_n$: 29615'	29097' → rive S $\bar{x}_n$: 29634'	(29043' → rive sud) $\bar{x}_n$: 29534'	101 - 175 Umhos/cm	Eaux des affluents de la rive sud

TABLEAU 5

Section 4

Variation des aires de propagation

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires	
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier				
Rive nord $\Rightarrow$ 300'	Rive nord $\Rightarrow$ 1500'	(rive nord $\Rightarrow$ 1500')	100 Umhos/cm	Eaux des affluents de la rive nord	
$\bar{x}_s$: 150'	$\bar{x}_s$: 524'	$\bar{x}_s$: 249'		Eaux des affluents de la rive nord	Eaux du fleuve
Rive nord $\Rightarrow$ 1544'	Rive nord $\Rightarrow$ 2731'	(rive nord $\Rightarrow$ 2731')	101 - 175 Umhos/cm		
$\bar{x}_n$: 263'	$\bar{x}_n$: 843'	$\bar{x}_n$: 249'		76%	24%
$\bar{x}_s$: 794'	$\bar{x}_s$: 1103'	$\bar{x}_s$: 1000'			
300' $\Rightarrow$ 2336'	284' $\Rightarrow$ 3142'	(284' $\Rightarrow$ 3142')		44%	56%
$\bar{x}_n$: 1103'	$\bar{x}_n$: 1311'	$\bar{x}_n$: 1000'	176 - 225 Umhos/cm		
$\bar{x}_s$: 1623'	$\bar{x}_s$: 1837'	$\bar{x}_s$: 1702'			
1047' $\Rightarrow$ 2913'	568' $\Rightarrow$ 3963'	(568' $\Rightarrow$ 3963')	226 - 250 Umhos/cm	24%	76%
$\bar{x}_n$: 1758'	$\bar{x}_n$: 1651'	$\bar{x}_n$: 1702'			
$\bar{x}_s$: 2411'	$\bar{x}_s$: 2499'	$\bar{x}_s$: 2565'			

TABLÉAU 5

Variation des aires de propagation

Section 4 (suite)

Contacts		Résultante	Type d'eau	Commentaires	
Echantillonnage mensuel	Echantillonnage journalier				
2167' = 4595' $\bar{x}_n$: 2687' $\bar{x}_s$: 3369'	2179' = rive S $\bar{x}_n$: 2758' $\bar{x}_s$: 4159'	(2167' = rive sud) $\bar{x}_n$: 2565' $\bar{x}_s$: 3660'	251 - 275 Umhos/cm	12 %	88 %
2581' = rive S $\bar{x}_n$: 3646 $\bar{x}_s$: 4974'	2447' = rive S $\bar{x}_n$: 4380' $\bar{x}_s$: 5132'	(2447 = rive sud) $\bar{x}_n$: 3660' $\bar{x}_s$: 4995'	276 - 300 Umhos/cm	Eaux du fleuve	
4655' = rive S	5132' = rive S $\bar{x}_n$: 5310'	(4655' = rive sud) $\bar{x}_n$: 4995'	251 - 275 Umhos/cm	Eaux des affluents de la rive sud 45 %	Eaux du fleuve 55 %

TABLEAU 6

Relation entre les débits et les limites des différents types d'eau aux sections transversales

SECTION 1 A : Echantillonnage journalier

Type d'eau Umhos/cm		176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	301 - 325	> 325
date	(Chenal Vaudreuil Saint-Laurent) % débits		ETENDUE DES LIMITES (P I E D S)				
13/07/75	3	-	-	-	-	rive nord - 11280	11525 - rive sud
14/07/75	3	-	-	500 -1400	-	1625 - 11300	11525 - rive sud
15/07/75	3	-	500	763 -2863	3125 -3388	3650 - rive sud	-
16/07/75	3	-	500 - 1013	-	1270 -1526	1782 - rive sud	-
17/07/75	2	-	-	500 -1269	1525 -2551	2807 rive sud	-
18/07/75	2	721 -941	1161	500	-	1382 - rive sud	-
19/07/75	2	-	-	500 -776	1051 -1878	2153 - rive sud	-

TABLEAU 6 (suite)

SECTION 1 A : Echantillonnage saisonnier

Type d'eau (Umhos/cm)		175 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	301 - 325	> 325
Date	% débits (Chenal Vaudreuil Saint-Laurent)	ETENDUE DES		LIMITES	(PIEDS)		
16/06/75	5	500 -990	-	1235 -2950	3195 -3440	3685 -11,035	11,280 -11,525
21/07/75	2	-	-	3044 -4458	500 -2762	4740 -11,525	-
12/08/75	0.2	-	-	-	500 -1051	1327 -11,525	-
22/09/75	1.3	-	-	-	500 -1576	1845 -11,525	-
10/11/75	1.9	-	-	-	-	439 -12,257	12,582

TABLEAU 6 (suite)

SECTION 1 B : Echantillonnage journalier

Type d'eau (Umhos/cm)		175 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	301 - 325	> 325
Date	% débits (Chenal Vaudreuil + Chenal Sainte-Anne Saint-Laurent)	ETENDUE DES LIMITES (P I E D S)					
13/07/75	8	731 - 1261	1527 - 2057	2322 - 2853	3118 - 3384	3649 - 13,200	-
14/07/75	8	-	200 - 1283	1554 - 2908	3179 - 3721	3992 - 13,200	-
15/07/75	9	-	-	200 - 2170	2461 - 3026	3309 - 13,200	-
16/07/75	8	455 - 1220	1475	0 - 200	4553 - 13,200	2494 - 4024	-
17/07/75	5	-	200 - 1048	1330 - 1613	1896 - 2178	2461 - 13,200	-
18/07/75	5	200	525	-	850 - 3450	3775 - 13,200	-
19/07/75	6	-	0 - 200 471 - 1283	1554	1554 - 2096	2367 - 13,200	-

TABLEAU 6 (suite)

SECTION 1 B: Echantillonnage saisonnier

Type d'eau	(Umhos/cm)	< 100	100 - 175	176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	301 - 325
Date	% débits (Chenal Sainte-Anne + Chenal Vaudreuil Saint-Laurent)	ETENDUE DES LIMITES (PIEDS)						
16/06/75	13.5	441 - 1163	200 1644 - 1885	2126 - 2607	2848 - 3089	3330	3570 - 4533	4774 - 13,200
21/07/75	5.5	-	-	980	-	2020	2280 - 3840	4100 - 13,200
14/08/75	3.3	-	-	477 - 753	200 1030 - 1860	2136	2413 - 7115	7391 - 12,923
22/09/75	3.8	-	200 - 710	965	1230	-	-	1475 - 13,200
10/11/75	5.3	-	144 - 784	1128	-	-	-	1417 - 14,166

TABLEAU 6 (suite)

SECTION 2 : Echantillonnage journalier

Type d'eau (Umhos/cm)		101 - 175	176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	> 300
Date	% débit (Rivière des Prairies des Milles Îles Assomption Saint-Laurent)	ETENDUE DES LIMITES (PIEDS)					
7/10/75	7.3	100 - 789	1119 - 1451	-	-	1779 - 2122	2432 - 4310
8/10/75	7.2	82 - 663	957	1294	-	1634	1977 - 4323
9/10/75	7.1	100 - 660	977	1316	-	1647 - 1977	2313 - 4283
11/10/75	7.1	355 - 984	1299 - 1657	-	1961	-	2290 - 4278
13/10/75	7.6	351 - 994	1319	1640	-	1972 - 2296	-
14/10/75	6.3	55 - 1296	-	-	1624	1952	2287 - 4242
15/10/75	8	164 - 978	1312	-	-	1636 - 1965	2300 - 4291

TABLEAU 6 (suite)

SECTION 2 : Echantillonnage saisonnier

Type d'eau (Umhos/cm)		< 100	100 - 175	176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	300
Date	(Rivière des Prairies des % débits Milles Iles Assomption Fleuve)			ETENDUE DES LIMITES (P I E D S)				
23/06/75	13.8	-	50	261 - 1103	1313 - 1524	1734 - 2997	3208	3418 - 4050
28/07/75	8.5	892 - 1103	50 - 682	-	1313 - 1734	1945	-	2155 - 4050
19/08/75	7.8	-	-	50 - 621	907	1193 - 1479	1764 - 2336	2620 - 4050
22/09/75	8.1	-	50 - 682	892 - 1313	1524	1734	1945 - 2366	2576 - 4050
18/11/75	11.3	-	115 - 987	1320	-	-	1647	1973 - 4280

SECTION 3 : Echantillonnage journalier

TABLEAU 6 (suite)

Type d'eau (Umhos/cm)			100 - 175	176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	> 300
Date	% débit							
	Rivières de la rive nord (1)	Rivières de la rive sud (2)						
ETENDUE DES LIMITES (PIEDS)								
7/10/75	0.2	3.5	300 - 1551 29,278 - 31,251	1894 - 4204 27,951 - 28,938	4511 - 5171 27,614	5498 27,301	5828 21,985 - 26,938	6158 - 21,648
8/10/75	0.2	3.8	29,261 - 31,235	330 - 3515 28,911	3851 - 5158	5498 27,591 - 28,588	5838 - 7475 22,975 - 27,275	7801 - 22,641
9/10/75	0.2	3.6	359 - 2204	2541 - 4528 29,575 - 31,268	4864 - 5537	5831 29,238	6181 - 7481 22,348 - 28,941	7805 - 22,001
11/10/75	0.2	3.6	358 - 1542 29,097 - 31,069	1863 - 3504 28,438 - 28,773	3838 - 5151 28,107	5446 27,116 - 27,788	5774 - 6459 23,185 - 26,821	6791 - 22,864
13/10/75	0.2	3.8	554 - 2533 29,570 - 31,210	2851 - 4829 27,421 - 29,242	5147 - 5479 27,135	5804 26,801	6145 - 7775 19,905 - 26,453	8107 - 19,576
14/10/75	0.2	4.5	567 - 1548 29,429 - 31,059	1863 - 4495 28,776 - 29,101	4829 - 5817 28,120 - 28,467	6138 - 6801 26,158 - 27,778	7103 - 7447 22,559 - 25,784	7795 - 22,208
15/10/75	0.2	4.3	495 - 1312 29,537 - 30,855	1647 - 4603	4940 29,209	5256 - 5915 28,887	6240 - 7890 21,006 - 28,546	8225 - 20,675

- (1) Maskinongé, du Loup, Yamachiche
 (2) Saint-François, Yamaska, Richelieu

TABLEAU 6 (suite)

SECTION 3 : Echantillonnage saisonnier

Type d'eau (Umhos/cm)			100 - 175	176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	> 300
Date	% débit		ETENDUE DES LIMITES (PIEDS)					
	Rivières de la rive nord (1)	Rivières de la rive sud (2)						
24/06/75	0.4	3.7	200 - 1100	1400 - 5300	5600 - 7100	7400 - 8600 29,306 - 29,600	8900 - 16,659 20,482 - 29,012	16,953 - 20,188
29/07/75	0.4	2.4	200 - 445	691 - 4864	5109	5365 - 6582	6827 - 13,209 24,255 - 24,500	13,455 - 24,009
21/08/75	0.1	1.7	200 - 451 30,600	702 - 1707	1959 - 2964	3215 - 5496 30,098 - 30,350	5727 - 9998 23,064 - 29,847	10,250 - 22,812
30/09/75	0.2	5.3	29,219 - 30,600 161	23,691 - 28,942 476 - 4622	4899 - 5728 22,862 - 23,415	6004 - 6280 22,586	6557 - 11,255 18,993 - 22,310	11,531 - 18,717
18/11/75	0.8	10.1	2,963 29,043 - 33,300	3303 - 4620	4960 - 5613 28,063 - 28,723	5940 - 6956	7270 - 8600 24,420 - 27,704	8907 - 24,074

- (1) Maskinongé, du Loup, Yamachiche
 (2) Saint-François, Yamaska, Richelieu

SECTION 4: Echantillonnage journalier

TABLEAU 6 (suite)

Type d'eau			<100	100 - 175	176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	> 300
Date	% débit				ETENDUE	DES LIMITES (PIEDS)			
	Rivières de la rive nord (1)	Rivières de la rive sud (2)							
08/06/75	9.5	0.3	300	568	837	1105 - 1910	2179 - 2984 5400	3252 - 5132	-
09/06/75	9.1	0.2	1500	1705 - 2731	2937 - 3142	3347	3553 - 3963	4168 - 5400	-
10/06/75	8.9	0.1	-	837	1105 - 2179	2447	2715 - 3252	3521 - 4863 5132 - 5400	-
11/06/75	8.5	0.1	568	836 - 1105	1375 - 1910	2178	3789 - 4595 5400	4863 - 5132	-
12/06/75	7.7	0.1	568	836 - 1910	-	2179	2447 - 5400	-	-
13/06/75	7.7	0.4	-	300	568 - 2179	836	2447 - 4595 5400	4863 - 5132	-
14/06/75	8.1	1.0	-	568	-	568 - 1910	2179 - 4326 5132 - 5400	4594 - 4863	-

(1) Saint-Maurice, Batiscan, Sainte-Anne

(2) Petite du Chêne, du Chêne

TABLEAU 6 (suite)

SECTION 4: Echantillonnage saisonnier

Type d'eau (Umhos/cm)			100 - 175	176 - 225	226 - 250	251 - 275	276 - 300	> 300
Date	% débit							
	Rivières de la rive nord (1)	Rivières de la rive sud (2)						
ETENDUE DES LIMITES (PIEDS)								
25/06/75	7.8	0.1	300 - 1105	1374	1642 - 2179	4595	4863 - 5400	-
30/07/75	7.3	0.1	-	2800 - 3173	3547 - 5413	5787 - 6160	6533 - 8400	-
27/08/75	5.7	<0.1	2800 - 3309	3565 - 4836	5091	5345	5600 - 7891	8145 - 8400
01/10/75	6.8 *	0.1	2800 - 4044	-	4252 - 4459	4667 - 4874	5081 - 5704 7156 - 8400	5911 - 8400

(1) Saint-Maurice, Sainte-Anne

(2) Petite du chêne, du Chêne

* Pour le mois d'octobre le débit de la rivière Sainte-Anne a été obtenu par estimation.

4.1.3 Variabilité spatiale et temporelle de la qualité physique et chimique de l'eau aux sections transversales.

L'analyse de variance nous permet d'évaluer statistiquement la variabilité des paramètres dans le temps et dans l'espace (Annexe II). Cette méthode fut appliquée successivement aux résultats journaliers et mensuels de toutes les sections (Tableaux 7a,b,c,d).

Sur une base mensuelle, les paramètres choisis varient généralement de façon significative ($\alpha:95\%$) dans le temps. Il s'agit dans ce cas de la comparaison des valeurs moyennes pour chacune des sections pour chaque mois. La conductivité est un paramètre plus stable dans le temps mais il varie toujours de façon significative dans l'espace ($\alpha:95\%$). Dans ces cas, nous comparons les moyennes des valeurs attribuées à chacune des stations. Le comportement des autres paramètres dans l'espace est très irrégulier. Le phosphore ne varie généralement pas de façon significative.

Pour la comparaison dans l'espace, le test statistique est moins puissant vu le nombre plus restreint d'éléments, en comparaison au test dans le temps.

A l'aide des résultats des tests sur les comparaisons dans l'espace, nous pouvons faire les regroupements suivants:

Turbidité	3.5 à 11.6 unités
Azote total Kjeldahl (F) ¹	0.19 à 0.32 mg/l (N)
Phosphore total (F)	0.03 à 0.11 mg/l (PO ₄)
DCO (F)	6.6 à 13.7 mg/l

¹(F) échantillon filtré.

C'est-à-dire que nous devrions utiliser ces valeurs comme limites des types d'eau si on se réfère aux résultats statistiques. Dans le cas où il existe une variabilité spatiale pour un paramètre donné, l'établissement de cartes isoparamétriques est justifié. Aussi d'après les tests, il devient délicat d'établir des cartes pour le phosphore dans les régions concernées.

Vu la variabilité spatiale de la conductivité, il appert que les cartes isoparamétriques de la conductivité ne représentent qu'une image instantanée du phénomène; c'est pourquoi, il a été profitable de vérifier les variations des contacts des différents types d'eau.

TABLEAU 7a

Variabilité spatiale des paramètres: variation
saisonnnière des aires de propagation

Paramètre	<u>Section</u>				
	1A	1B	2	3	4
Turbidité	1	0	1	0	1
Conductivité	0	0	0	0	0
Azote total Kjeldahl (F) ¹	1	1	0	0	1
PTOT (F) ¹	1	0	1	1	1
DCO (F) ¹	1	0	0	0	0

TABLEAU 7b

Variabilité temporelle des paramètres: variation
saisonnnière des aires de propagation

Paramètre	<u>Section</u>				
	1A	1B	2	3	4
Turbidité	1	0	0	0	1
Conductivité	0	1	1	0	0
Azote total Kjeldahl (F) ¹	0	0	0	0	1
PTOT (F) ¹	0	0	0	0	1
DCO (F) ¹	0	0	0	0	0

Varie de façon significative (α : 95%) : 0

Ne varie pas de façon significative (α : 95%) : 1

¹ (F): échantillon filtré

TABLEAU 7c

Variabilité spatiale des paramètres: variation
journalière des aires de propagation

	<u>Section</u>				
	1A	1B	2	3	4
Turbidité	1	0	0	0	1
Conductivité	0	0	0	0	0
Azote total Kjeldahl(F) ¹	1	0	0	0	1
PTOT (F) ¹	1	0	1	0	1
DCO (F) ¹	1	1	0	0	0

TABLEAU 7d

Variabilité temporelle des paramètres: variation
journalière des aires de propagation

	<u>Section</u>				
Paramètre	1A	1B	2	3	4
Turbidité	0	0	0	0	0
Conductivité	0	1	1	1	1
Azote total Kjeldahl (F) ¹	0	0	0	0	0
PTOT (F) ¹	0	0	0	0	0
DCO (F) ¹	0	0	1	1	0

Varie de façon significative ($\alpha:95\%$) :0

Ne varie pas de façon significative ($\alpha:95\%$) :1

¹ (F): échantillon filtré

4.1.4 Discussion

La méthodologie utilisée dans l'établissement de la carte isoparamétrique comporte quelques faiblesses. En effet, plusieurs jours de travail sur le terrain sont nécessaires. Or, l'étude de la variabilité spatiale des contacts des différents types d'eau met en évidence des variations importantes des contacts d'un jour à l'autre. L'échantillonnage n'ayant été fait qu'en surface, nous ne sommes pas en mesure d'évaluer s'il y a ou non superposition de certains types d'eau. Dans le cas de l'étude de la variation des aires de propagation, la différence de densité de chacun des types d'eau (fonction de la température et des solides dissous) pourrait expliquer en partie les variations importantes des aires de propagation malgré les faibles fluctuations de débits. De plus, nous supposons que la conductivité du fleuve et des tributaires est constante dans le temps; ceci peut influencer le positionnement des contacts. La conductivité des eaux du fleuve à Beauharnois est en moyenne de 312 Umhos/an; la variation temporelle est de 2%. La variabilité de la conductivité des eaux des tributaires est beaucoup plus importante (Tableau 8).

Il demeure néanmoins difficile de considérer ces variations dans l'établissement des cartes. Cependant, si les intervalles choisis étaient plus grands et réguliers, les effets des variations seraient amoindris et les cartes plus représentatives d'un effet global. En déterminant sept (7) zones, le détail du phénomène

est alors exagéré par rapport à l'importance accordée à ces cartes qui servent souvent d'outil de base à d'autres études. Il ne faut surtout pas oublier que dans le cas de la carte isoparamétrique, il s'agit d'une seule série d'échantillons répartis sur plusieurs jours. La méthode utilisée dans l'étude de la variation des contacts des types d'eau est plus représentative des phénomènes car on tient compte des variations potentielles des limites moyennes suggérées. Suite à cette étude de nouvelles cartes devant être établies, ces dernières devront représenter les proportions de mélanges plutôt que les conductivités.

Variation de la conductivité dans les eaux des tributaires ¹

TRIBUTAIRES	Conductivité moyenne Umhos/ en cm	Ecart-type	Coefficient de variation
Rive sud			
Saint-Louis	754	534	0.71
Chateauguay	270	57	0.21
Richelieu	164	23	0.14
Yamaska	324	64	0.20
Saint-François	143	17	0.12
du Chêne	225	64	0.28
Chaudière	118	43	0.37
Rive nord			
Outaouais	79	18	0.22
Assomption	146	55	0.38
Bayonne	212	49	0.23
Maskinongé	76	35	0.47
du Loup	63	18	0.29
Saint-Maurice	39	3	0.08
Champlain	196	52	0.27
Batiscan	81	76	0.94
Sainte-Anne	39	10	0.26
Portneuf	205	225	1.10
Jacques-Cartier	49	43	0.87

¹ Données non publiées provenant de l'étude des tributaires (1975).

4.2 Caractérisation du mélange des effluents de la région de Montréal.

Le long du port de Montréal, nous trouvons de nombreux émissaires de types variés: pluviaux, combinés et industriels (Tableaux 9 et 10). Notre plan d'échantillonnage visait à englober l'influence de l'ensemble des émissaires dans la région comprise entre la sortie du canal Lachine et Repentigny.

4.2.1 Caractérisation physique du mélange.

Selon la carte de la conductivité, la prise d'eau alimentant la majeure partie de l'île de Montréal se situerait dans les eaux les plus conductrices du fleuve (>300 Umhos/cm) au niveau des rapides de Lachine. Ceci suppose que les eaux des effluents urbains seraient plus conductrices que celles longeant la partie sud de l'île de Montréal ($276-300$ Umhos/cm)¹. Cependant, il appert que cette situation ne prévaut pas dans tous les cas.

Nous considérerons les trois sessions d'échantillonnage séparément.

¹ Carte isoparamétrique produite en 1973 (Béland, 1974).

TABLEAU 9

Description des émissaires localisés dans la région du port de Montréal (Lalonde et al., 1973; Talbot et al., 1974).

Numéro	Type	Dimension	Localisation
1	combiné	72 po.	sec. no 4
2	combiné	36 po.	sec. no 4
3	combiné	11 pi. 6 po.	quai no 12
4	combiné	48 po.	sec. no 14
5	combiné	48 po.	quai no 26
6	combiné	10 pi.	quai no 28
7	combiné	72 po.	quai no 29
8	combiné	5 pi. 6 po.	quai no 30
9	combiné	6 pi. 6 po.	quai no 32
10	combiné	5 pi. 6 po.	quai no 40
11	combiné	72 po.	quai no 42
12	combiné	12 pi.	quai no 48
13	combiné	60 po.	quai no 52
14	combiné	54 po.	quai no 57
15	combiné	54 po.	quai no 58
16	combiné	14 pi.	quai no 60
17	combiné	8 pi.	quai no 63
18	combiné	8 pi.	quai no 74
19	combiné	8 pi.	quai no 74
20	combiné	6 pi. 6 po.	quai no 74
21	combiné	9 pi. 6 po.	sec. no 87
22	combiné	48 po.	sec. no 93
23	combiné	3 pi. X 5 po.	quai no 94
24	combiné	48 po.	quai no 95
25	combiné	48 po.	quai no 95
26	combiné	48 po.	sec. no 103
27	combiné	7 pi.	quai no 105

Description des émissaires localisés dans la région du port de
Montréal (Lalonde et al., 1973; Talbot et al., 1974).

Numéro	Type	Dimension	Localisation
28	combiné	48 po.	sec. no 108
29	combiné	24 po.	sec. no 108
30	combiné	3 pi X 5 pi.	sec. no 109
31	combiné	30 po.	sec. no 110
32	combiné	8 pi. X 6 po.	sec. no 115
33	combiné	3 pi. X 5 pi.	sec. no 122
34	combiné	18 po.	sec. no 128
35	pluvial	11 pi.	sec. no 129
36	combiné	15 po.	sec. no 131
37	combiné	18 po.	sec. no 132
38	combiné	24 po.	sec. no 134
39	combiné	36 po.	sec. no 136
40	combiné	15 po.	sec. no 137
41	combiné	60 po.	sec. no 136
42	combiné	18 po.	sec. no 139
43	combiné	18 po.	sec. no 140
44	combiné	18 po.	sec. no 142
45	combiné	18 po.	sec. no 143
46	combiné	18 po.	sec. no 143
47	combiné	24 po.	sec. no 146
48	combiné	18 po.	sec. no 149
49	combiné	8 pi. 6 po.	sec. no 149
50	combiné	21 po.	sec. no 157
51	combiné	18 po.	sec. no 158
52	combiné	18 po.	sec. no 158
53	combiné	36 po.	Pont Legardeur
54	combiné	15 po.	Amont Pont C.N.
55	combiné	27 po.	Face à l'île Bon Foin
56	combiné	12 po.	Aval de l'île Haynes
57	combiné	12 po.	Entre la tour de l'Hydro Québec et la pointe sud-est de l'île Jésus

TABLEAU 10

Effluents industriels localisés dans la région du port de Montréal (Talbot et al., 1974).

Lettre	Industries	Dimension	Localisation
A	Dominion Textile	12 po.	quai no 33
B	Can. Vickers	20 po.	quai no 56 est
C	Mtl. Locomotive	2 pi. X 2 pi.	quai no 62
D	B.P.	2 de 18 po.	quai no 94
E	Met. Petroleum	48 po.	quai no 94
F	Union Carbide	18 po.	quai no 99
G	TEXACO	3 pi.	quai no 100
H	TEXACO	-	quai no 101
I	ESSO	36 po.	quai no 102
J	SHELL oil	-	sec. no 104
K	Emissaire Durocher	-	quai no 105
L	GULF oil	-	quai no 109

Echantillonnage de juin (Figures 10a, b)

A la sortie du canal Lachine, la conductivité est relativement faible (226-250 Umhos) et augmente progressivement jusqu'au niveau du tunnel Hyppolyte Lafontaine; les eaux plus conductrices des effluents apparaissent entre les émissaires 14 et 20. L'augmentation de la conductivité est ici notable en raison de la conductivité particulièrement élevée de l'émissaire Molson (740 à 1200 Umhos/cm) (Caillé et al., 1973). Ces eaux s'assimilent aux eaux de plus faible conductivité pour former une bande de conductivité variant entre 276 et 300 Umhos/cm jusqu'au niveau de l'effluent G. Une zone de conductivité variant entre 251 et 275 Umhos/cm s'étend de l'effluent G jusqu'à Repentigny.

Il appert donc que les eaux longeant la rive nord du fleuve sont de conductivité plus faible que prévu. Ceci pourrait s'expliquer par le mélange rapide des effluents urbains avec les eaux partiellement mélangées du fleuve et des Outaouais.

La diminution de la conductivité à partir de l'effluent G est attribuée à la variabilité des phénomènes, l'échantillonnage ayant été réparti sur deux jours.

Les eaux plus conductrices des effluents urbains au confluent de rivière des Prairies et des Mille--Iles sont à peine discernables. Leur assimilation serait très rapide vu les forts débits à cette période de l'année (Tableau 11).

Les eaux très peu assimilées par les eaux du fleuve baignent les îles au Bois-Blanc, aux Cerfeuils et Saint-Laurent. L'île Sainte-Thérèse est bordée par des eaux dont la qualité est fortement contrôlée par les eaux du fleuve.

Les proportions de mélange des eaux du fleuve et des Outaouais apparaissent au Tableau 12.

Echantillonnage d'août (Figures 11a, b)

Les eaux à la sortie du canal Lachine sont de même conductivité que celles du fleuve (>300 Umhos/cm). On ne trouve aucune trace d'eau partiellement mélangée des Outaouais et du fleuve de la cité du Havre jusqu'au tunnel Hyppolyte Lafontaine. Les effluents sont alors confondus aux eaux du fleuve. A cette époque de l'année, les débits aux canaux Sainte-Anne et Vaudreuil sont faibles par rapport au débit du fleuve (4.9% à 6.6%), de plus la température des eaux du fleuve et des tributaires sont équivalentes. Ces facteurs ajoutés à la présence des rapides Lachine favorisent le mélange complet des eaux présentes.

TABLEAU 11

Débits du fleuve et des tributaires dans la région de Montréal (PCS)

RIVIERES	JUN					AOÛT		SEPTEMBRE					
	16	17	18	19	20	27	28	3	4	16	17	18	20
Beauharnois	251000	250000	250000	249000	252000	237000	241000	245000	238000	245000	247000	244000	245000
Les Cèdres	43600	45300	51300	45200	46900	34300	36800	28000	27500	26100	28600	24800	30200
Sainte-Anne	28600	25100	26800	26000	25500	8860	8440	11500	10100	7560	8240	8440	8650
Vaudreuil	17200	14600	15800	15200	14900	4860	4620	6410	5560	4100	4500	4620	4740
Des Prairies	45100	43900	43400	42300	40900	22800	22100	26100	24900	22200	22400	23100	23600
Des Mille-Iles	19600	9920	9640	9240	8410	680	624	1440	1320	1000	863	948	990
Assomption	4850	5630	4970	4230	3590	443	406	330	314	703	800	651	668
Canal Vaudreuil + canal Sainte-Anne/ Saint-Laurent	16%	15%	14%	14%	14%	5.1%	4.9%	6.6%	5.9%	4.3%	4.6%	4.9%	4.9%
Des Prairies + Mille- Iles + Assomption/ Saint-Laurent	21%	20%	19%	19%	18%	8.8%	8.6%	10.2%	10.0%	8.8%	8.7%	9.2%	9.2%

Relation linéaire entre les différents
types d'eau

Mois de juin

Conductivité résultante (Umhos/cm)	Eaux des tributaires (80 Umhos/cm)	Eaux du fleuve (315 Umhos/cm)
< 100	100%	-
101 - 175	76	34%
176 - 225	49	51
226 - 250	33	67
251 - 275	22	78
276 - 300	12	88
> 300	-	100

Mois d'août

Conductivité résultante (Umhos/cm)	Eaux des tributaires (80 Umhos/cm)	Eaux du fleuve (320 Umhos/cm)
< 100	100%	-
101 - 175	77	23%
176 - 225	51	49
226 - 250	35	65
251 - 275	25	75
276 - 300	15	85
> 300	-	100

Mois de septembre

Conductivité résultante (Umhos/cm)	Eaux des tributaires (80 Umhos/cm)	Eaux du fleuve (310 Umhos/cm)
< 100	100%	-
101 - 175	75	25%
176 - 225	48	52
226 - 250	32	68
251 - 275	21	79
276 - 300	10	90
> 300	-	100

A partir du tunnel apparaît une zone de forte conductivité qui longe la rive nord de l'île de Montréal jusqu'au bout de l'île; celle-ci pourrait être associée aux effluents de Montréal. A cette bande succède une zone de conductivité plus faible (276-300 Umhos/cm) que l'on ne retrouve pas en amont. Celle-ci baigne les îles suivantes: Sainte-Thérèse, aux Veaux, aux Vaches, aux Asperges, aux Moutons et aux Vers. La discordance au niveau du tunnel est due au fait que l'échantillonnage de la région au sud de l'île de Montréal s'est étendu sur une période de deux (2) jours. De plus, dans le cas particulier des types d'eau 6 et 7, la différence des valeurs enregistrées est très rapprochée de l'erreur associée à la mesure.

Les îles au confluent du fleuve et des rivières des Prairies, des Mille-Iles et l'Assomption sont baignées par des eaux dont la qualité physique serait principalement influencée par les eaux très conductrices du fleuve (Tableau 12). On remarque parallèlement que les débits de ces rivières sont très faibles à cette époque de l'année (Tableau 11).

Les effluents urbains se jetant au niveau de rivière des Prairies apparaissent distinctivement le long de l'extrémité nord de l'île de Montréal.

Echantillonnage de septembre (Figures 12a, b).

Les eaux à la sortie du canal Lachine représentent un mélange de 79% eaux du fleuve et de 21% eaux des Outaouais. Leur assimilation par les eaux du fleuve est très rapide; à partir de l'effluent 11, on ne fait plus de distinction entre les eaux partiellement mélangées du fleuve et des Outaouais. Les différents types d'eau réapparaissent au confluent des rivières des Prairies, des Mille-Iles et l'Assomption. Les proportions des différents mélanges se trouvent au Tableau 12.

Les commentaires du mois d'août s'appliquent à l'aire de propagation des effluents urbains situés sur la rive nord de l'île de Montréal ainsi que pour les tributaires concernés.

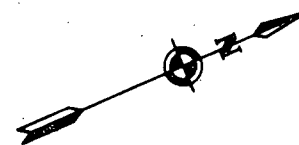
CARTE ISOPARAMETRIQUE CONDUCTIVITE

Echantillonnage Juin 1975

LEGENDE

(umhos/cm)

- | | | |
|---------|---|--|
| 0-100 | 1 | Egouts combines Δ I-57 |
| 101-175 | 2 | Egout pluvial $\blacklozenge$ |
| 176-225 | 3 | Effluents industriels $\blacktriangle$ A-L |
| 226-250 | 4 | Limite de l'etude - - - - |
| 251-275 | 5 | Contacts - - - - |
| 276-300 | 6 | |
| 301-325 | 7 | |
| > 325 | 8 | |



ECHELLE

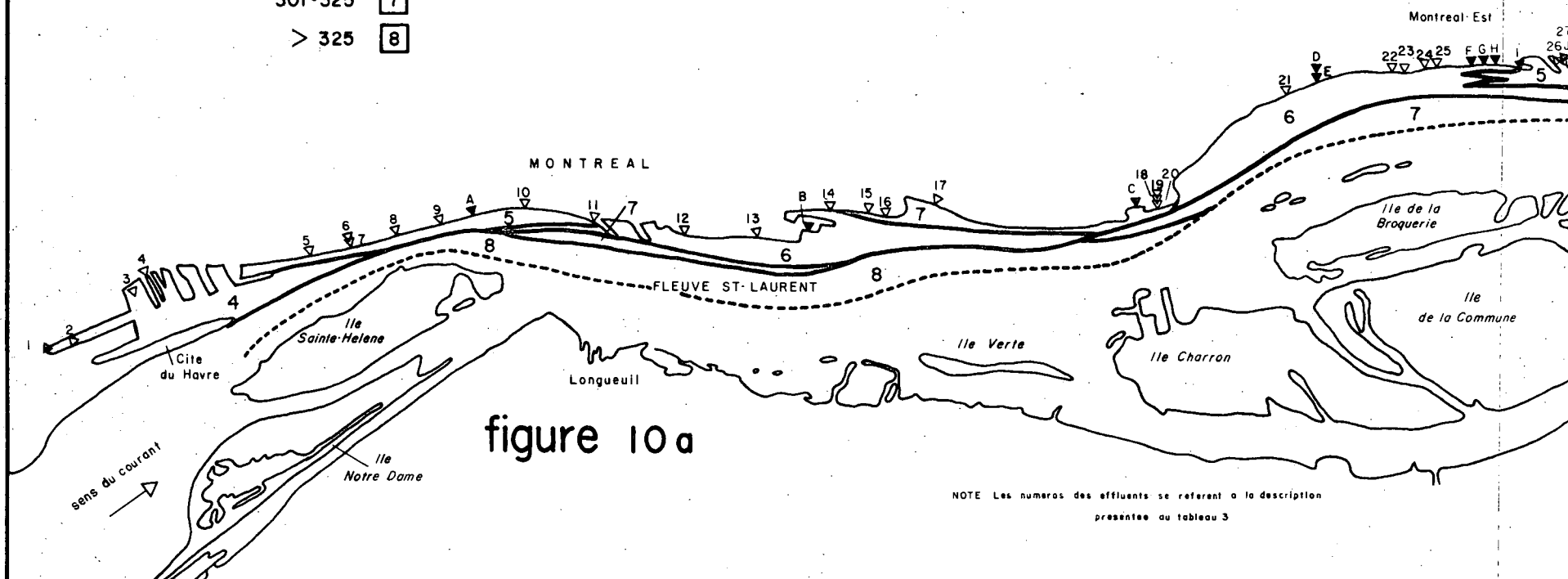
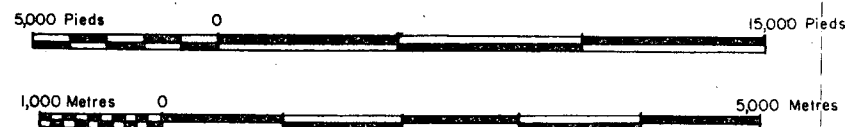


figure 10a

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

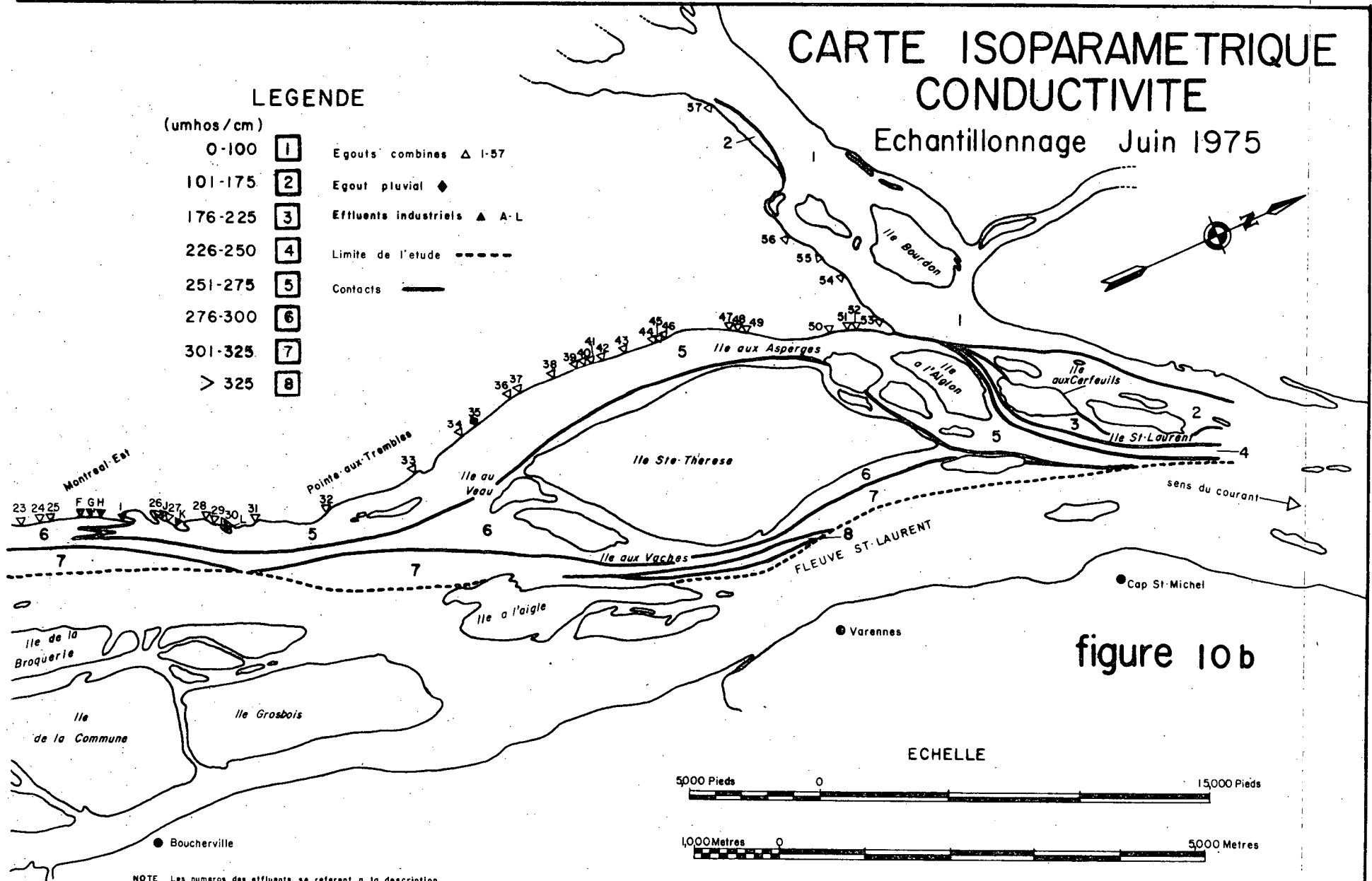
CARTE ISOPARAMETRIQUE CONDUCTIVITE

Echantillonnage Juin 1975

LEGENDE

(umhos/cm)

- | | | |
|---------|---|--|
| 0-100 | 1 | Egouts combines Δ I-57 |
| 101-175 | 2 | Egout pluvial $\blacklozenge$ |
| 176-225 | 3 | Effluents industriels $\blacktriangle$ A-L |
| 226-250 | 4 | Limite de l'etude - - - - |
| 251-275 | 5 | Contacts ——— |
| 276-300 | 6 | |
| 301-325 | 7 | |
| > 325 | 8 | |



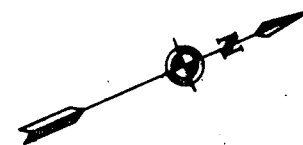
CARTE ISOPARAMETRIQUE CONDUCTIVITE

Echantillonnage Aout 1975

LEGENDE

(umhos/cm)

0-100	1	Egouts combines Δ 1-57
101-175	2	Egout pluvial ◆
176-225	3	Effluents industriels ▲ A-L
226-250	4	Limite de l'etude - - - - -
251-275	5	Contacts ———
276-300	6	
301-325	7	
> 325	8	



ECHELLE

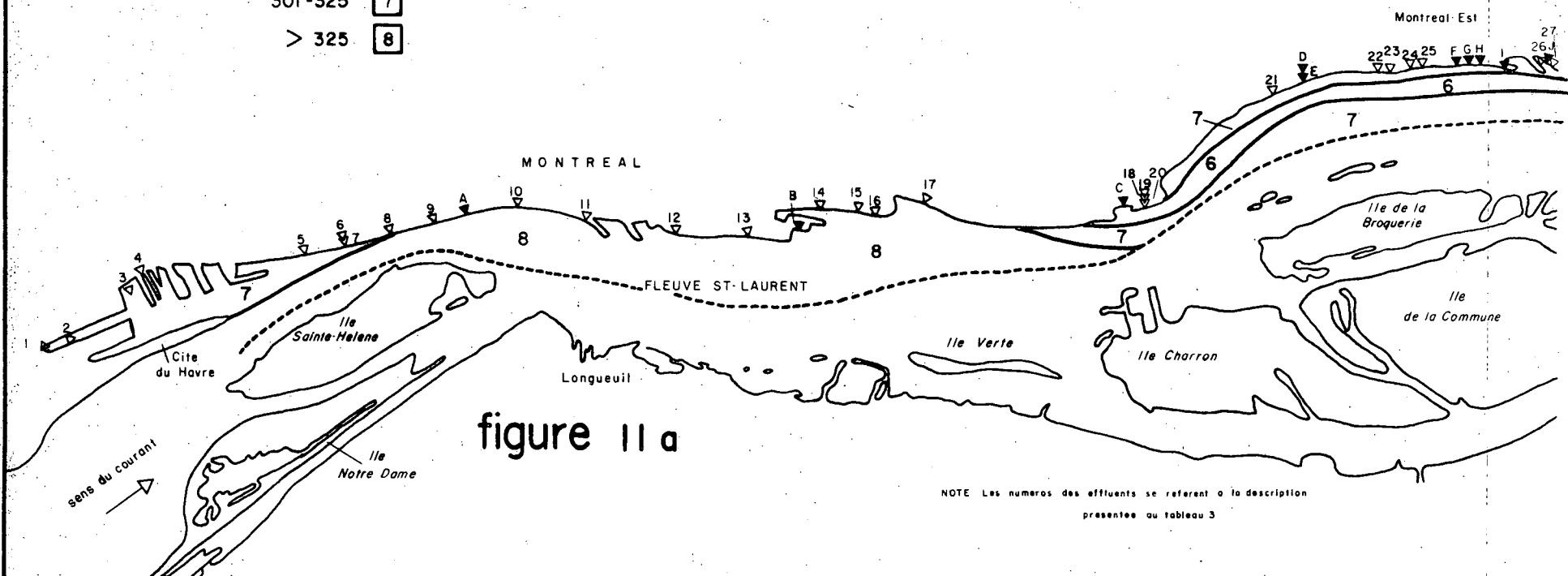


figure 11 a

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

CARTE ISOPARAMETRIQUE CONDUCTIVITE

Echantillonnage Aout 1975

LEGENDE

(umhos/cm)

0-100	1	Egouts combines Δ I-57
101-175	2	Egout pluvial ♦
176-225	3	Effluents industriels ▲ A-L
226-250	4	Limite de l'etude - - - -
251-275	5	Contacts —
276-300	6	
301-325	7	
> 325	8	

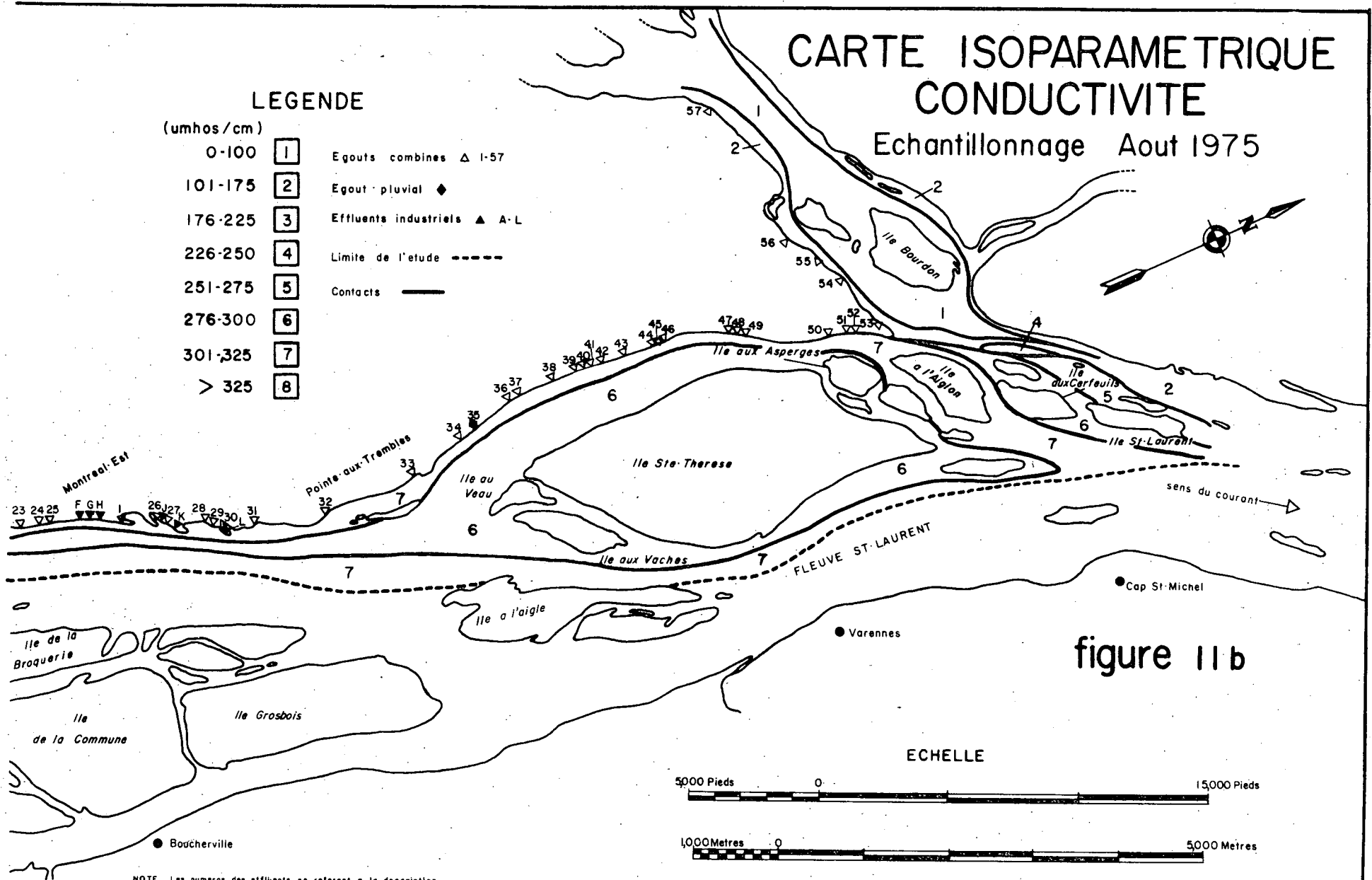


figure 11b

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

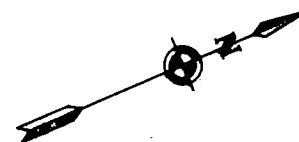
CARTE ISOPARAMETRIQUE CONDUCTIVITE

Echantillonnage Septembre 1975

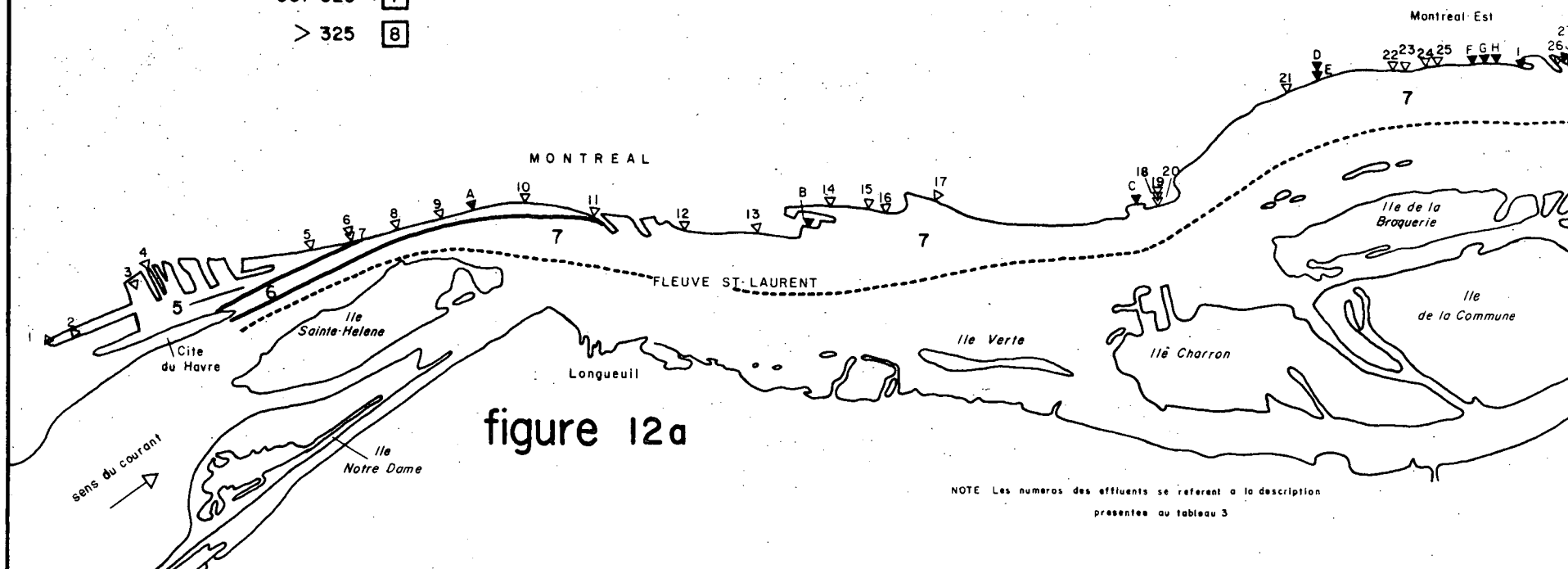
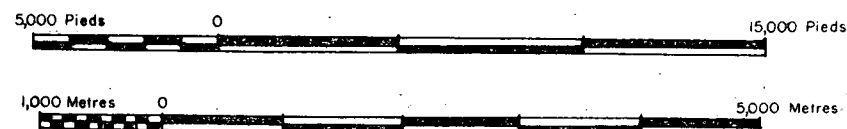
LEGENDE

(umhos/cm)

- | | | |
|---------|---|-----------------------------|
| 0-100 | 1 | Egouts combines Δ 1-57 |
| 101-175 | 2 | Egout pluvial ◆ |
| 176-225 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| 226-250 | 4 | Limite de l'étude - - - |
| 251-275 | 5 | Contacts — |
| 276-300 | 6 | |
| 301-325 | 7 | |
| > 325 | 8 | |



ECHELLE



CARTE ISOPARAMETRIQUE CONDUCTIVITE

Echantillonnage Septembre 1975

LEGENDE

(umhos/cm)

- | | | |
|---------|---|--|
| 0-100 | 1 | Egouts combines Δ I-57 |
| 101-175 | 2 | Egout pluvial $\blacklozenge$ |
| 176-225 | 3 | Effluents industriels $\blacktriangle$ A-L |
| 226-250 | 4 | Limite de l'etude - - - - |
| 251-275 | 5 | Contacts ——— |
| 276-300 | 6 | |
| 301-325 | 7 | |
| > 325 | 8 | |

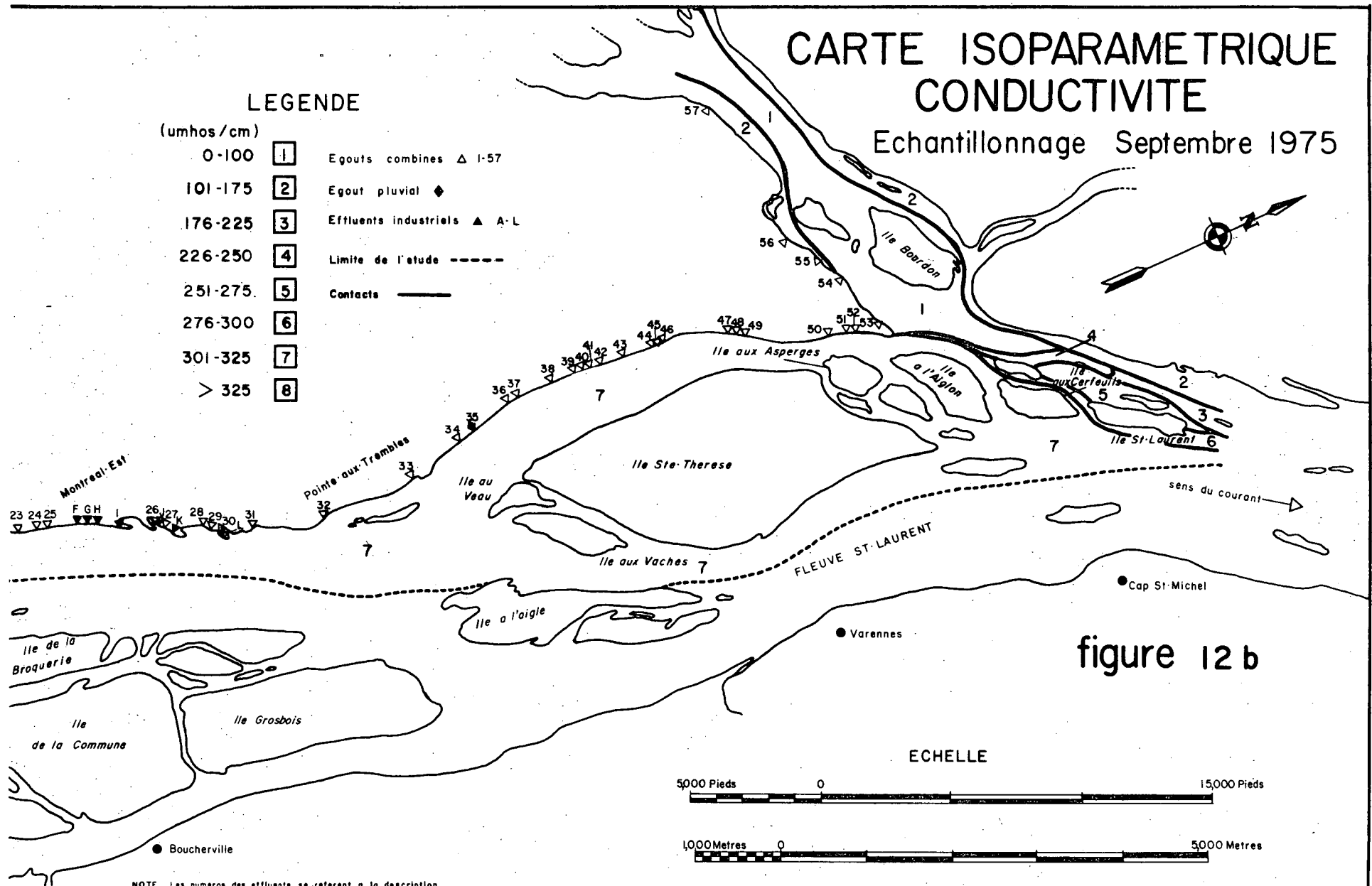
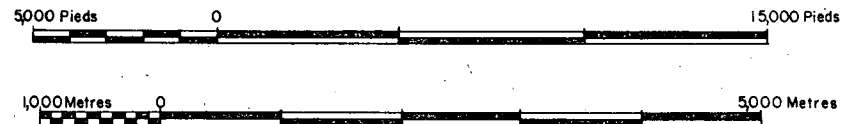


figure 12 b

ECHELLE



NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

4.2.2 Caractérisation chimique du mélange

4.2.2.1 Etude de la DCO

Dans l'ensemble, les effluents de la région de Montréal influencent très peu la qualité générale du fleuve face à la demande chimique en oxygène (Figures 13, 14, 15).

D'après une adaptation des résultats présentés par R. Brémond et R. Vuichard (1973) et les classes proposées par M. Nisbet et J. Verneaux (1970) (Figure 16), nous déduisons la qualité de chaque zone de la manière suivante:

DCO (forme dissoute) mg/l	Zone	Qualité de l'eau
< 7	1	Eaux courantes de bonne qualité
7-9	2	Eaux courantes chargées en matière organique
10-12	3	
13-15	4	Eaux de qualité douteuse
> 16	5	

Notons que dans ces classes nous ne tenons pas compte de la valeur de la DCO dérivée des substances responsables de la couleur. La couleur est principalement due à la présence de la matière organique dans l'eau. Elle peut aussi être attribuable à la présence du fer, de polyphénols (de poids moléculaire supérieur à 1000) et à des substances provenant du métabolisme des algues (Anonyme, 1967). La connaissance actuelle du milieu ne nous permet pas d'évaluer dans quelle proportion chaque substance contribue à la coloration de l'eau. Cependant, des études antérieures montrent que 75% et 85% des acides organiques trouvés dans l'eau sont des acides fulviques (Anonyme, 1970); ces derniers sont entièrement oxydés par le dichromate de potassium tandis que les acides humiques ne le sont que partiellement.

Dans l'ensemble, l'eau de la région sud de l'île de Montréal correspond à la catégorie des eaux courantes chargées en matière organique. Les concentrations de DCO trouvées dans cette région correspondent à la concentration moyenne trouvée dans le fleuve à Beauharnois (en moyenne 8.6 mg/l pour la période s'étendant de juin à novembre). Nous sommes cependant conscients du fait que la DCO varie de façon significative dans le temps, sur une base mensuelle dans le fleuve (Tableaux 8b, d).

Au mois de juin, la qualité de l'eau à la sortie du canal Lachine est plus détériorée que celle du fleuve. L'assimilation est cependant très rapide. La qualité de cette eau serait conditionnée

principalement par la qualité des eaux partiellement mélangées du fleuve (67%) et des Outaouais (33%) et par l'effet secondaire des effluents urbains chargés en matière organique. En tenant compte de la qualité du fleuve et des Outaouais au mois de juin et des proportions de chacun des types d'eau, on obtiendrait une concentration de 9.6 mg/l à la sortie du canal Lachine. L'apport des effluents urbains et les variations de la DCO dans les eaux du fleuve et des Outaouais expliqueraient la différence entre cette valeur et la qualité moyenne de la zone étudiée, soit 10.5 mg/l.

On note une mince bande de qualité plus détériorée aux mois de juin et juillet le long de la rive sud de l'île de Montréal, dans la région de Pointe-aux-Trembles. Les conditions hydrologiques et la qualité physique des eaux dans cette zone pour cette période d'échantillonnage permettraient une diffusion plus lente des eaux des émissaires.

Les concentrations des substances organiques sont nettement plus élevées au confluent de rivières des Prairies et des Mille-Iles. Ces zones sont de qualité douteuse (Tableau 14a, types d'eau 1 et 2).

La qualité générale de la zone étudiée se rapproche de celle des tributaires alimentant cette région (Tableaux 13a, b). Nous estimons donc que la qualité globale de la région en rapport avec la DCO dépendrait davantage de celle de la rivière des Outaouais que de la présence des déversements municipaux.

Nous avons tenté d'évaluer la qualité selon des différents types d'eau (déterminés à partir de la conductivité). Les résultats apparaissent aux tableaux 14a, b, c. Globalement, les eaux peu conductrices sont significativement plus détériorées que les eaux du fleuve (>300 Umhos/cm). Pour les différents mélanges, les résultats varient selon l'échantillonnage considéré. Pour chaque type d'eau nous obtenons les proportions suivantes de mélange des eaux du fleuve et des eaux des tributaires:

Type d'eau Umhos/cm	Proportion de mélange % eaux du fleuve		
	Juin	Août	Septembre
< 100	0	0	0
101 - 175	20	16	5
176 - 225	57	65	54
226 - 250	67	91	66
251 - 275	79	96	75
276 - 300	80	96	93
> 300	100	100	100

Sauf pour le mois d'août, ces rapports correspondent à ceux déterminés par la conductivité.

TABLEAU 13a - Qualité moyenne des tributaires¹

Tributaire	DCO(F) ² mg/l	NTK ³ (F) ² mg/l (N)
Rivière des Outaouais (Carillon)	15.9 (13-20)	0.31 (0.22-0.42)
Rivière des Prairies (Pierrefonds)	15.0 (12-20)	0.32 (0.28-0.40)
Rivière des Mille-Iles (Saint-Eustache)	15.8 (13-16)	0.31 (0.26-0.39)
Rivière Assomption	13.3 (10-16)	0.44 (0.29-0.60)

TABLEAU 13b - Qualité générale de l'eau dans la région au confluent
de rivières des Prairies, des Mille-Iles et l'Assomption
(sections 14A, B (partie), 21, 22A, 22B 23, 24)

Mois	DCO(F) ² mg/l	NTK ³ (F) ² mg /l
Juin	13.6	0.28
Août	16.4	0.35
Septembre	14.6	0.37

¹ La qualité moyenne des tributaires fut évaluée à partir des résultats mensuels obtenus dans le cadre de l'étude des tributaires et de l'étude des bilans.

² NTK: azote total Kjeldahl.

³ (F): échantillon filtré.

CARTE ISOPARAMETRIQUE

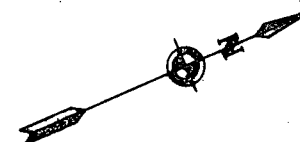
DCO (forme dissoute)

Echantillonnage Juin 1975

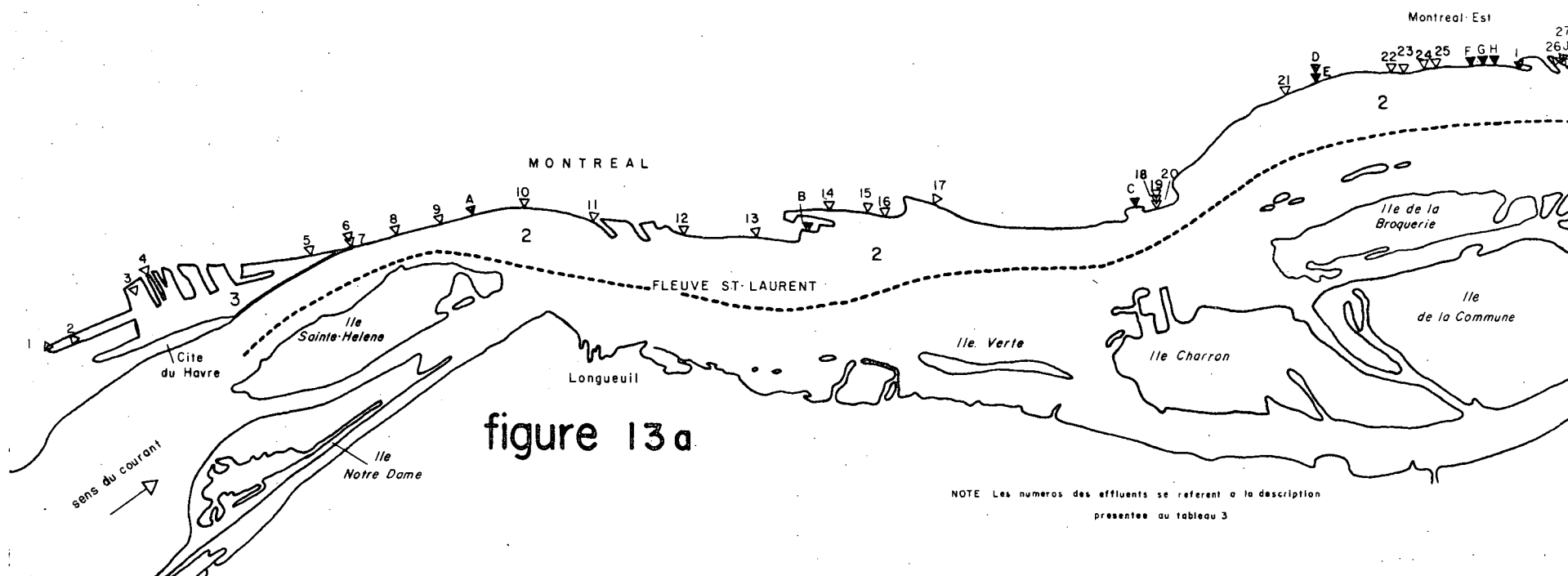
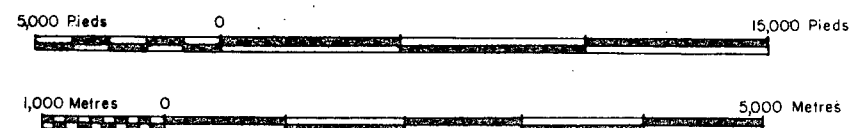
LEGENDE

(mg/l)

- | | | |
|-------|---|-----------------------------|
| < 7 | 1 | Egouts combines Δ I-57 |
| 7-9 | 2 | Egout pluvial ◆ |
| 10-12 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| 13-15 | 4 | Limite de l'etude - - - - |
| ≥ 16 | 5 | Contacts ——— |



ECHELLE



NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

CARTE ISOPARAMETRIQUE DCO (forme dissoute)

LEGENDE

(mg / l)		
< 7	1	Egouts combines Δ I-57
7-9	2	Egout pluvial ♦
10-12	3	Effluents industriels ▲ A-L
13-15	4	Limite de l'étude - - - -
≥ 16	5	Contacts ———

Echantillonnage Juin 1975

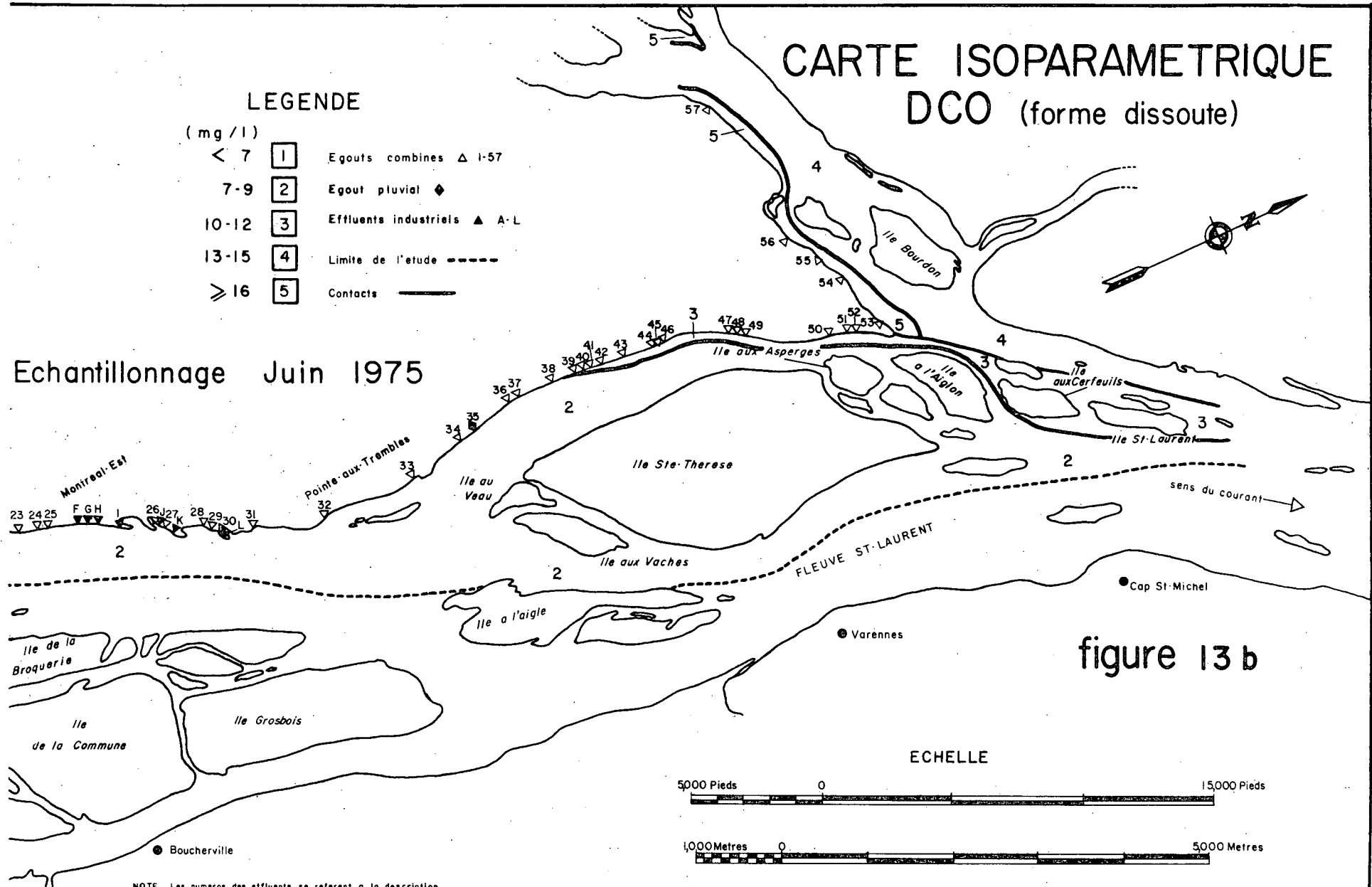


figure 13 b

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

CARTE ISOPARAMETRIQUE

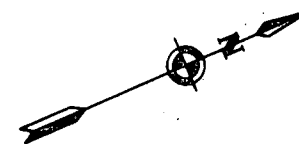
DCO (forme dissoute)

Echantillonnage Aout 1975

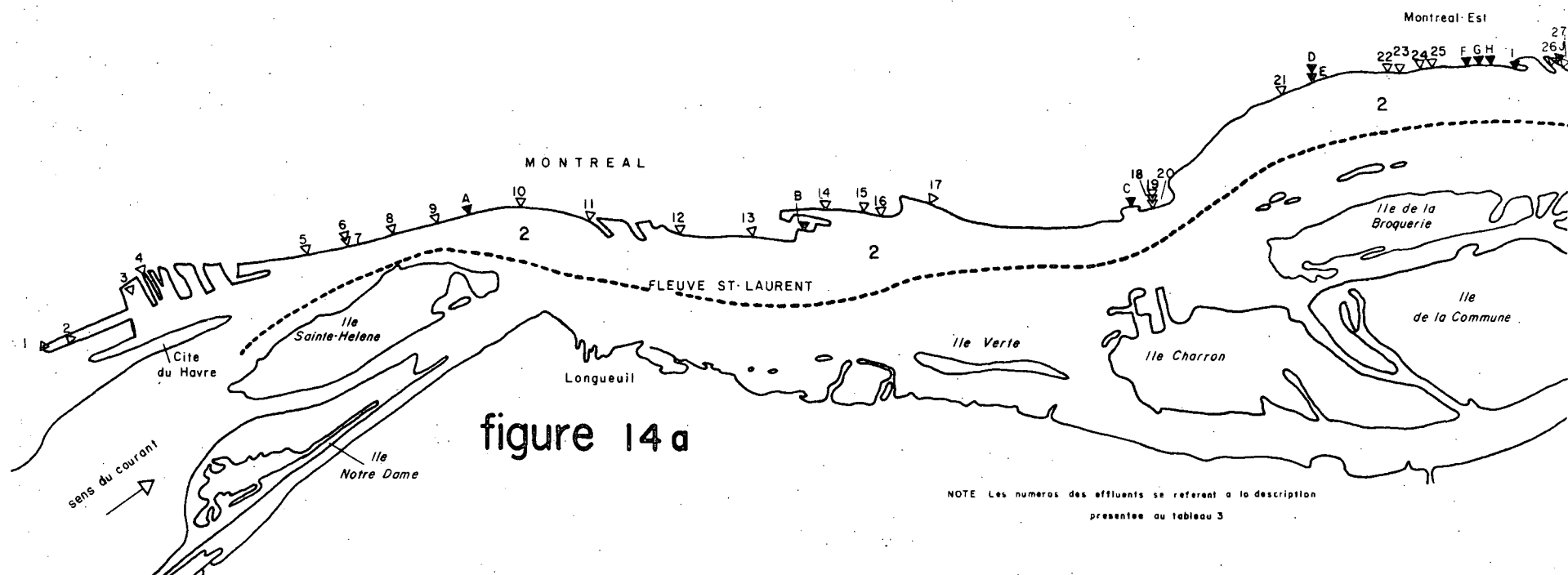
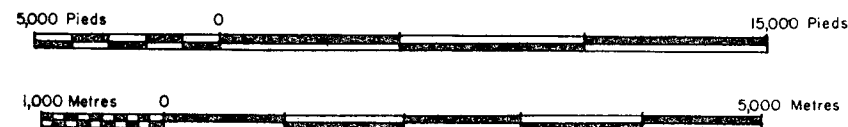
LEGENDE

(mg/l)

- | | | |
|-------|---|-----------------------------|
| < 7 | 1 | Egouts combines Δ 1-57 |
| 7-9 | 2 | Egout pluvial ◆ |
| 10-12 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| 13-15 | 4 | Limite de l'étude - - - - |
| > 16 | 5 | Contacts ——— |



ECHELLE



CARTE ISOPARAMETRIQUE DCO (forme dissoute)

LEGENDE

(mg / l)

- | | | |
|-------|---|-----------------------------|
| < 7 | 1 | Egouts combines Δ 1-57 |
| 7-9 | 2 | Egout pluvial ♦ |
| 10-12 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| 13-15 | 4 | Limite de l'etude - - - - |
| ≥ 16 | 5 | Contacts ——— |

Echantillonnage Aout 1975

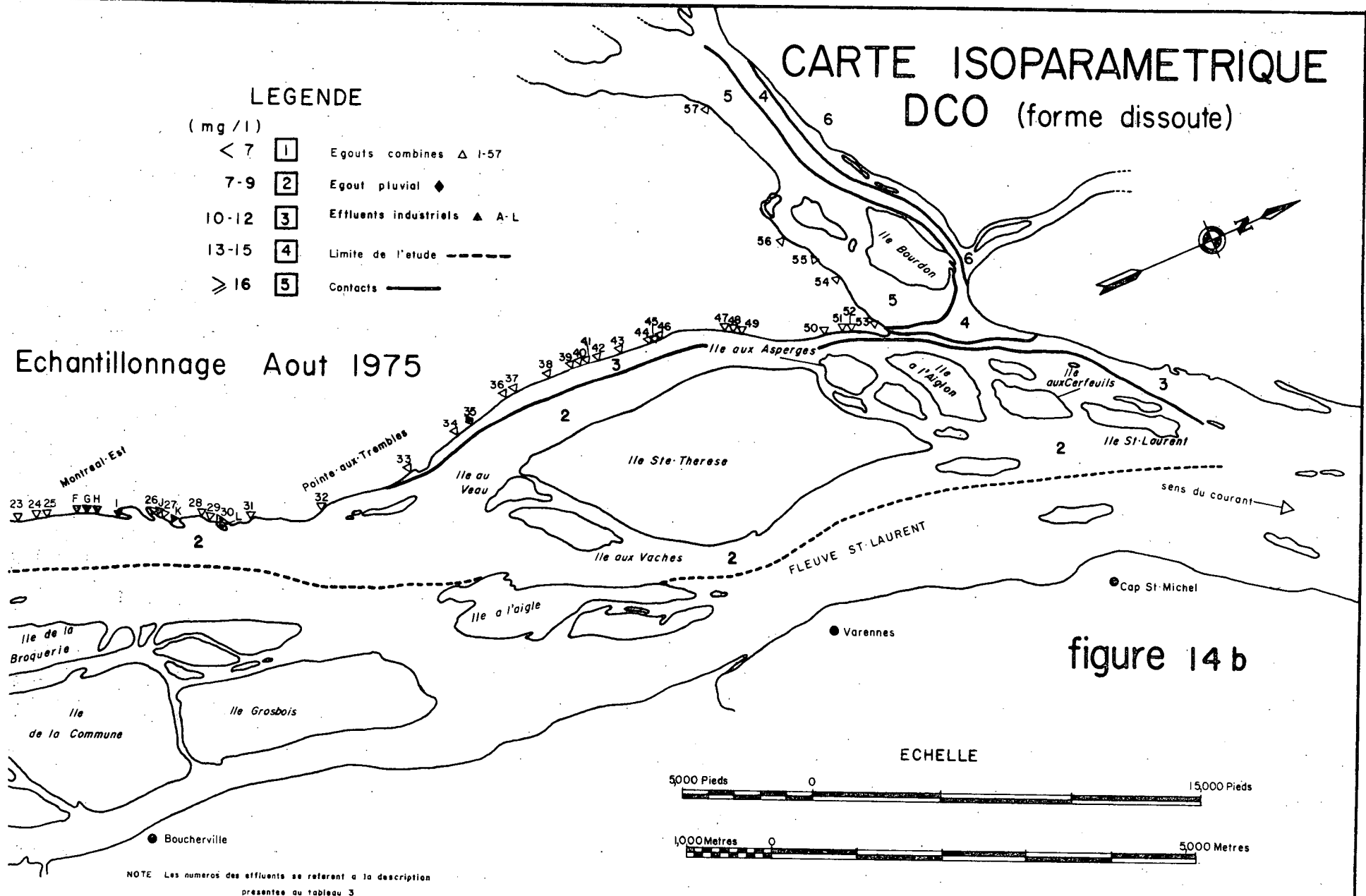


figure 14 b

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

CARTE ISOPARAMETRIQUE

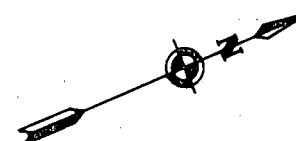
DCO (forme dissoute)

Echantillonnage Septembre 1975

LEGENDE

(mg/l)

- | | | |
|-------|---|-----------------------------|
| < 7 | 1 | Egouts combines Δ 1-57 |
| 7-9 | 2 | Egout pluvial ◆ |
| 10-12 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| 13-15 | 4 | Limite de l'étude - - - |
| ≥ 16 | 5 | Contacts — |



ECHELLE

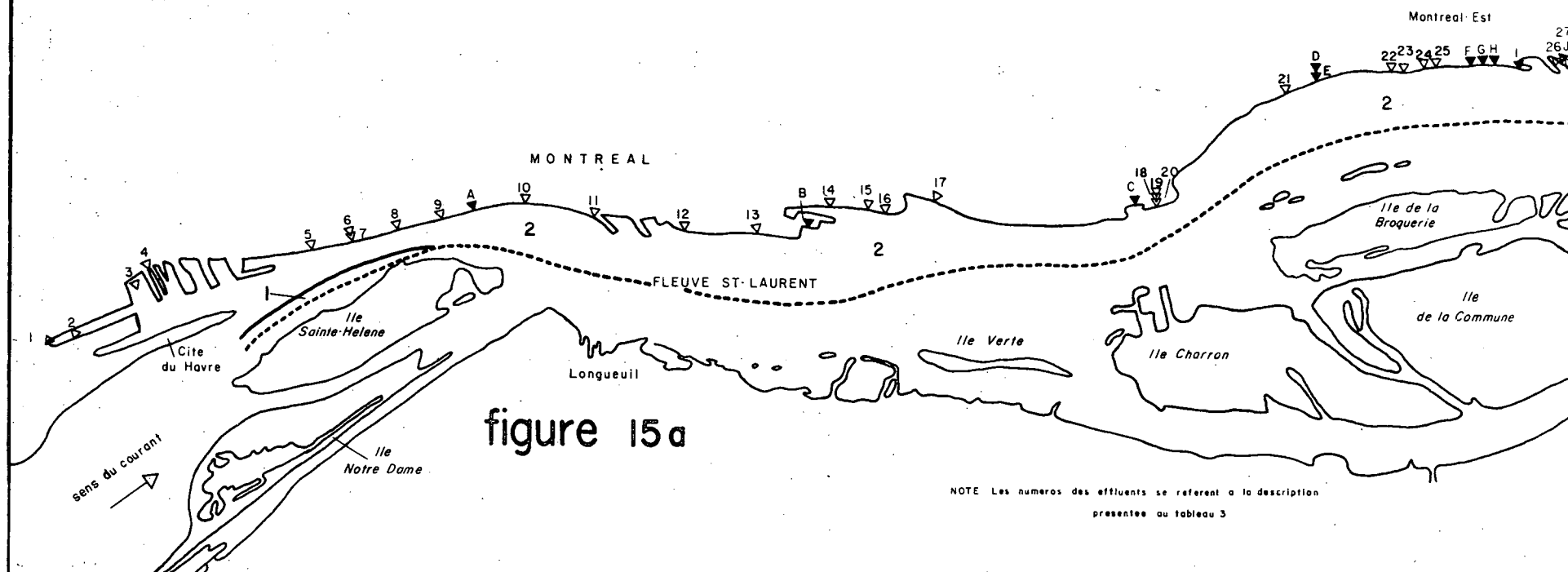
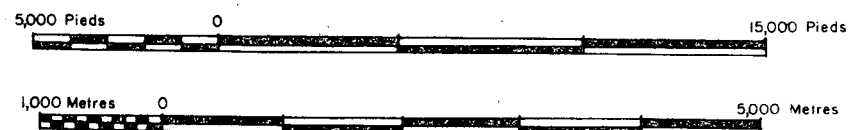


figure 15a

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description presentee au tableau 3

CARTE ISOPARAMETRIQUE DCO (forme dissoute)

LEGENDE

(mg/l)

- | | | |
|-------|---|-----------------------------|
| < 7 | 1 | Egouts combines Δ I-57 |
| 7-9 | 2 | Egout pluvial ♦ |
| 10-12 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| 13-15 | 4 | Limite de l'étude - - - - |
| ≥ 16 | 5 | Contacts ——— |

Echantillonnage Septembre 1975

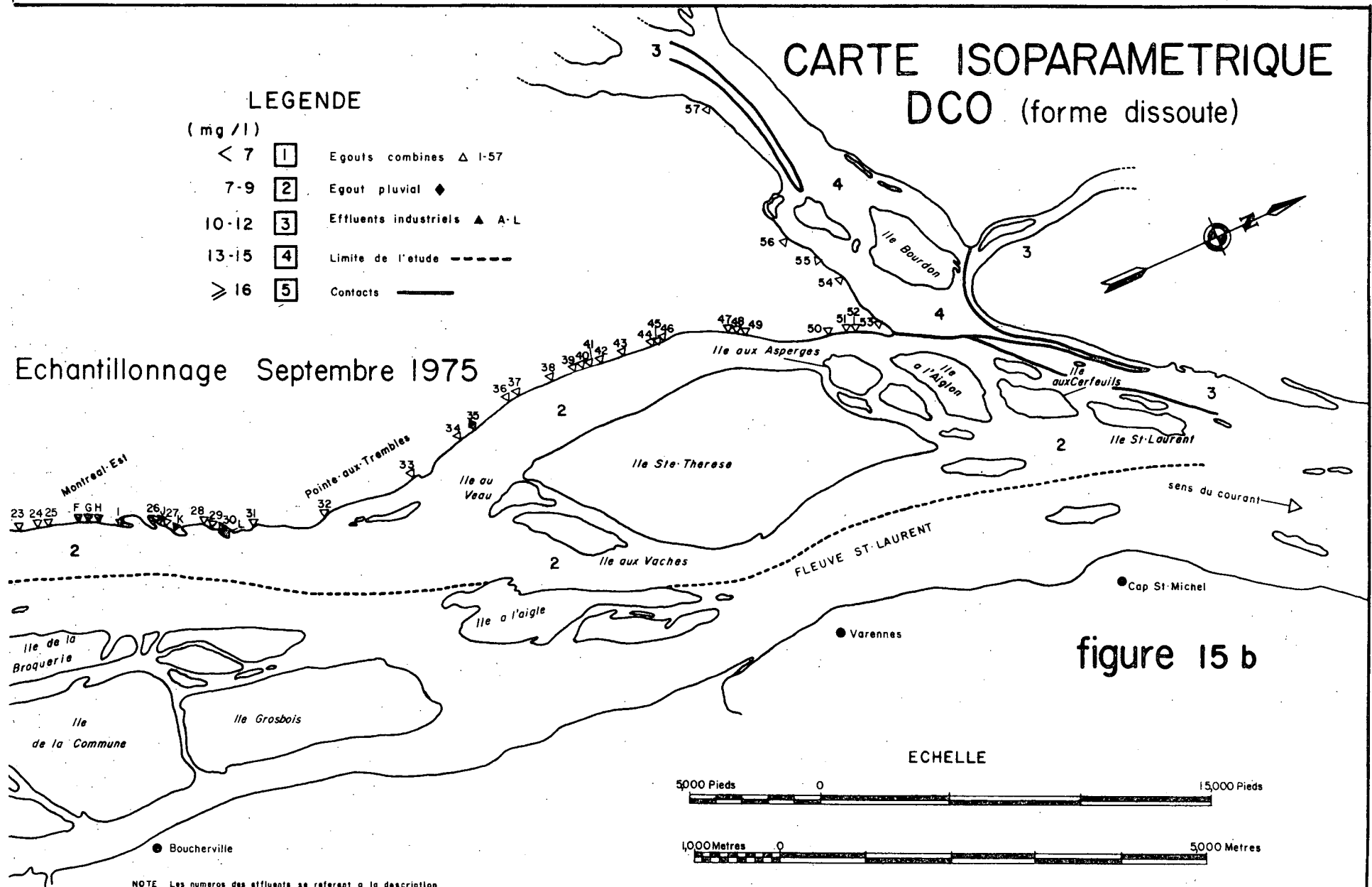


figure 15 b

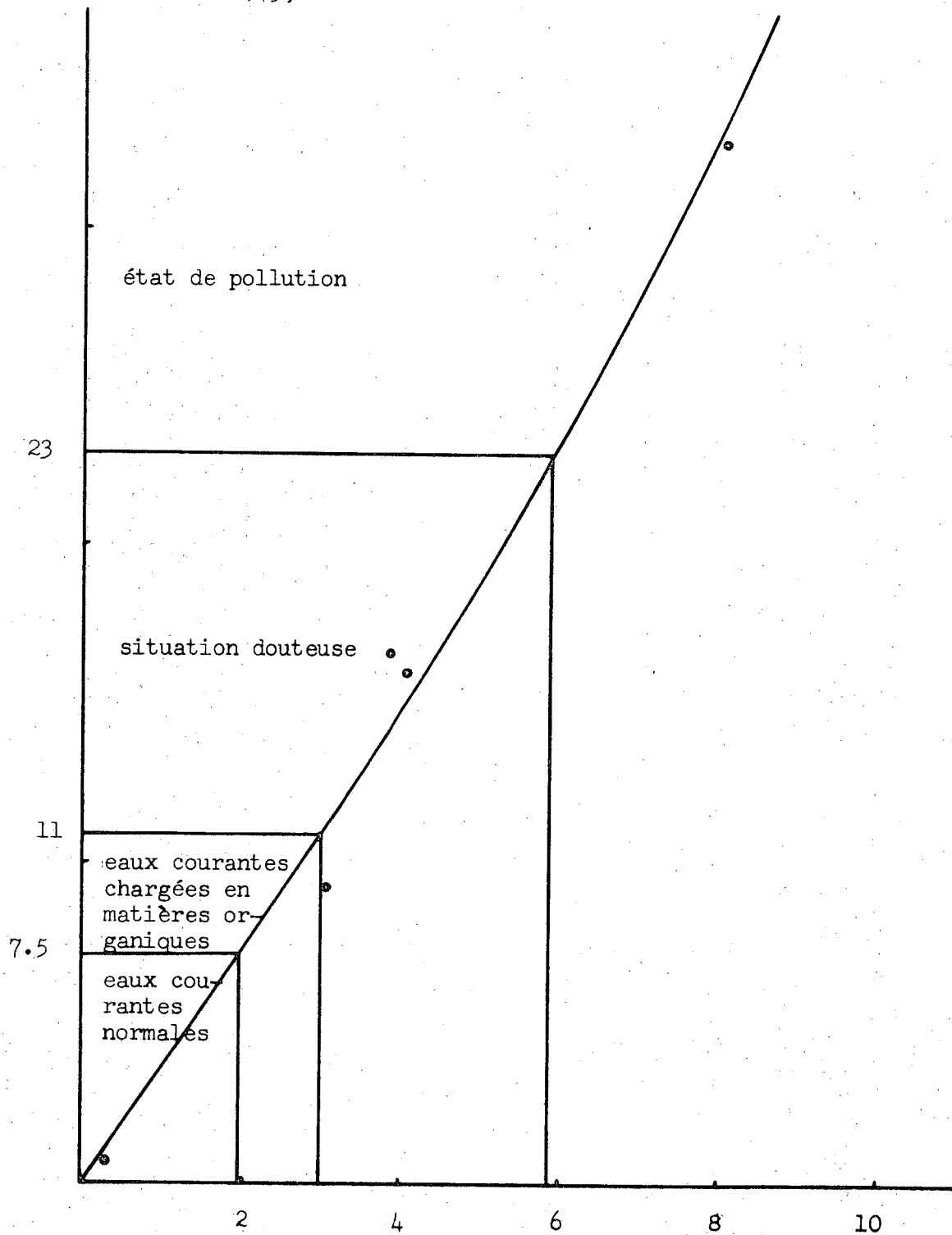
NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

QUALITE DE L'EAU EN RELATION AVEC LA DCO

(Nisbet et Vernaux, 1970; Brémond et Vuichard, 1973)

mg/l d'O₂

Cr₂O₇K



mg/l d'O₂

MnO₄K

4.2.2.2. Etude de l'azote

Seul l'azote Kjeldahl sous forme soluble fut déterminé. Les résultats apparaissent aux Figures 17, 18, 19. L'influence des effluents de Montréal sur la qualité générale des eaux du fleuve est plus apparente que pour la DCO et les variations d'une période d'échantillonnage à l'autre sont notables.

A la sortie du canal Lachine, les concentrations sont élevées. Aux mois de juin et d'août, on remarque une diminution progressive de ces concentrations dans les zones de forte turbulence. Aux environs de l'effluent G, les concentrations s'élèvent. Dans la région de Montréal-Est et de Pointe-aux-Trembles, elles sont plus élevées sur le bord de l'île de Montréal et elles diminuent progressivement vers l'île Sainte-Thérèse. La vitesse des eaux est probablement inférieure dans cette zone, ce qui permettrait une certaine stratification des substances azotées. On note cependant que les limites de chacune des zones déterminées antérieurement (Béland, 1974) sont très rapprochées de l'erreur associée à l'analyse, soit 0.04 mg/l.

Au mois de septembre, la stratification est plus prononcée. Une bande de forte concentration longe toute la partie sud de l'île de Montréal; les concentrations diminuent vers le large. Les trois zones présentes s'apparentent à un même type d'eau, soit les eaux du fleuve ($> 300 \text{ Umhos/cm}$); ceci mettrait en évidence l'influence des effluents municipaux le long des rives.

Dépendamment des conditions hydrologiques et physiques (densité et température), l'aire d'influence peut varier de façon marquée d'une session d'échantillonnage à l'autre.

Au confluent de rivières des Prairies et des Mille-Iles, la qualité des eaux baignant les rives serait influencée par des apports d'effluents urbains. L'aire de propagation de ces zones serait fonction du débit des rivières et des émissaires. Au confluent du fleuve et des tributaires, la diffusion semble assez limitée. Dans la région de Repentigny, les rives sont baignées par des eaux dont la qualité serait influencée par celle des rivières l'Assomption et des Mille-Iles. La qualité de l'eau aux environs des îles à l'Aiglon, Bois-Blanc, Cerfeuil et Saint-Laurent varie d'un mois à l'autre. Dans l'ensemble, le comportement de l'azote total Kjeldahl (filtré) dans les tributaires semble correspondre à celui déterminé par la conductivité.

Nous avons évalué la qualité de chacun des types d'eau (Tableau 14). Il appert que la zone 2 soit la plus détériorée; cette zone correspond à une bande étroite d'eaux usées longeant la partie nord de l'île de Montréal au confluent de rivière des Prairies et de rivière des Mille-Iles, aux eaux longeant la rive nord de rivière des Mille-Iles et aux eaux en provenance de la rivière l'Assomption. Les zones de mélange 1,3, 4 (définies à partir de la conductivité) sont de qualité intermédiaire. Les eaux du fleuve (> 300 Umhos/cm) et les zones de mélange 5 et 6 (251 - 300 Umhos/cm) seraient de de qualité moins détériorée.

La qualité moyenne des tributaires concernés apparaît au Tableau 13. Les concentrations d'azote Kjeldahl au confluent de rivières des Prairies et des Mille-Iles sont du même ordre que celles des eaux alimentant cette zone. Les rejets municipaux ne seraient pas les premiers responsables de la qualité détériorée de ce milieu.

TABLEAU 14a

Qualité moyenne des différents types d'eau dans la région de Montréal

TYPES D'EAU	DCO (F) ¹ mg/l						Azote Total Kjeldahl (F) ¹ mg/l						Phénols (mg/l)			
	Juin		Août		Septembre		Juin		Août		Septembre		Août		Septembre	
	$\bar{x}$ ²	s ³	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1 < 100 Umhos/cm	14.4	1.7	16.1	1.3	13.3	1.6	0.26	0.08	0.34	0.11	0.34	0.08	8.0	5.0	15.1	9.7
2 101-175 "	13.0	2.3	14.8	3.3	13.0	1.5	0.33	0.11	0.43	0.17	0.41	0.12	7.3	4.1	14.9	10.7
3 176-225 "	10.5	0.7	10.8	1.0	9.8	1.0	0.28	0.08	0.33	0.11	0.33	0.03	4.0	0	13.3	2.5
4 226-250 "	9.8	0.7	8.6	1.1	9.0	0	0.28	0.10	0.35	0.09	0.35	0.02	5.4	3.1	7.8	3.1
5 251-275 "	9.0	1.9	8.2	2.4	8.4	0.5	0.84	0.07	0.26	0.03	0.31	0.01	4.2	1.1	13.3	7.6
6 276-300 "	8.9	1.8	8.2	1.4	7.2	1.0	0.21	0.06	0.28	0.08	0.33	0.10	5.6	4.9	10.6	10.1
7 > 300	7.6	1.3	7.8	1.4	6.7	0.7	0.19	0.04	0.28	0.09	0.27	0.06	6.9	6.5	7.9	6.8

¹ (F) : échantillon filtré² $\bar{x}$: moyenne³ s : écart type

TABLEAU 14b

Résultats de l'analyse
de variance¹

Paramètre	date	SS2	SS1	N-K	K-1	F	F théorique $\alpha: 95\%$
DCO	juin	1942.4	995.6	329	6	106.9 *	2.1
DCO	août	3984.0	859.2	328	6	253.5 *	"
DCO	sept.	2292.4	358.8	323	6	343.9 *	"
NTK ²	juin	0.378	1.85	331	6	11.27*	"
NTK ²	août	1.11	3.28	326	6	18.39*	"
NTK ²	sept.	0.587	1.75	322	6	18.00*	"
Phénols	août	770	9,724	319	6	4.21*	"
Phénols	sept.	21497	3,152	322	6	7.87*	"

* Les valeurs moyennes de chaque zone sont significativement différentes ($\alpha: 95\%$).

¹ Description du test en Annexe II.

² Azote total Kjeldahl.

TABLEAU 14c

Résultats du test de Scheffé¹

Paramètre	date							
DCO	juin	1	2	3	4	5	6	7 ³
		↔	↔	↔			↔	↔
DCO	août	1	2	3	4	5	6	7
		↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
DCO	sept.	1	2	3	4	5	6	7
		↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
NTK ²	juin	2	3	4	1	5	6	7
		↔	↔			↔	↔	↔
NTK ²	août	2	4	1	3	6	7	5
		↔	↔			↔		
NTK ²	sept.	2	4	1	3	6	5	7
		↔	↔			↔		
			↔			↔	↔	
Phénols	août	Le test n'est pas assez puissant pour faire des distinctions.						
Phénols	sept.	1	2	3	4	5	6	7
		↔					↔	↔
			↔					↔

¹ Description du test en Annexe II

² NTK: azote total Kjeldahl

³ Les numéros se réfèrent aux types d'eau (voir Tableau 14a)

CARTE ISOPARAMETRIQUE AZOTE TOTAL KJELDAHL (forme dissoute)

Echantillonnage Juin 1975

LEGENDE

(mg/l)

< .20

1

Egouts combines Δ I-57

.20-.25

2

Egout pluvial ◆

.26-.30

3

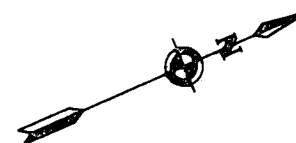
Effluents industriels ▲ A-L

> .30

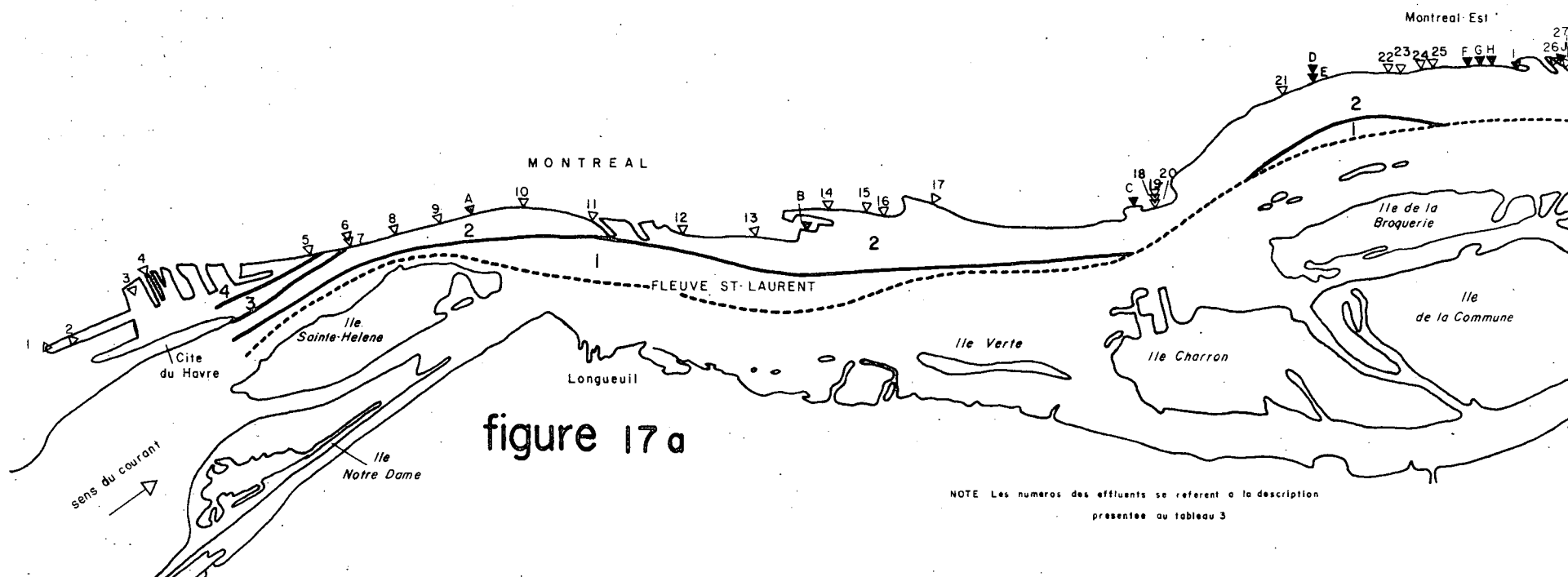
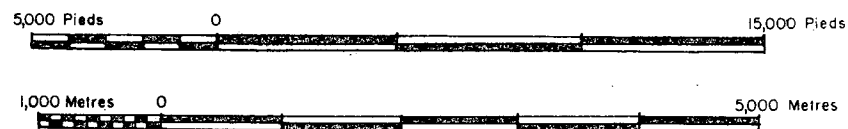
4

Limite de l'étude - - - -

Contacts ———



ECHELLE



CARTE ISOPARAMETRIQUE AZOTE TOTAL KJEL DAHL

(forme dissoute)

LEGENDE

(mg/l)

- | | | |
|---------|---|-----------------------------|
| < .20 | 1 | Egouts combines Δ 1-57 |
| .20-.25 | 2 | Egout pluvial ♦ |
| .26-.30 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| > .30 | 4 | Limite de l'etude - - - - |

Contacts ———

Echantillonnage Juin 1975

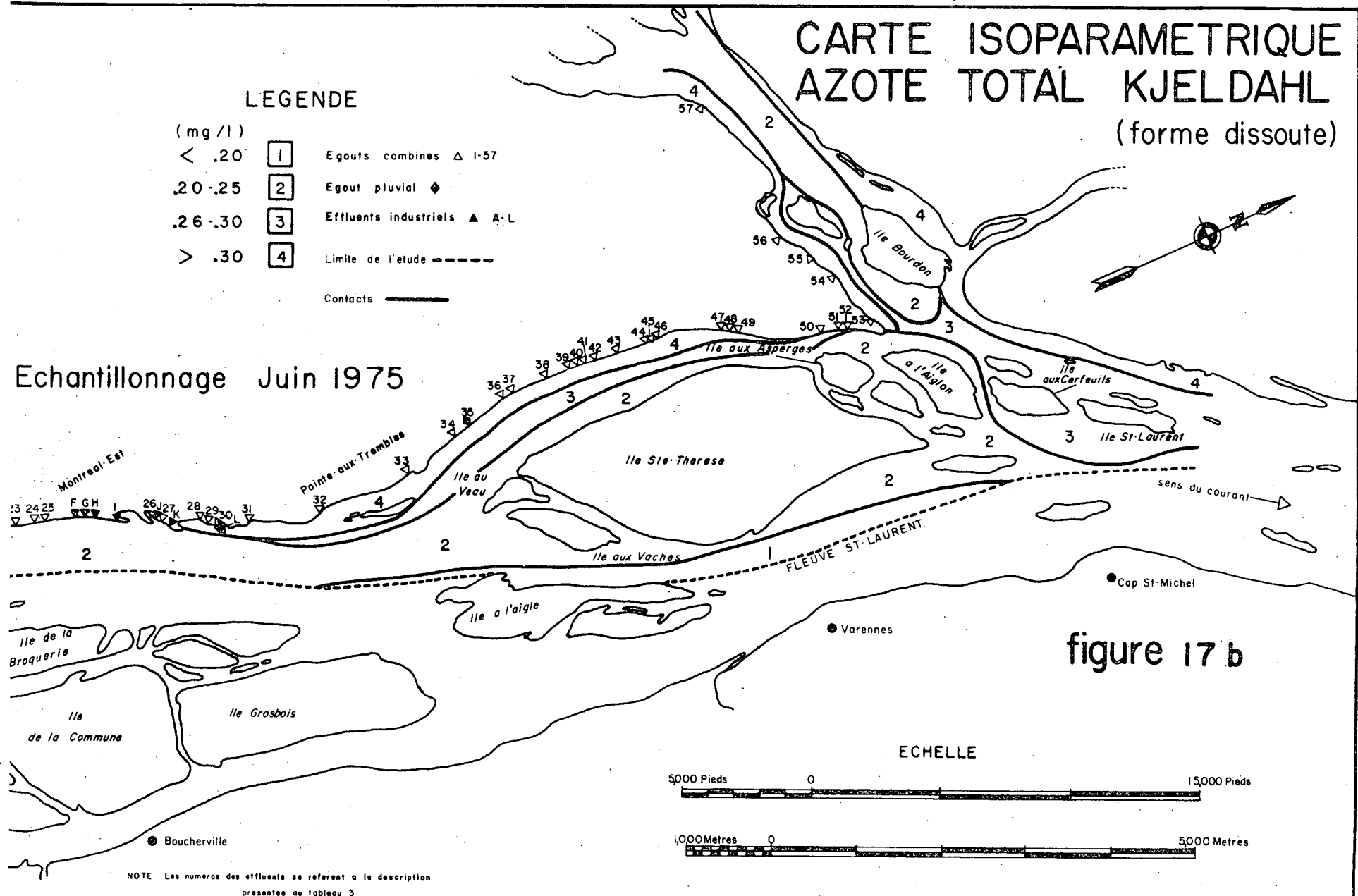


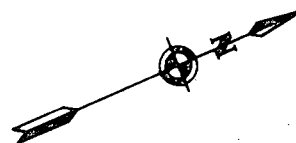
figure 17 b

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

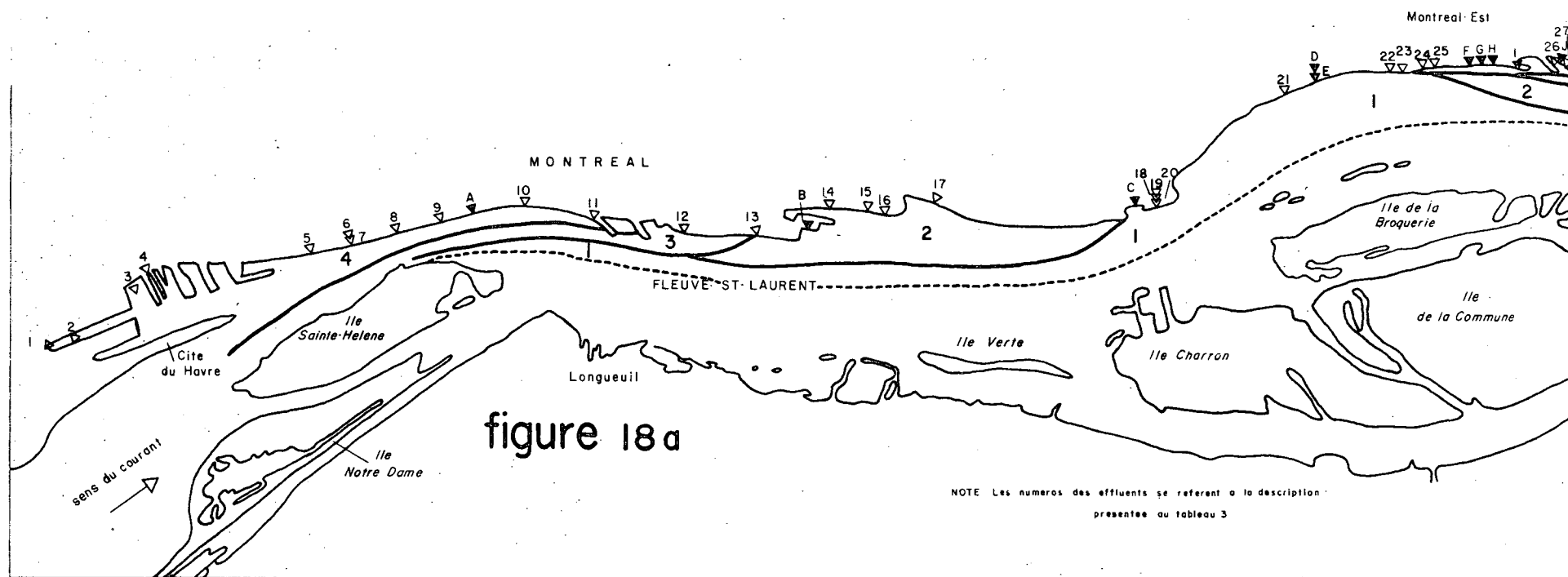
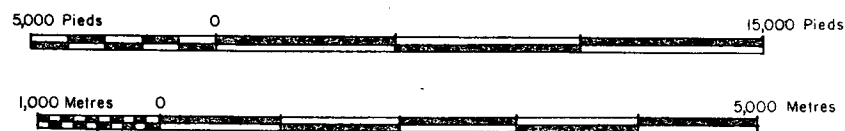
CARTE ISOPARAMETRIQUE AZOTE TOTAL KJELDAHL (forme dissoute) Echantillonnage Aout 1975

LEGENDE

(mg/l)		
< .20	1	Egouts combines Δ 1-57
.20 - .25	2	Egout pluvial ◆
.26 - .30	3	Effluents industriels ▲ A-L
> .30	4	Limite de l'étude - - - -
		Contacts ———



ECHELLE



CARTE ISOPARAMETRIQUE AZOTE TOTAL KJELDAHL

(forme dissoute)

LEGENDE

(mg/l)

<.20

1

Egouts combines Δ 1-57

.20 -.25

2

Egout pluvial ♦

.26 -.30

3

Effluents industriels ▲ A-L

>.30

4

Limite de l'etude - - - -

Contacts ———

Echantillonnage Aout 1975

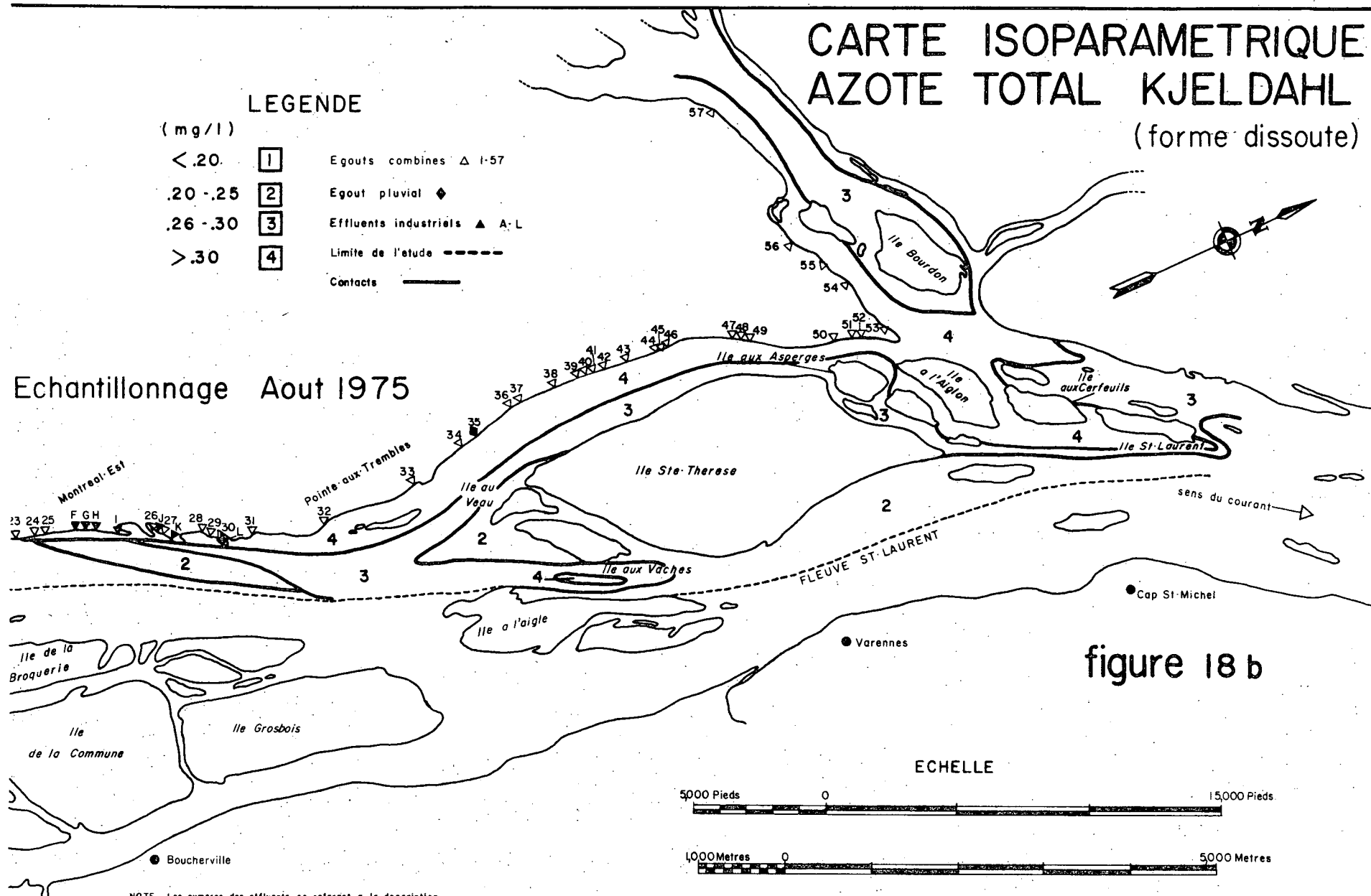


figure 18 b

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

CARTE ISOPARAMETRIQUE AZOTE TOTAL KJELDAHL (forme dissoute)

Echantillonnage Septembre 1975

LEGENDE

(mg/l)

< .20

1

Egouts combines Δ I-57

.20-.25

2

Egout pluvial ♦

.26-.30

3

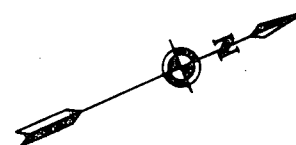
Effluents industriels ▲ A-L

> .30

4

Limite de l'étude - - - -

Contacts ———



ECHELLE

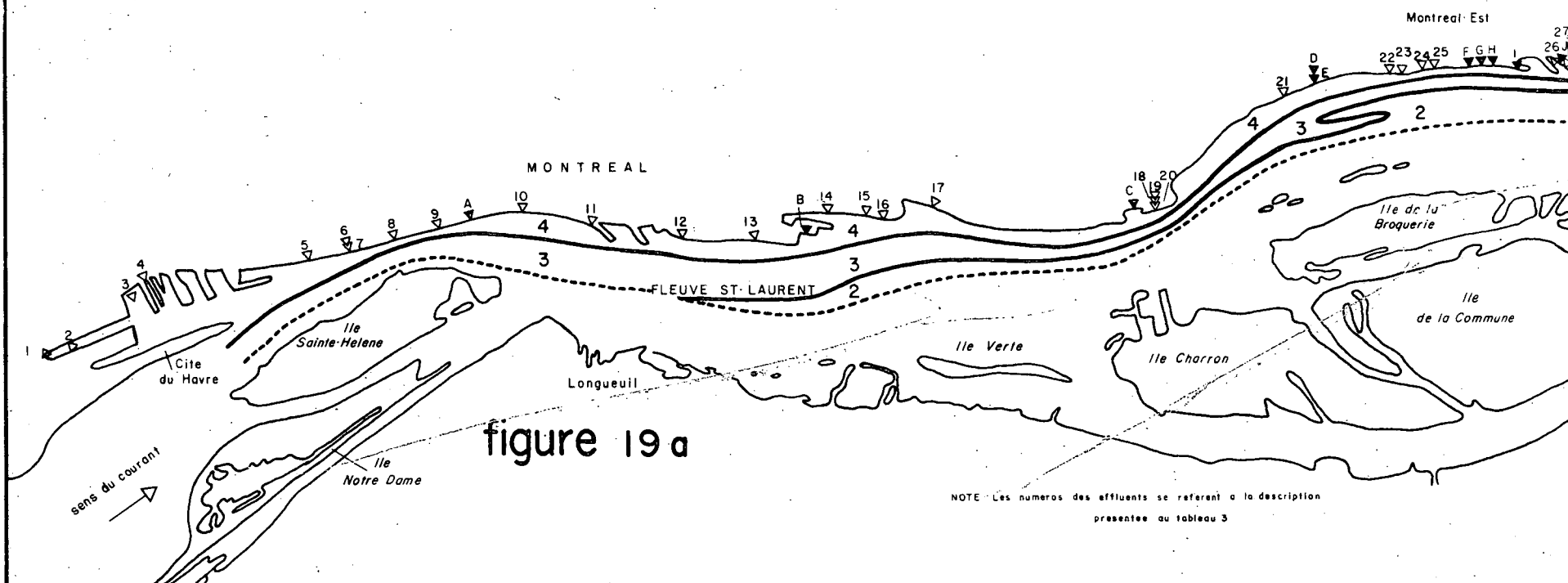
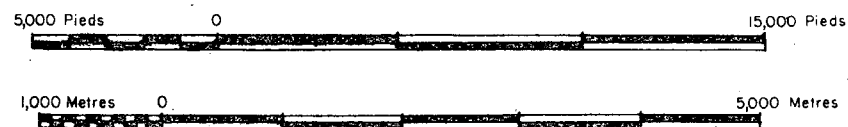


figure 19 a

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

CARTE ISOPARAMETRIQUE AZOTE TOTAL KJELDAHL

(forme dissoute)

LEGENDE

(mg/l)

< .20

1

Egouts combines Δ I-57

.20-.25

2

Egout pluvial ♦

.26-.30

3

Effluents industriels ▲ A-L

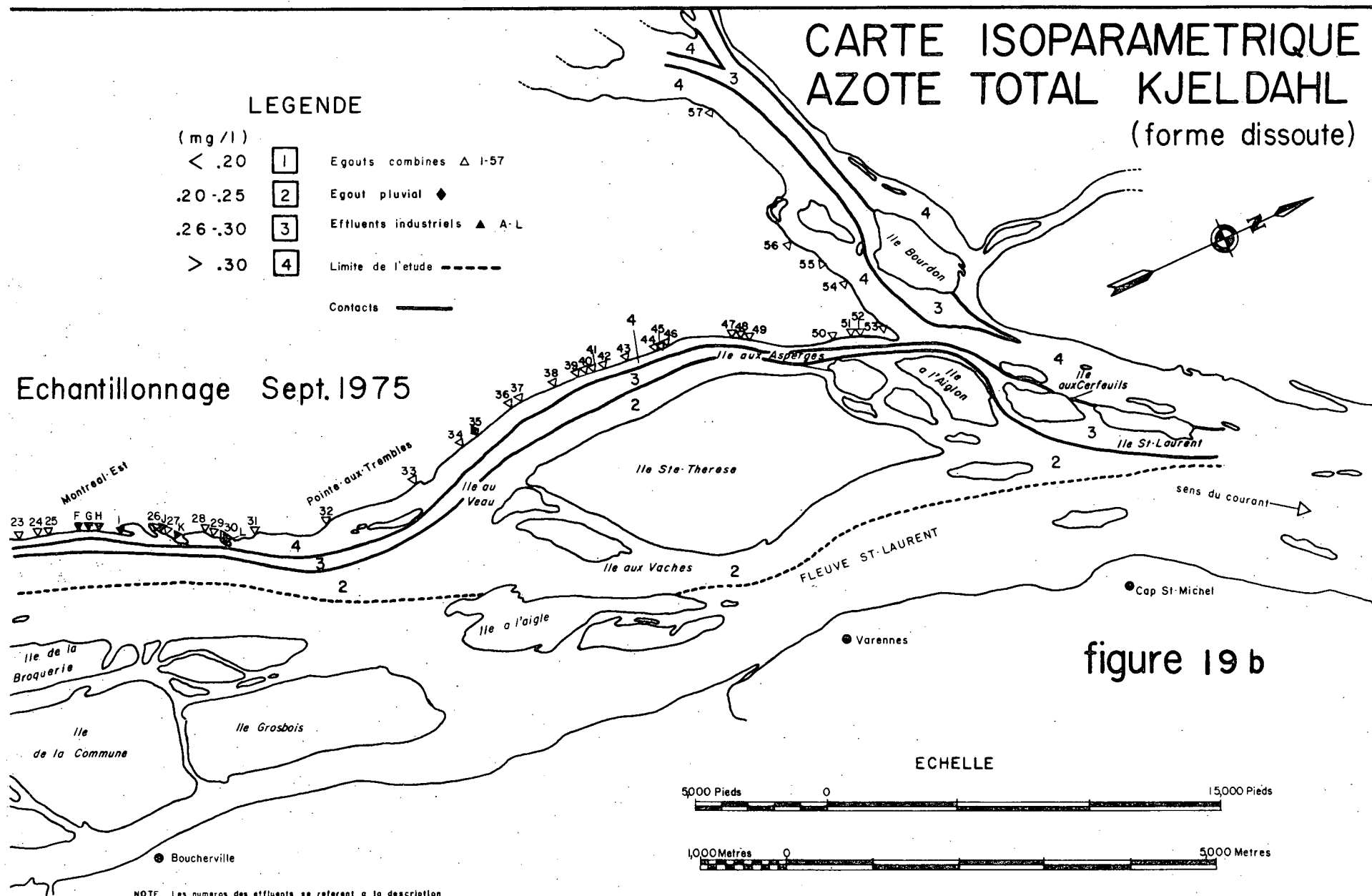
> .30

4

Limite de l'etude - - - -

Contacts ———

Echantillonnage Sept. 1975



4.2.2.3 Etude des phénols

L'analyse des phénols ne fut effectuée qu'aux mois d'août et de septembre. Les résultats sont regroupées aux Figures 20 et 21.

Les eaux des rivières des Prairies, des Mille-Iles et de l'aire d'influence des raffineries de pétrole de Montréal-Est sont très détériorées. Les concentrations maximales enregistrées atteignent 0.057 mg/l dans la région des raffineries et 0.041 mg/l au confluent de rivière des Prairies, de rivière des Mille-Iles et du fleuve Saint-Laurent. Les normes de qualité en relation à la vie aquatique sont très variables (Anonyme, 1974). Cependant, si les concentrations dépassent 0.02 mg/l, les poissons deviennent non comestibles. Le seuil de toxicité est de 1 mg/l pour les salmonidés et de 2 mg/l pour les poissons plus communs. Ces dernières concentrations ne sont cependant pas atteintes dans la région étudiée. Les normes d'utilisation en eau potable, soit 0.001 mg/l, sont cependant dépassées dans toute la région (Inhaber, 1975). Cette très faible teneur est exigée en raison du mauvais goût résultant de la formation des chlorophénols dans les usines de traitement (Anonyme, 1970).

La qualité des eaux de rivières des Prairies et des Mille-Iles est largement influencée par celle des eaux des Outaouais qui contiennent en moyenne 8 ppb de phénols¹.

¹ déterminée à partir de l'échantillonnage mensuel et journalier des tributaires.

La décomposition de la végétation au début de l'automne (échantillonnage de septembre) expliquerait probablement les valeurs plus élevées des phénols à l'embouchure de rivières des Prairies et des Mille-Iles ($\bar{x}$: 0.015 mg/l en septembre versus 0.070 mg/l en août). Notons que l'écart type des valeurs enregistrées lors de l'échantillonnage journalier de la rivière Outaouais est de 0.016; ce qui nous laisse supposer que la variation n'est pas simplement reliée à la variation journalière de la qualité de l'eau.

Nous avons évalué la teneur moyenne en phénols de chaque type d'eau (Tableau 14a). Cependant, comme le démontre les Figures 18 et 19, il n'y a pas de corrélation entre les types d'eau et la teneur en phénols; ceci est appuyé du fait que les écarts types sont très élevés.

4.2.3 Discussion

Dans l'ensemble, les cartes isoparamétriques sont peu représentatives de l'influence des effluents de Montréal au niveau du port; elles le sont davantage au niveau de rivière des Prairies. Ceci est dû principalement aux conditions favorisant le mélange rapide des eaux dans la région du port: les courants sont très rapides et les débits des émissaires sont très faibles par rapport à celui du fleuve. De plus, les effluents sont dans la majorité des cas immergés. Bref, les aires de propagation des effluents de Montréal sont réduites ou inexistantes dépendamment du paramètre en raison du mélange rapide.

DISTRIBUTION DES SUBSTANCES PHENOLIQUES

Echantillonnage Aout 1975

LEGENDE

(PPB)

0 - 5 1

Egouts combines Δ I-57

6 - 10 2

Egout pluvial $\blacklozenge$

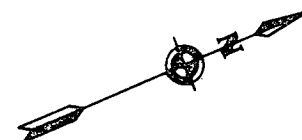
11 - 15 3

Effluents industriels $\blacktriangle$ A-L

> 15 4

Limite de l'etude - - - - -

Contacts ————



ECHELLE

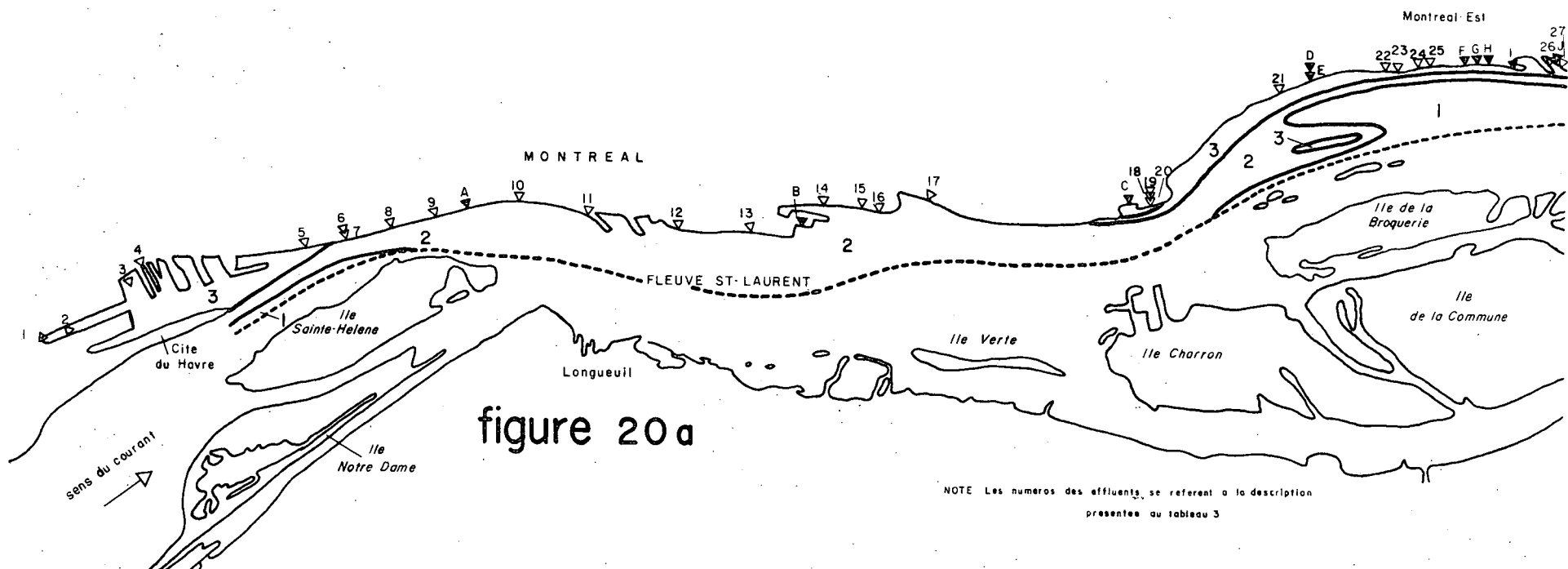
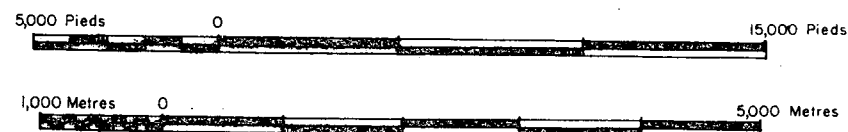


figure 20a

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

DISTRIBUTION DES SUBSTANCES PHENOLIQUES

LEGENDE

(PPB)		
0 - 5	1	Egouts combines Δ I-57
6 - 10	2	Egout pluvial ♦
11 - 15	3	Effluents industriels ▲ A-L
> 15	4	Limite de l'étude - - - -
		Contacts ———

Echantillonnage Aout 1975

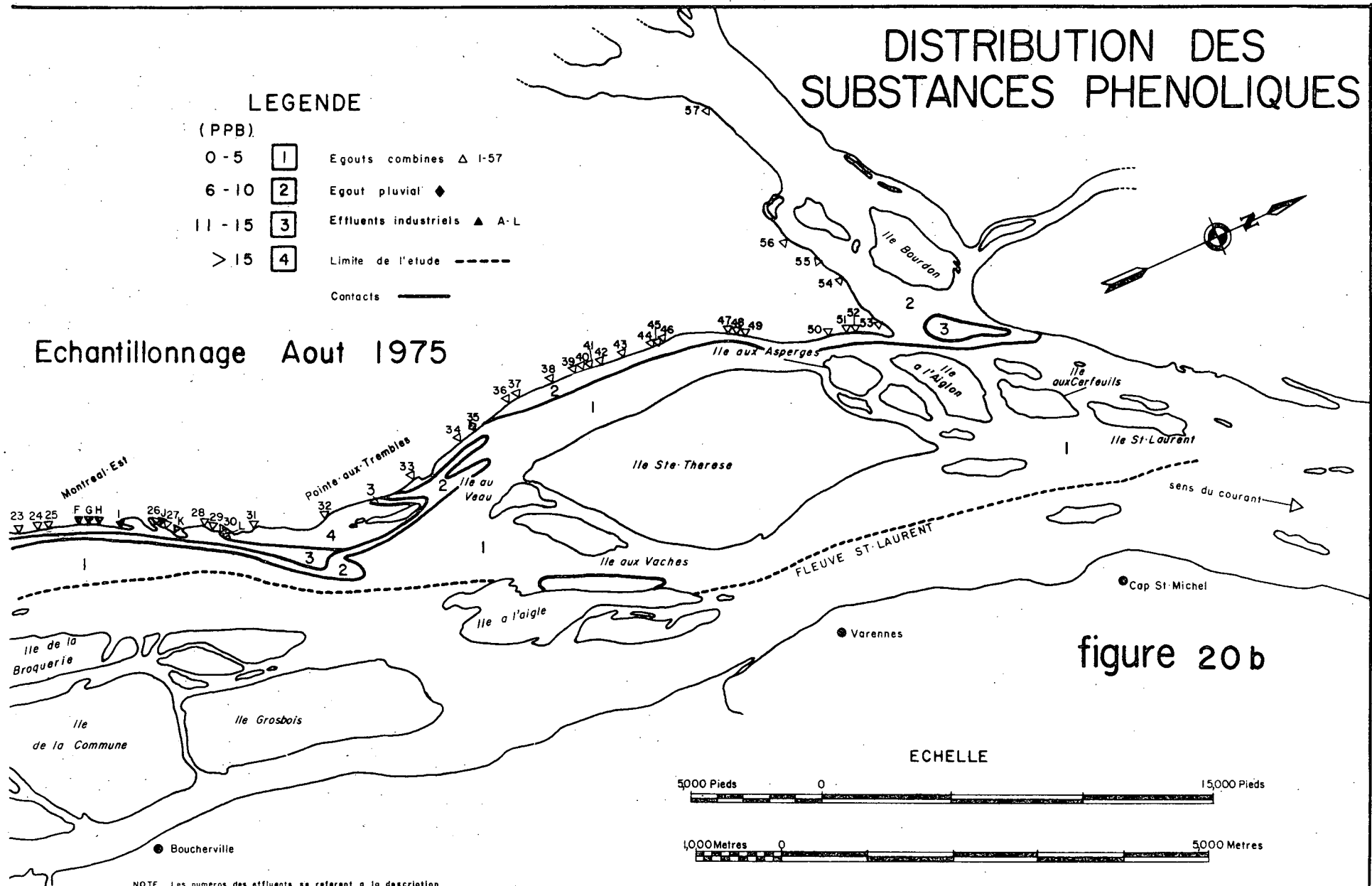


figure 20 b

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

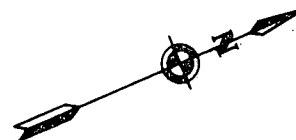
DISTRIBUTION DES SUBSTANCES PHENOLIQUES

Echantillonnage Septembre 1975

LEGENDE

(PPB)

- | | | |
|---------|---|-----------------------------|
| 0 - 5 | 1 | Egouts combines Δ 1-57 |
| 6 - 10 | 2 | Egout pluvial ◆ |
| 11 - 15 | 3 | Effluents industriels ▲ A-L |
| > 15 | 4 | Limite de l'etude - - - - |
| | | Contacts ——— |



ECHELLE

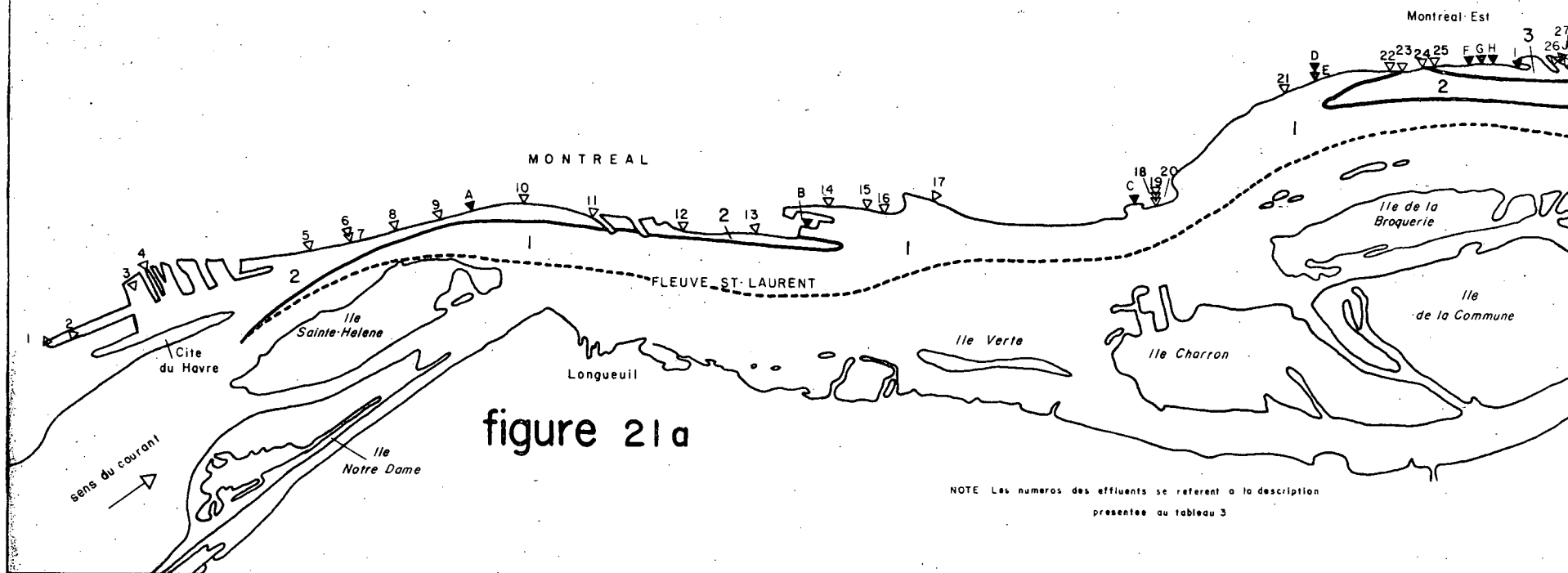
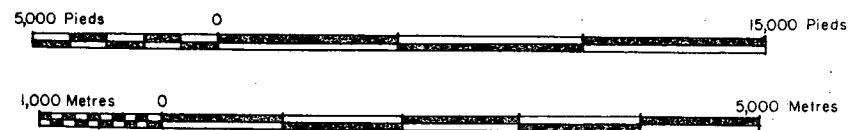


figure 21a

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

DISTRIBUTION DES SUBSTANCES PHENOLIQUES

LEGENDE

(PPB)		
0 - 5	1	Egouts combines Δ I-57
6 - 10	2	Egout pluvial ◆
11 - 15	3	Effluents industriels ▲ A-L
> 15	4	Limite de l'etude - - - -
		Contacts ———

Echantillonnage Septembre 1975

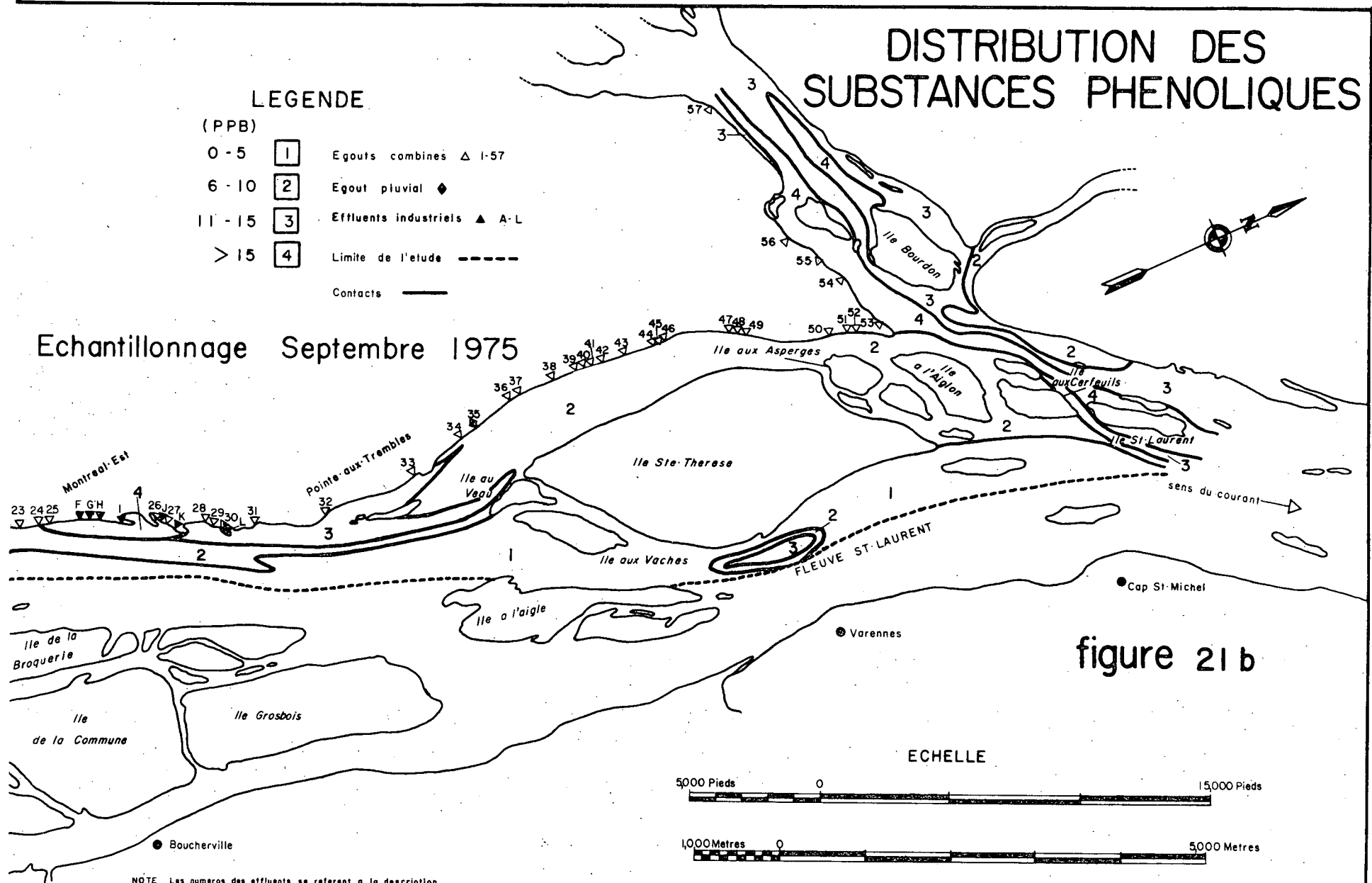


figure 21 b

NOTE Les numeros des effluents se referent a la description
presentee au tableau 3

4.3 Etude des effluents de Sorel

4.3.1 Aire de propagation des effluents de Sorel

Dans la région de Sorel se regroupent plusieurs industries métallurgiques importantes ainsi qu'une centrale thermique. Nous avons essayé de délimiter l'aire d'influence de cet ensemble industriel dans les eaux du Saint-Laurent.

L'aire d'influence de ces effluents apparaît aux Figures 22 à 27. Cinq types d'eau apparaissent distinctement. Il s'agit des eaux du fleuve, des eaux du Richelieu ordinairement turbides, des eaux blanchâtres provenant des déversements de la Compagnie Tioxide du Canada, des eaux teintées noires de Iron and Titanium et des eaux plus au moins turbides de l'émissaire de la Crucible Steel.

Les principaux déversements sont ceux des compagnies suivantes: Tioxide du Canada et Iron and Titanium. Dépendamment des paramètres considérés, ces effluents ressortiront de façon plus ou moins marquée. Dans l'ensemble, les cônes de diffusion s'étendent du millage 202.9 jusqu'à l'embouchure du Richelieu, (c'est-à-dire sur une distance de ~~trois~~ (3) milles environ). Occasionnellement, ils pourront atteindre l'entrée du lac Saint-Pierre.

4.3.2 Qualité des effluents

Par rapport à la qualité des eaux du fleuve, les eaux dans les cônes de déversement sont caractérisées par une diminution notable du pH, une augmentation de la conductivité, de la turbidité, des concentrations de sulfates et des substances métalliques dont le cuivre et le zinc et notamment le fer (Figures 1 à 13 en Annexe III).

pH:

Malgré la diminution du pH par rapport aux eaux du fleuve, les normes pour la qualité de la vie, l'alimentation en eau et la récréation sont respectées (Tableau 15; Figures 22a, b; Figures 1,2, en Annexe III).

Conductivité :

Bien que la conductivité soit plus élevée dans les cônes de déjection, les normes pour la vie aquatique et l'alimentation en eau sont respectées (Tableau 15; Figures 23a, b).

Turbidité :

La turbidité au niveau des effluents de Tioxide du Canada et de Iron and Titanium est jusqu'à cinq fois plus élevée que celle des eaux du fleuve en amont des déversements. Cependant, la turbidité des eaux du Richelieu peut être jusqu'à treize fois supérieure à celle des eaux du fleuve (Figures 24a, b, Figures 3,4, en Annexe III).

TABLEAU 15
Critères de qualité de l'eau

NORMES

Paramètre	Qualité de vie		Eau d'alimentation		Récréation	
	Limites	Référence	Limites	Référence	Limites	Référence
pH	5-9 unités	Anonyme, (1973)	6-9 unités	Campbell et al., (1974)	6-9 unités	Campbell et al., (1974)
Turbidité	50 unités		25 unités	Campbell et al., (1974)	50 unités	Campbell et al., (1974)
Conductivité	> 500 Umhos/cm	Inhaber, (1975)	500	Brémond et Vuichard, (1973)		
Sulfates			> 120 mg/l	Nisbet & Verneaux (1970)		
			250	Brémond et Vuichard, (1972)		
Chrome	0.05 mg/l	Anonyme, (1973); Brémond et Vuichard (1973)	0.05 mg/l	Anonyme, (1973)		
Cuivre	> 0.01 - 0.05 mg/l 0.01 - mg/l	Campbell et al., (1974), Anonyme, (1973)	1 mg/l	Anonyme, (1973) Brémond et Vuichard, (1973)		
Fer	10-50 mg/l	Anonyme, (1973)	0.3 mg/l 1.0 mg/l	Anonyme, (1973) Brémond et Vuichard, (1973)		
Zinc	0.02 - 0.1 mg/l 0.3 - 2 mg/l	Anonyme, (1973) Brémond et Vuichard, (1973)	5 mg/l	Anonyme, (1973); Brémond et Vuichard, (1973)		

Sulfates:

Dans les cônes de déjection de Iron and Titanium et de Tioxide du Canada, les concentrations de sulfates atteignent respectivement 0.45 et 0.54 mg/l. Les concentrations trouvées dans les eaux du Richelieu sont plus faibles que dans les eaux du fleuve (Figures 25a, b; Figure 5, en Annexe III).

Cuivre:

Les concentrations de cuivre total dans les cônes de déjection des effluents de Tioxide du Canada et de Iron and Titanium peuvent atteindre des niveaux considérés nuisibles à la qualité de la vie. En effet, à certaines stations on trouve des concentrations de 0.048 mg/l dans l'effluent de Tioxide du Canada et de 0.042 mg/l dans l'effluent de Iron and Titanium. Dans les eaux du fleuve les concentrations sont généralement inférieures à 0.01 mg/l (Tableau 12; Figures 6, 7, 8, en Annexe III).

Chrome:

Les concentrations de chrome dans les eaux du fleuve et dans les déversements sont généralement inférieures à la limite de détection (< 0.02 mg/l). Cependant, à certaines stations correspondant au déversement de Iron and Titanium les concentrations atteignent 0.07 mg/l ce qui dépasse les normes de qualité de la vie (Tableau 12).

Zinc:

Les concentrations de zinc sont nettement plus élevées dans les déversements industriels et dans le Richelieu qu'au niveau des eaux du fleuve. Dans les eaux du fleuve, les concentrations se situent en deçà de la limite de détection (soit < 0.01 mg/l). Dans les cônes de déjection de Tioxide du Canada et de Iron and Titanium elles atteignent respectivement 0.11 mg/l et 0.06 mg/l ce qui est supérieur aux normes proposées pour la qualité de la vie (Tableau 15, Figures 9, 10, 11, en Annexe III).

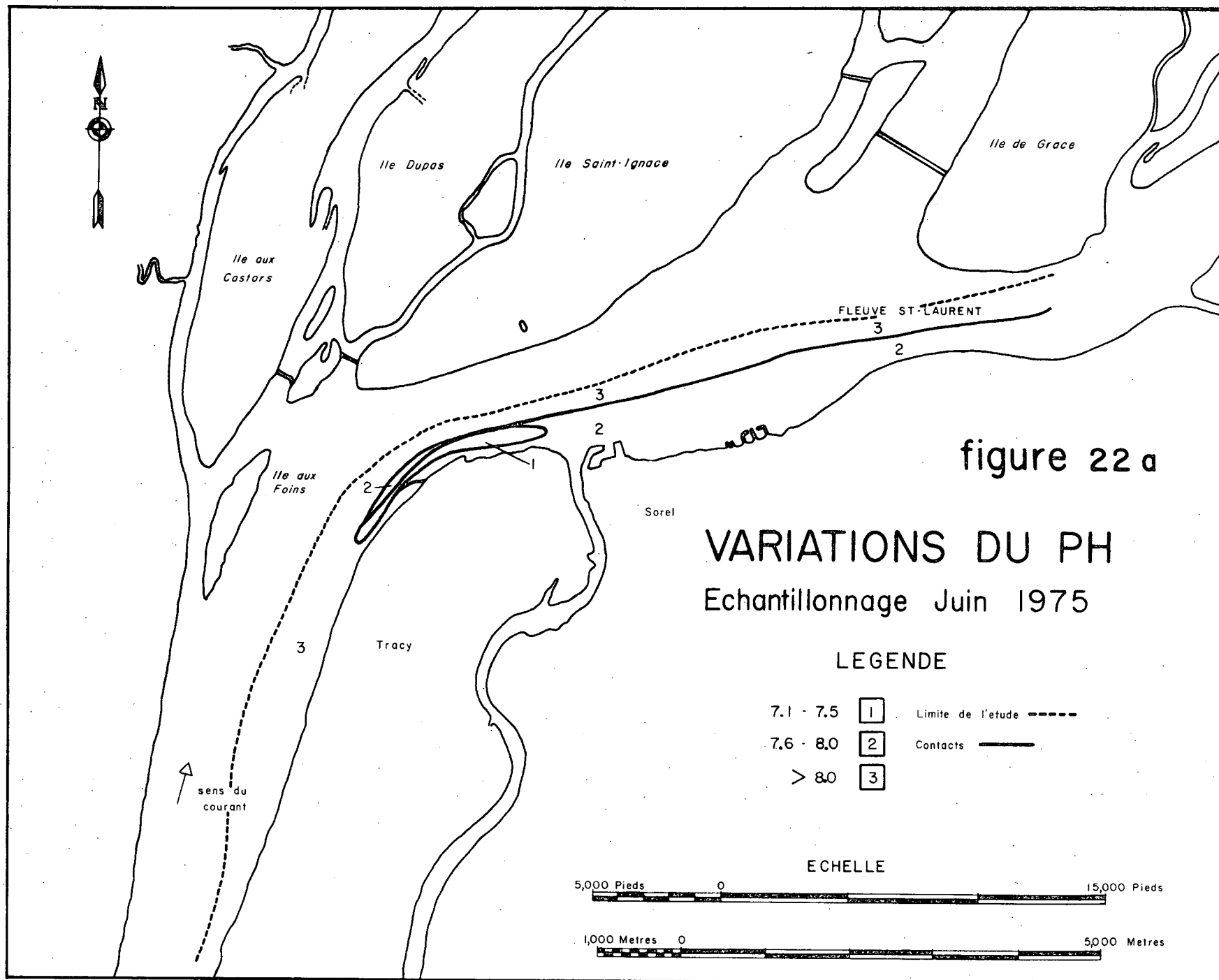
Fer:

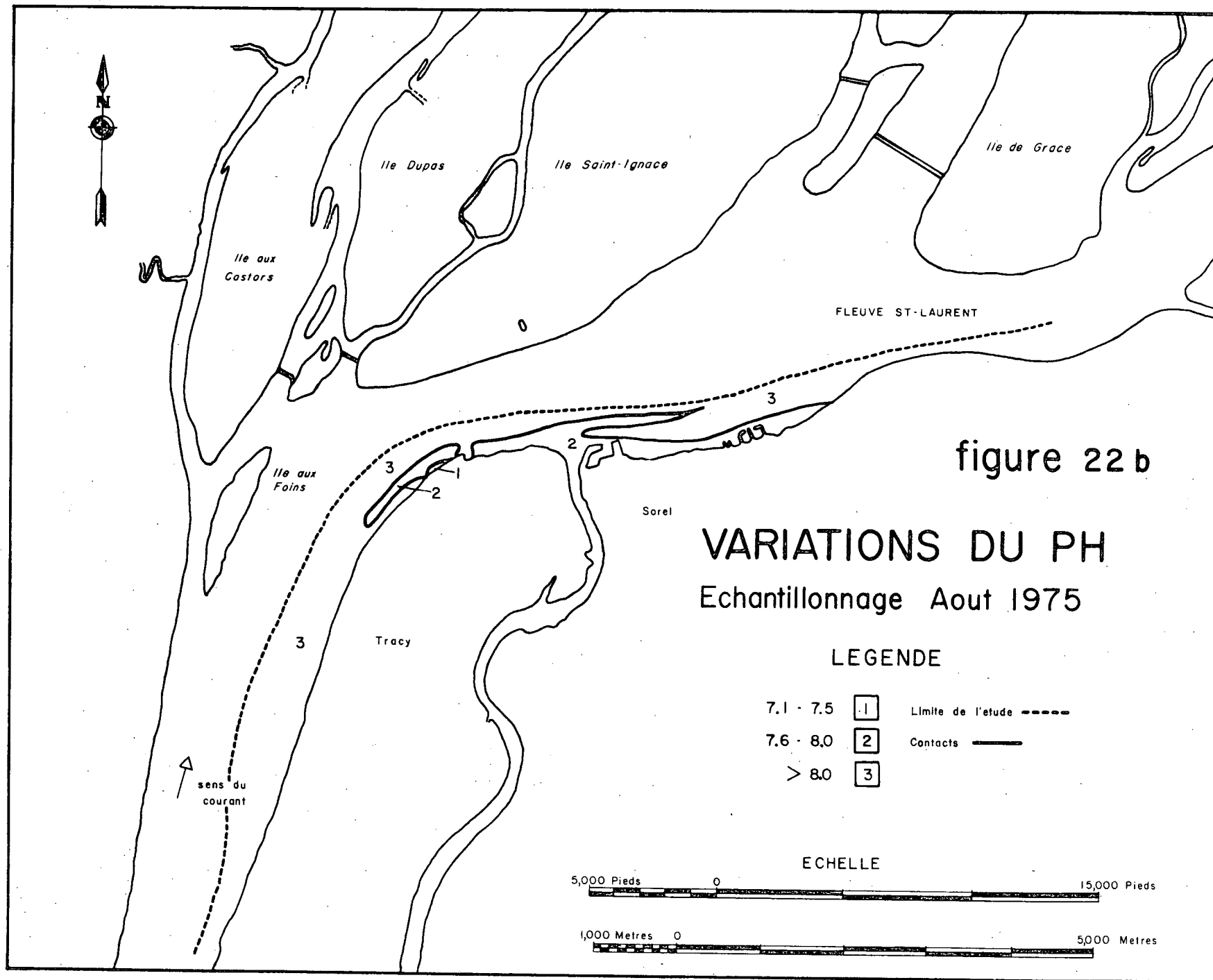
Les concentrations de fer associées aux rejets industriels ne dépassent pas les normes proposées pour la qualité de la vie mais dépassent celles pour l'eau d'alimentation (Tableau 15, Figures 26a, b; Figures 12, 13, 14, en Annexe III). Notons que les concentrations de fer peuvent atteindre 3.6 mg/l dans les eaux associées au déversement de Iron and Titanium; soit un niveau douze fois supérieur aux eaux du fleuve.

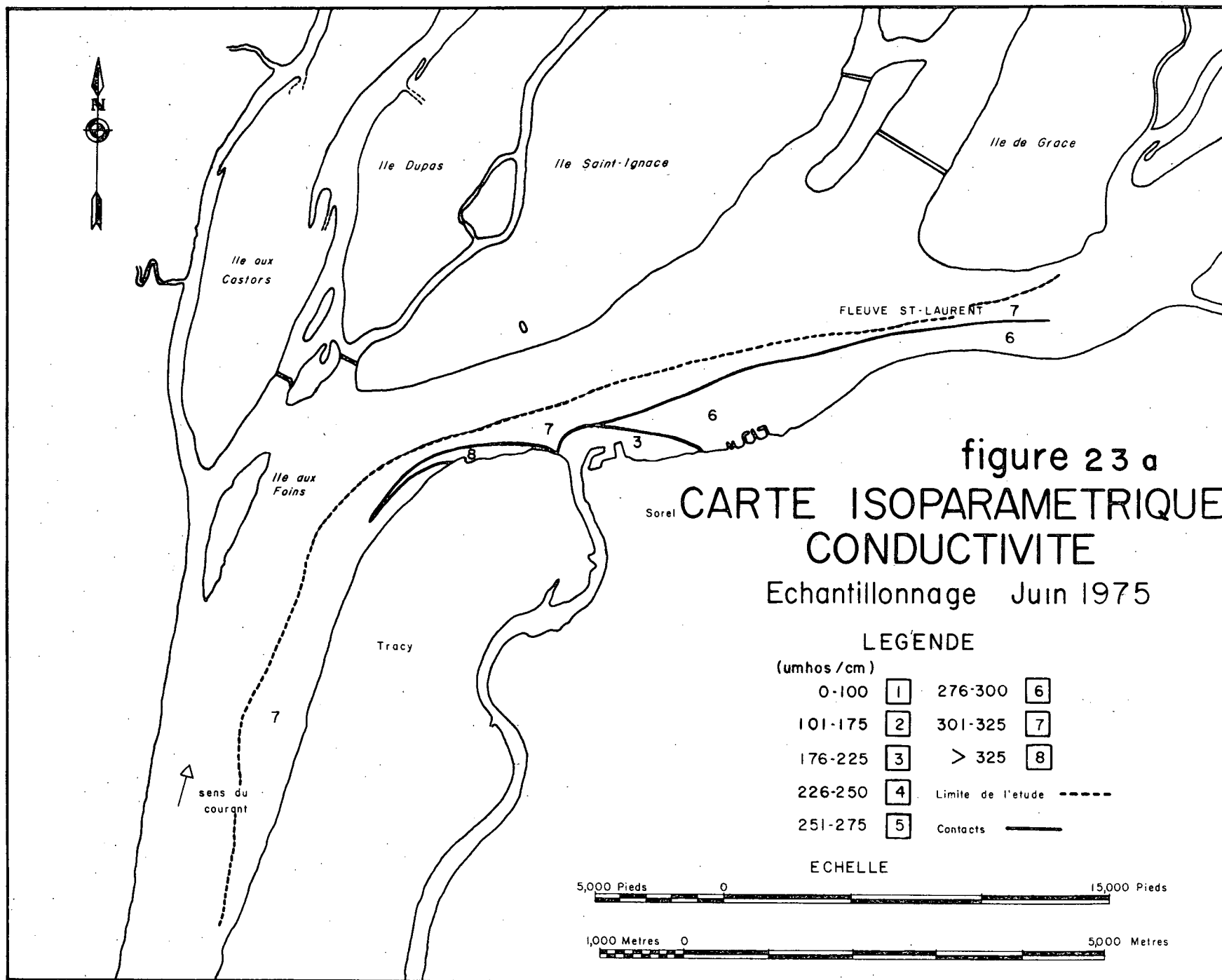
La centrale thermique ne semble pas influencer la qualité de l'eau. On note cependant au mois de septembre, des concentrations anormalement élevées de zinc près des déversements (soit des concentrations de 0.07 mg/l).

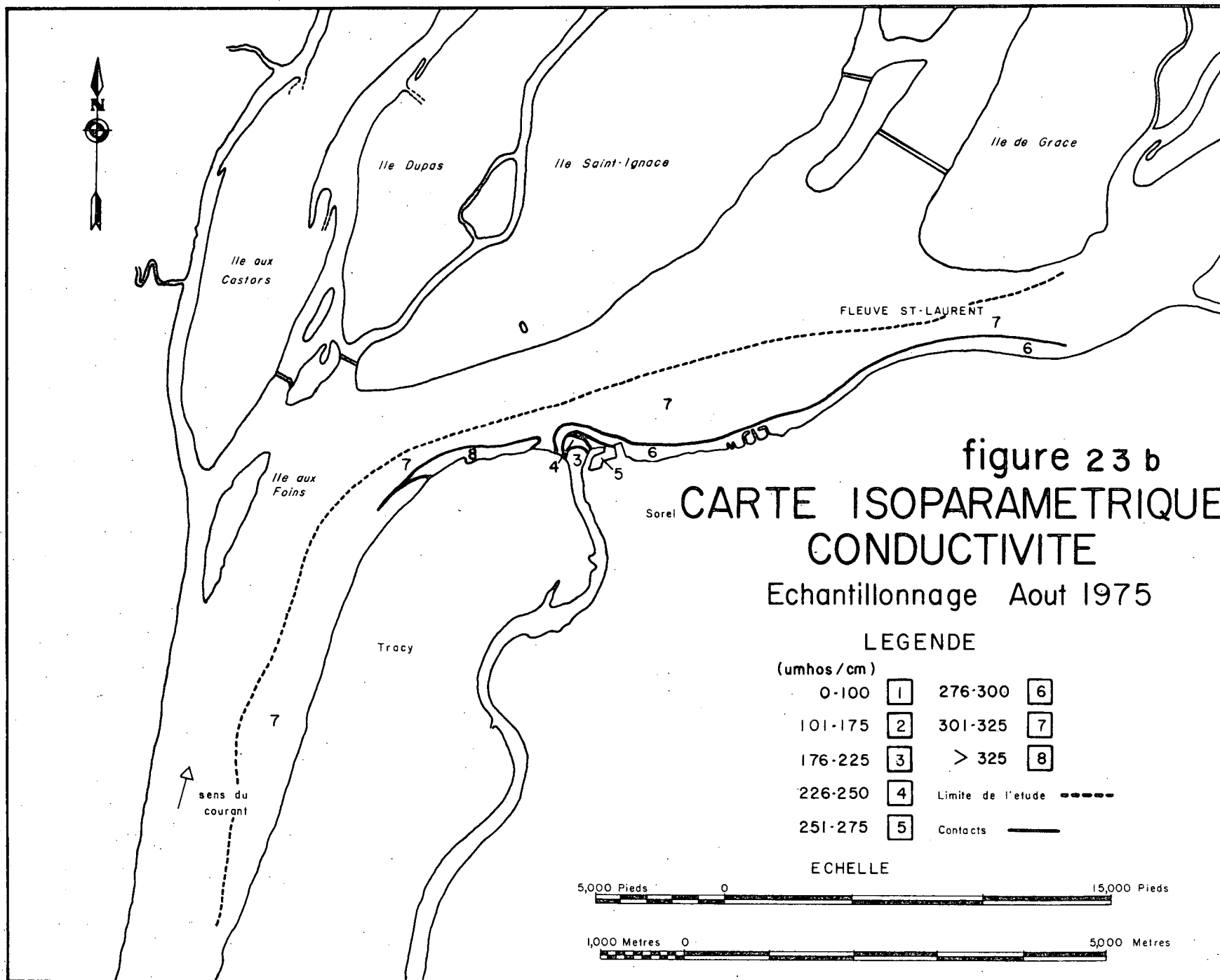
4.3.3 Discussion

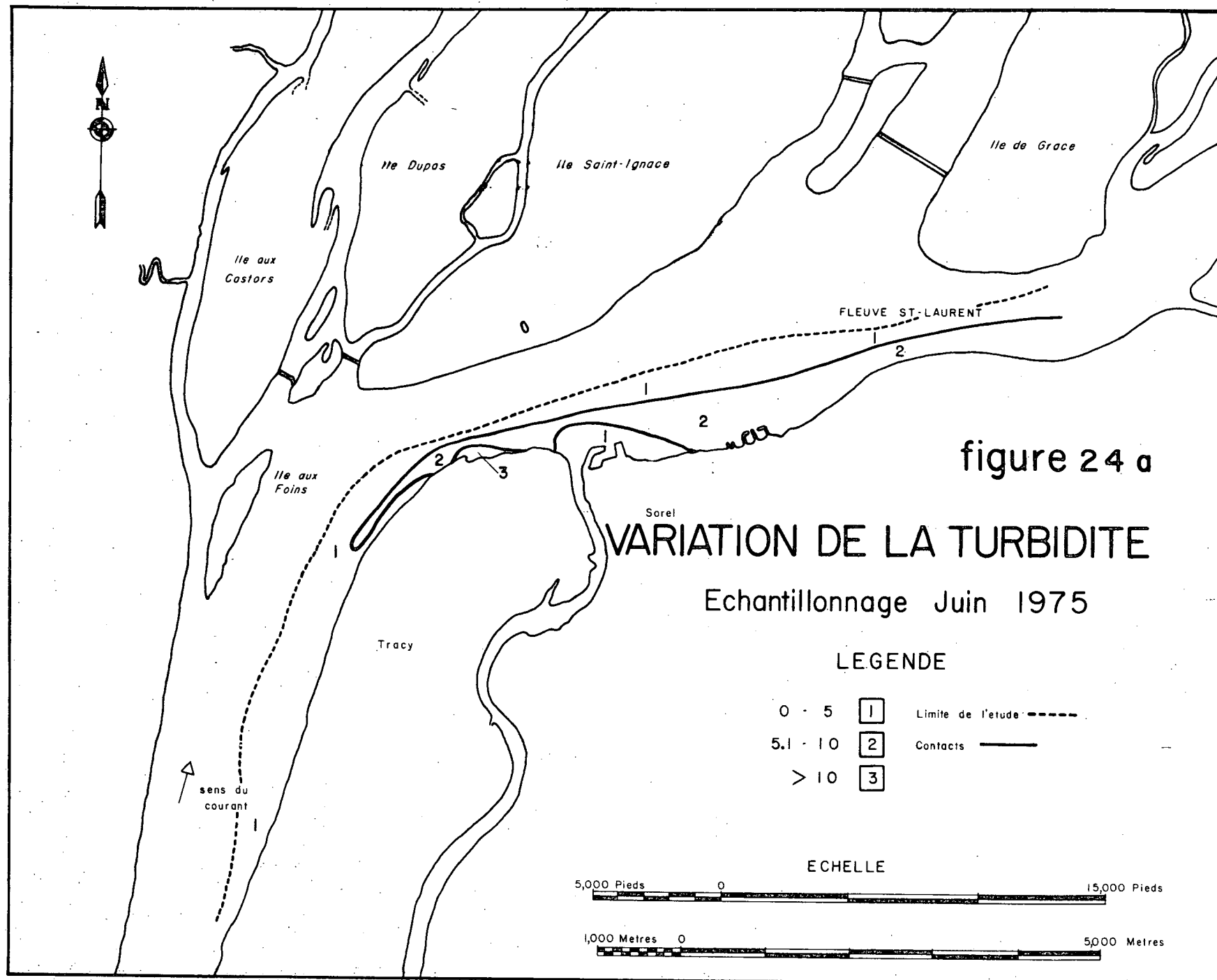
Dans l'ensemble, les méthodes d'échantillonnage utilisées et le choix des paramètres nous ont permis de délimiter précisément les aires de propagation des effluents industriels de la région de Sorel. L'évaluation de leur qualité est cependant influencée par un facteur de dilution indéterminé. Il appert que ces effluents devraient être traités autant pour leur influence sur l'esthétique que sur la qualité du milieu.

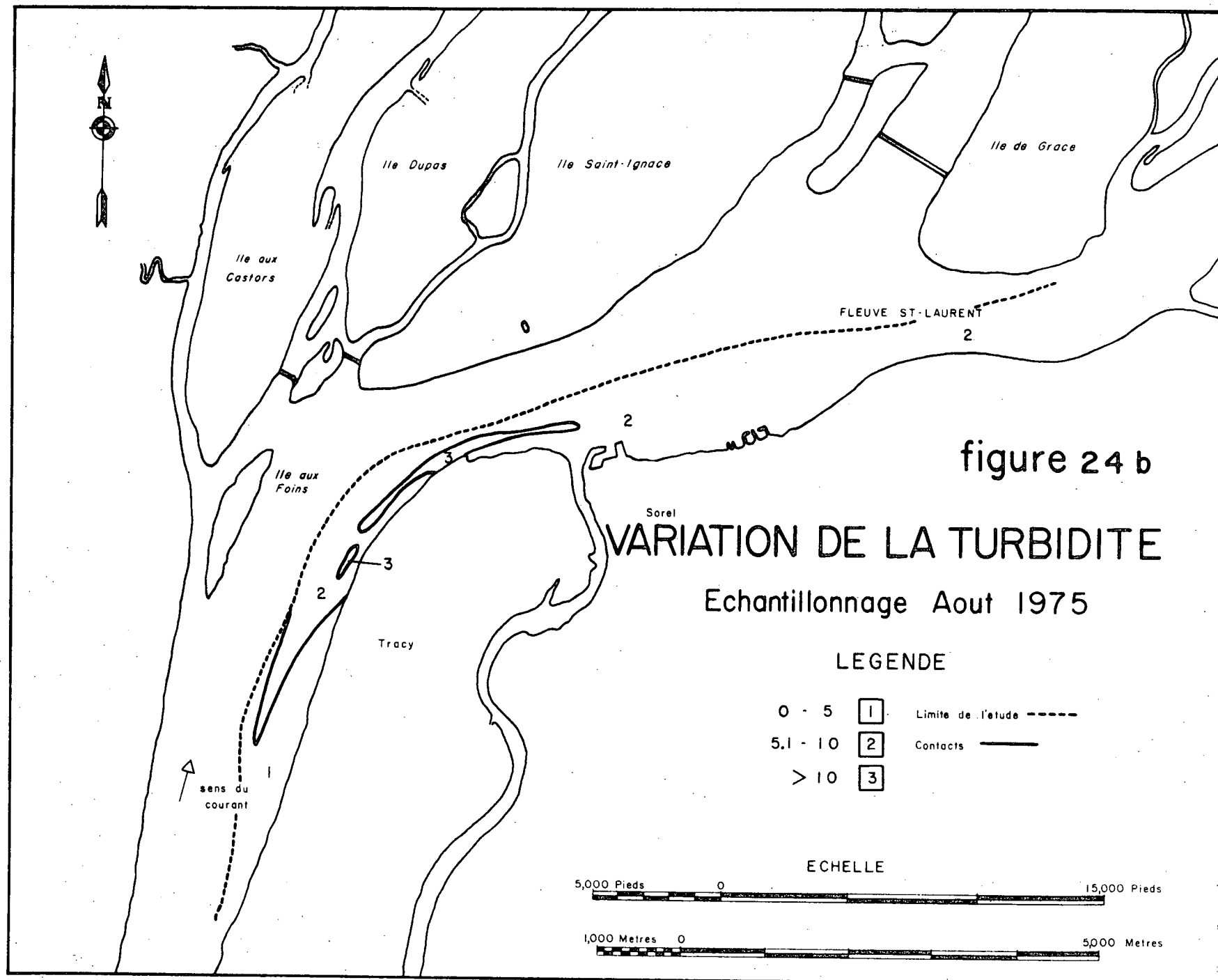


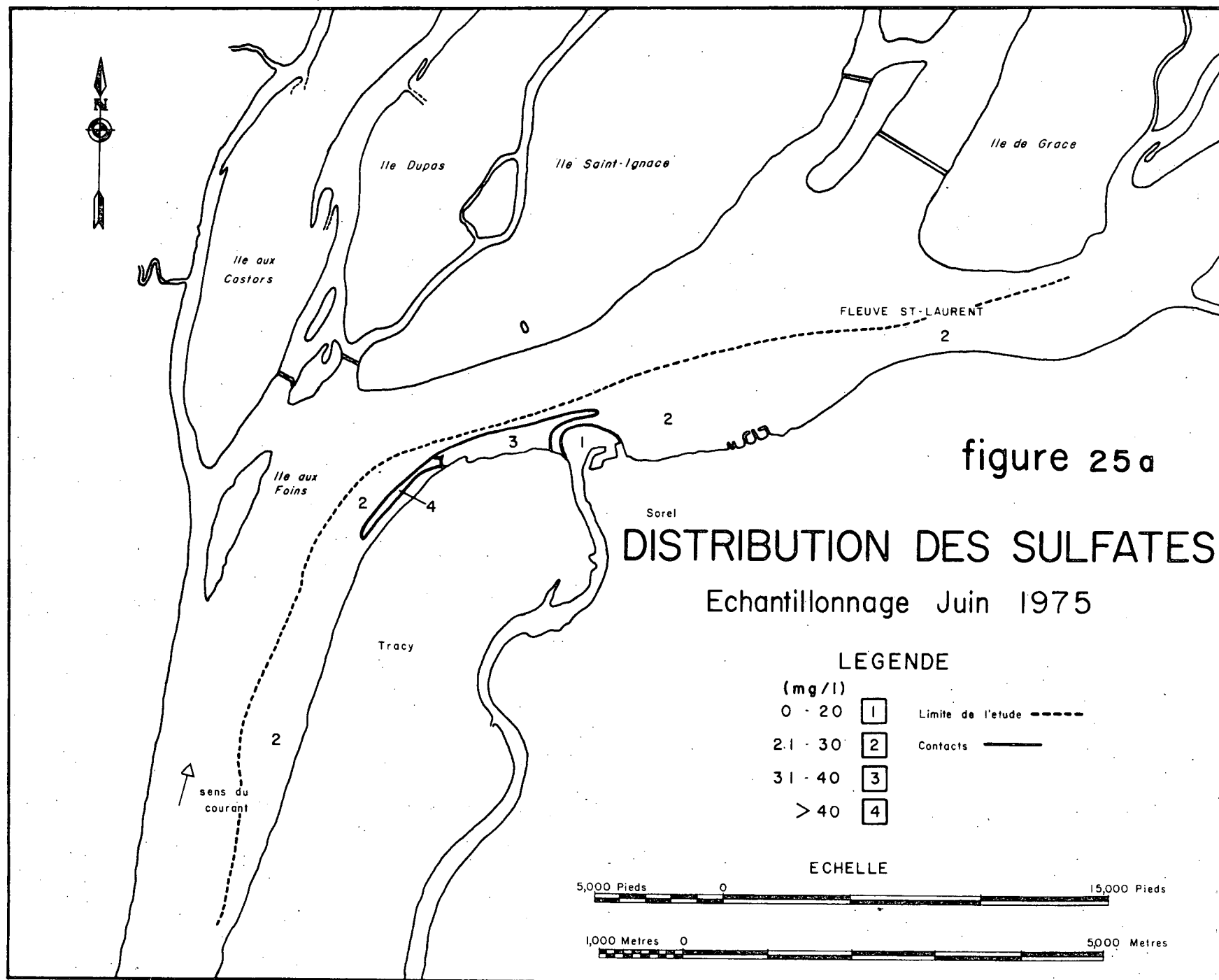


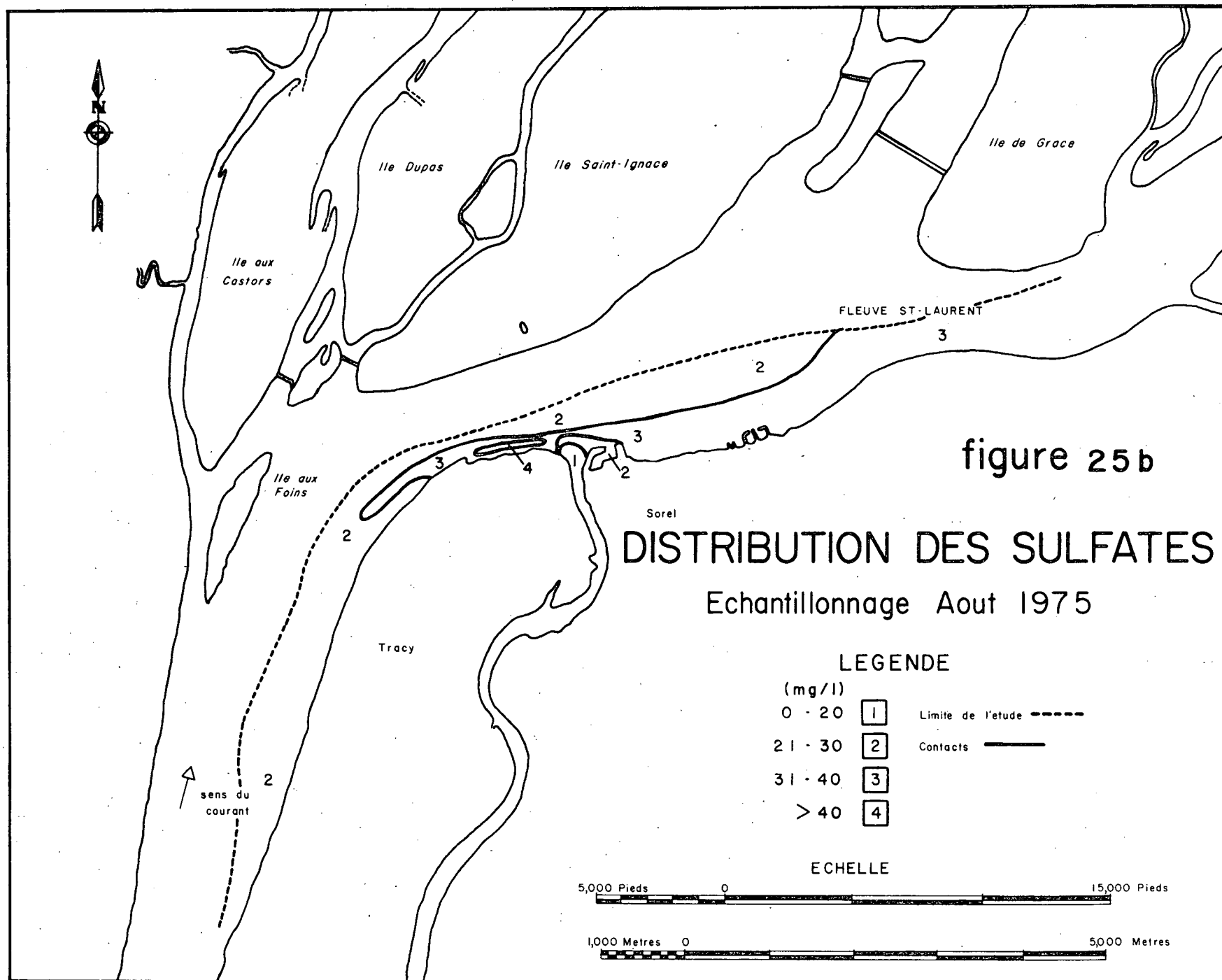


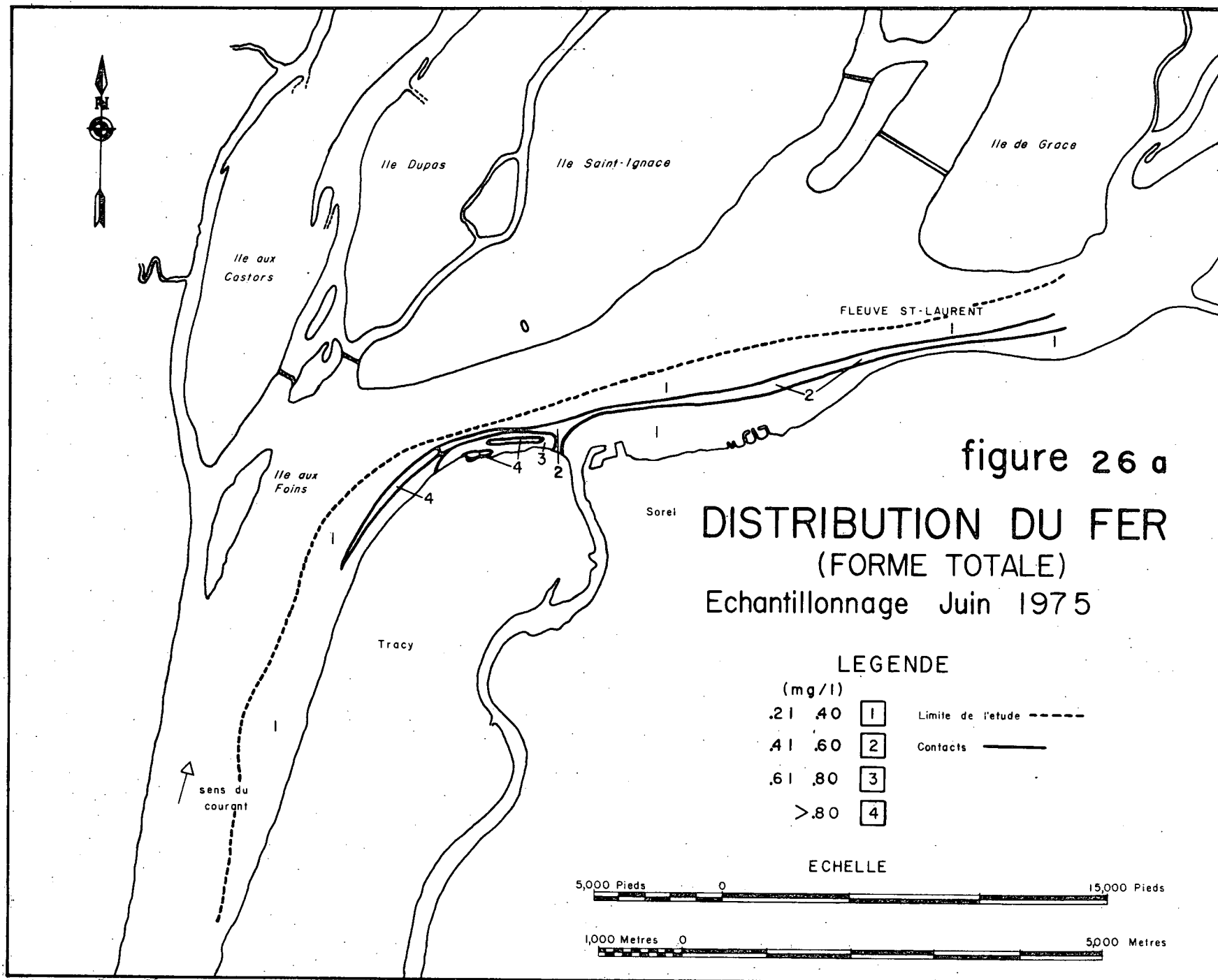


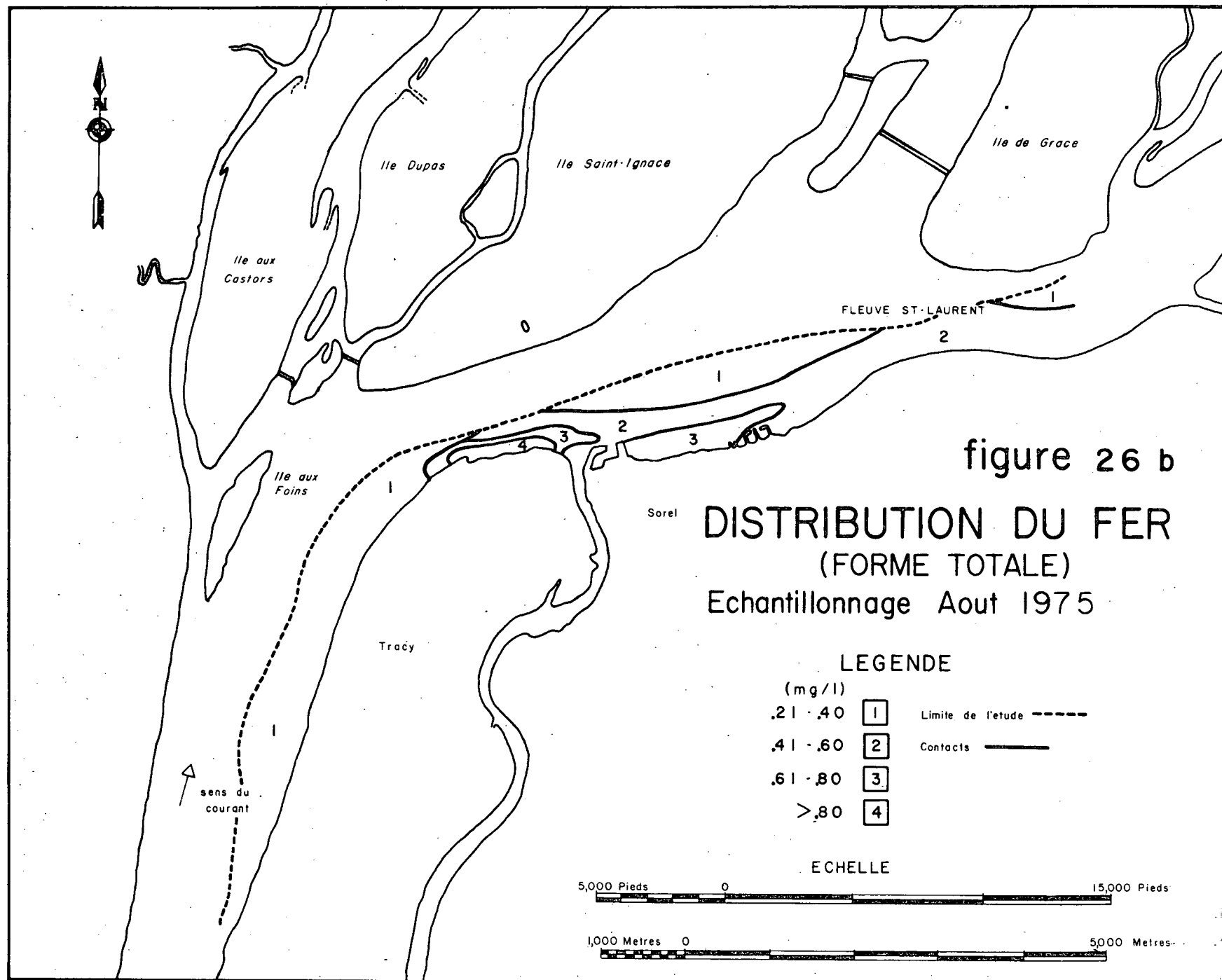












4.4 Thermographie

4.4.1 Traitement des données et méthode d'analyse

La courbe enregistrée sur papier ne représente qu'un voltage sur une échelle comprise entre zéro et cent. Nous obtenons la valeur correspondante en degré Celcius à l'aide d'une table de conversion. A cette valeur, il faut apporter deux corrections avant d'obtenir la température réelle. La première sert à détecter une défaillance possible de l'appareil: la température du "corps noir" peut varier avec le temps. La seconde tient compte de l'erreur de lecture provoquée par l'absorption et l'émission de radiation par la vapeur d'eau et le CO_2 contenu dans l'atmosphère. Ces températures sont ensuite reportées sur une carte et les isothermes sont tracés manuellement (Figures 27 à 30).

La précision absolue est de 1.0°C , donc une précision relative de 0.5°C . Mais il semble qu'avec la correction apportée pour "l'atmosphère", la précision se situe bien en deçà de 0.5°C .

4.4.2 Etude du fleuve de Cornwall à Québec

L'étude thermographique du tronçon Cornwall-Québec a permis de dégager le régime thermique du fleuve.

A l'extrémité est de l'île de Montréal, les eaux des rivières l'Assomption, des Prairies et des Mille-Iles réchauffent à 17°C les eaux longeant la rive nord du fleuve.

Au niveau de Contrecoeur, on distingue quatre types d'eau: les eaux à 17°C des affluents de la rive nord, deux zones à 16°C (zone de mélange des eaux du fleuve et des affluents de la rive nord et sud), et les eaux du fleuve à 15°C (cette dernière zone se termine à Contrecoeur).

Le Richelieu est à l'origine d'une nouvelle zone à 17°C le long de la rive sud. Au centre du lac Saint-Pierre, la température de l'eau est à 16°C. On note un réchauffement progressif vers les berges atteignant 19°C; celui-ci serait dû aux zones de faibles profondeurs situées de part et d'autre du chenal.

En aval du lac, la zone centrale à 16°C est bordée de deux zones à 17°C. La bande d'eau plus chaude de la rive sud s'étend jusqu'à Saint-Nicolas. On note une zone légèrement plus chaude (18°C) dans la région de la centrale thermique de Gentilly. Les eaux plus chaudes (17°C) de la rive nord se propagent jusqu'à l'embouchure du Saint-Maurice dont la température est de 14°C. Ce dernier crée une zone de température à 15°C le long de la rive nord jusqu'au coude de Portneuf. Les eaux longeant la rive sont alors réchauffées à 16°C par l'effet combiné du mélange des eaux du fleuve et des affluents. Les eaux de la rive sud sont à 17°C et on remarque l'influence locale des tributaires.

Au printemps, jusqu'au mois de juin, il y a réchauffement progressif des eaux de l'amont vers l'aval, pour en arriver à un régime presque isothermique au mois de juillet. En automne, on note un refroidissement d'amont en aval.

Relevé du 3 juin 1975

De manière générale, on note le réchauffement progressif des eaux entre Cornwall et Québec (Figure 27, Tableau 16a). Les eaux les plus chaudes ont tendance à longer la rive sud. A cette période de l'année les eaux des tributaires sont plus chaudes que celles du fleuve Saint-Laurent. Le temps de réchauffement des eaux du fleuve est plus long que celui des tributaires. On remarque aussi que l'eau des tributaires de la rive sud est plus chaude que celle des tributaires de la rive nord, à l'exception de la rivière des Outaouais et des rivières des Prairies et des Mille-Iles.

Les eaux du fleuve se réchauffent à partir du lac Saint-François. Elles passent de 14°C à l'entrée du lac à 15°C à sa sortie. Cette zone à 15°C se continue jusqu'à Contrecoeur, en aval de Montréal.

Au contact des eaux de l'Outaouais (18°C), il se crée des zones de mélange (16°C et 17°C). Les eaux à 17°C se localisent de part et d'autres à l'Île Perrot et leur aire de propagation se limite au lac Saint-Louis. La zone à 16°C longe la rive sud de l'île de Montréal. A partir de Beauharnois, il y a réchauffement des eaux (de 15°C à 16°C) le long de la rive sud du fleuve.

A Saint-Nicolas jusqu'à l'extrémité amont de l'île d'Orléans, le mélange est complet. La température est uniforme (16°C).

Relevé du 30 juillet

Dans l'ensemble, on remarque une situation isothermique; les eaux du fleuve atteignent 22°C et les tributaires sont à la même température (Tableau 16b).

Relevé du 21 octobre

Pour le tronçon lac Saint-Louis - Trois-Rivières, la température des eaux s'abaisse d'amont en aval. La température des eaux du fleuve se maintient à 11°C depuis le lac Saint-Louis jusqu'à la partie aval du lac Saint-Pierre où elle passe à 10°C . Les eaux de l'Outaouais sont à 10°C et occasionnent le refroidissement des eaux longeant la rive nord du lac Saint-Louis. Le bassin La Prairie est à une température uniforme de 11°C sur toute sa surface. La voie maritime au sud du bassin est à 10°C .

A l'extrémité aval de l'île de Montréal, on distingue les eaux de la rivière l'Assomption à 9°C , les rivières des Prairies et des Mille-Iles à 10°C , les eaux du fleuve à 11°C . Les eaux longeant la rive sud sont à 10°C et sont absorbées par les eaux à 11°C avant d'atteindre Tracy.

Les eaux du Richelieu à 9°C sont à l'origine d'une nouvelle zone de température à 10°C le long de la rive sud.

Tableau comparitif des températures (relevé du 3 juin)

427

Tableau comparatif des températures (Relevé du 30 juillet)

130

TABLEAU 16c

131

4.4.3 Etude de l'estuaire

L'étude thermographique de l'estuaire a permis de constater que nous sommes en présence d'un milieu très complexe, et non homogène quant à la température des masses d'eau en présence (Figures 29, 30).

Les zones les plus critiques sont le secteur de l'île aux Coudres et l'embouchure du Saguenay.

On constate qu'il y a mouvement des eaux froides le long de la côte nord et que les eaux plus chaudes (fluviales) coulent au sud. Ce déplacement des eaux douces chaudes vers le sud et des eaux salées froides vers la gauche est dû aux forces de Coriolis (Ouellet et Cerceau, 1976). De plus, nous observons une zone de réchauffement des eaux dans la région s'étendant de l'extrémité sud-est de l'île d'Orléans jusqu'aux îles aux Grues et aux Oies. La température s'élève de 1°C par rapport à celle des eaux de la région de Québec pour le relevé de juillet et de 0.7°C pour le relevé d'octobre (Figures 29,30). Cette hausse de température est associée au bouchon de turbidité.

Il est intéressant de noter que le 29 juillet, alors que la marée était montante, les eaux du Saguenay pénétraient dans l'estuaire, coulant en surface sur la masse des eaux du Saint-Laurent.

Le Tableau 17 fournit des détails des conditions existantes lors des relevés.

SOMMAIRE DES CONDITIONS ET PHENOMENES OBSERVES

	<u>29 juillet</u>	<u>23 octobre</u>
T° Traverse de Lévis	21.2°C	9.4°C
T° maximale enregistrée ¹ (sans considérer les eaux à proximité des berges)	22.2°C	10.1°C
T° maximale à proximité des berges	23.8°C	-
T° minimale ²	2.3°C	1.8°C
ΔT° Traverse de Lévis-Saguenay	18.9°C	7.6°C
Marée {	Québec	baissante ³ (3 heures)
	Ile aux Coudres	montante (1 heure)
	Tadoussac	montante (3:30 hres.)
Courant Traverse Saint-Rock	amont vers aval	idem
Conditions météorologiques	nuageux	ensoleillé
Heures Début relevé	13:11	9:16
Fin relevé	16:13	13:23
Durée totale	3:02	4:07

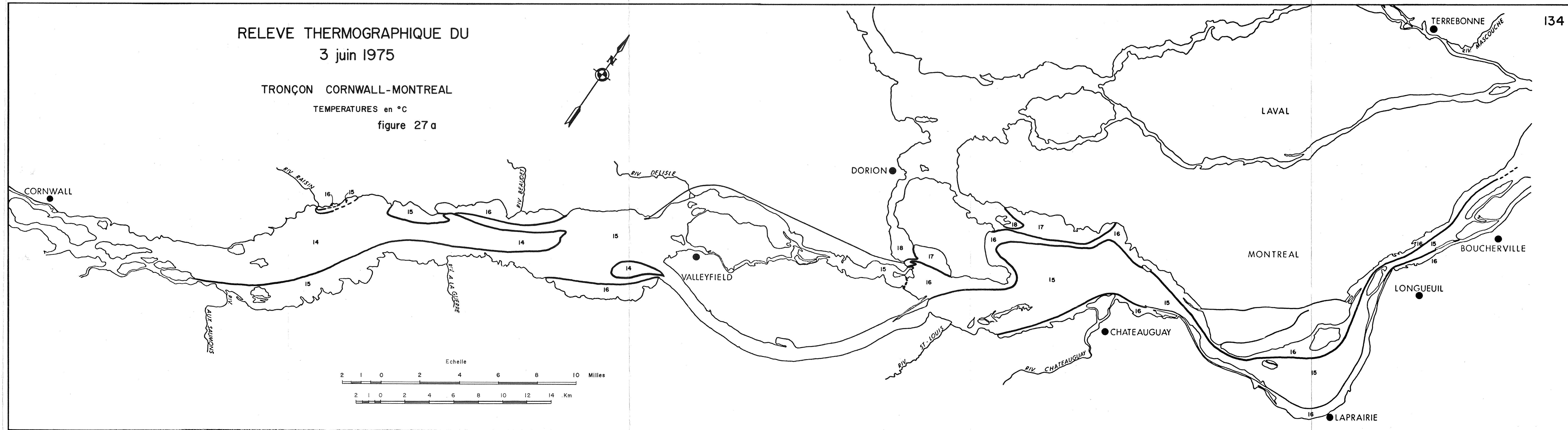
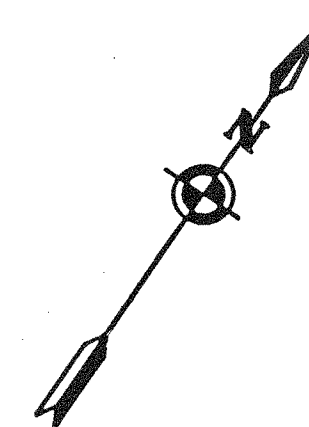
1 Température de l'eau dans la zone de réchauffement

2 Température de l'eau à l'embouchure du Saguenay

3 l'heure entre parenthèse indique depuis combien de temps la marée est soit montante, soit baissante.

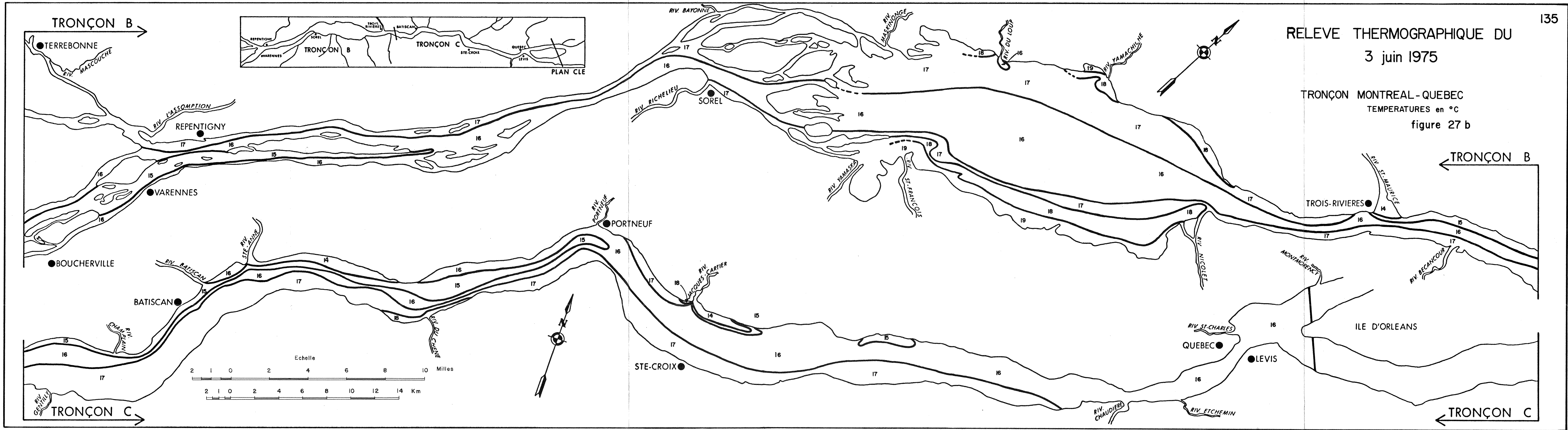
RELEVÉ THERMOGRAPHIQUE DU
3 juin 1975

TRONÇON CORNWALL-MONTREAL
TEMPERATURES en °C
figure 27 a



RELEVÉ THERMOGRAPHIQUE DU
3 juin 1975

TRONÇON MONTREAL - QUEBEC
TEMPERATURES en °C
figure 27 b

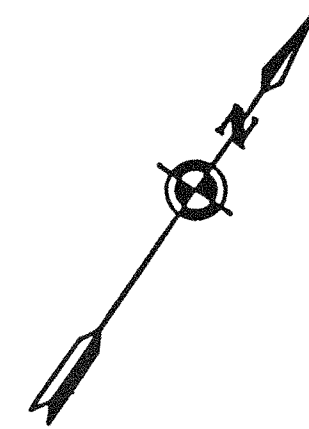


RELEVÉ THERMOGRAPHIQUE DU
21 octobre 1975

REGION DE MONTREAL

TEMPERATURES en °C

figure 28 a



CORNWALL

RIV. SAUMONS
RIV. LAISIN

RIV. A LA GUERRE
RIV. BEAUDET

RIV. DELISLE

VALLEYFIELD

DORION

RIV. ST-LOUIS

RIV. CHATEAUGUAY

CHATEAUGUAY

MONTREAL

LAVAL

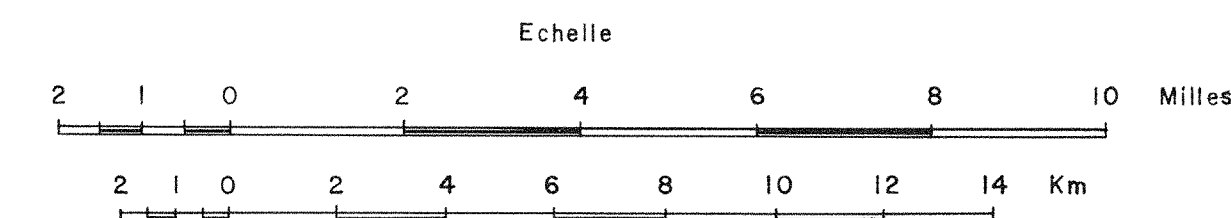
LONGUEUIL

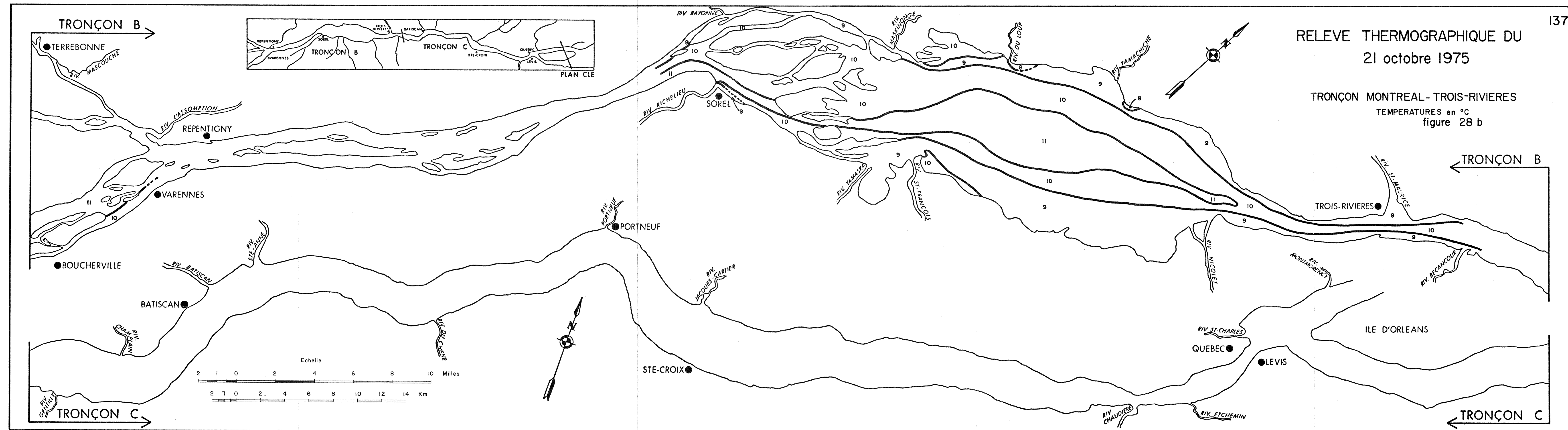
BOUCHERVILLE

LAPRAIRIE

TERREBONNE

RIV. MASCOUCHE





ESTUAIRE DU ST-LAURENT

RELEVÉ THERMOGRAPHIQUE DU 29-07-75

TEMPERATURE (°C)

	9	17
2	10	18
3	11	19
4	12	20
5	13	21
6	14	22
7	15	23
8	16	

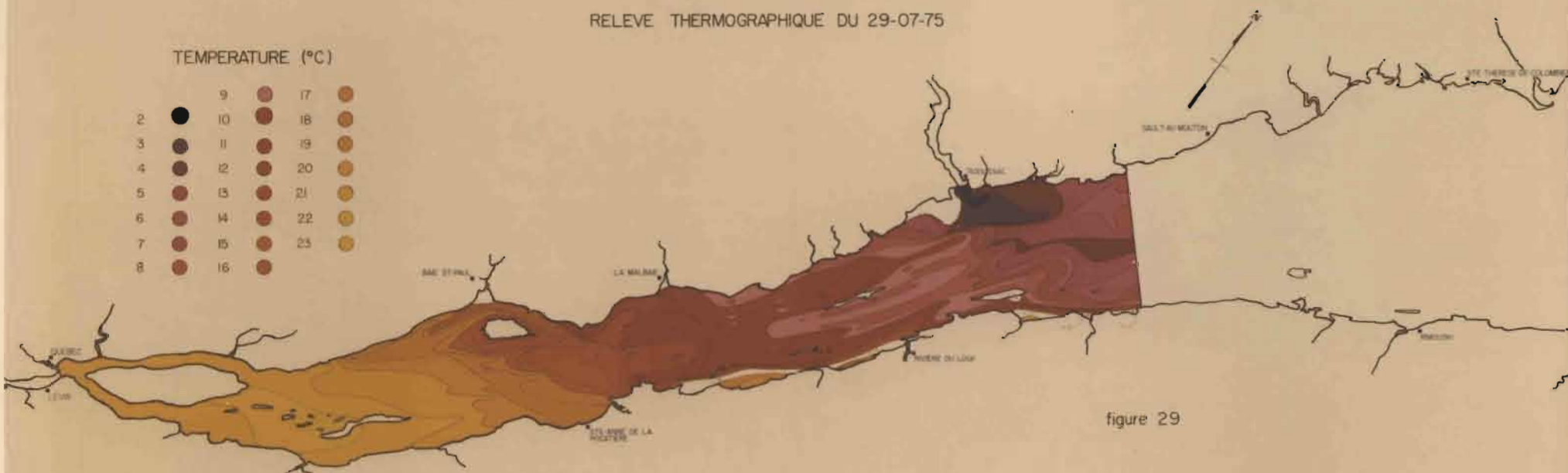


figure 29

échelle 1:250,000

RELEVÉ THERMOGRAPHIQUE DU 23-10-75

1	●	6	●
2	●	7	●
3	●	8	●
4	●	9	●
5	●	10	●

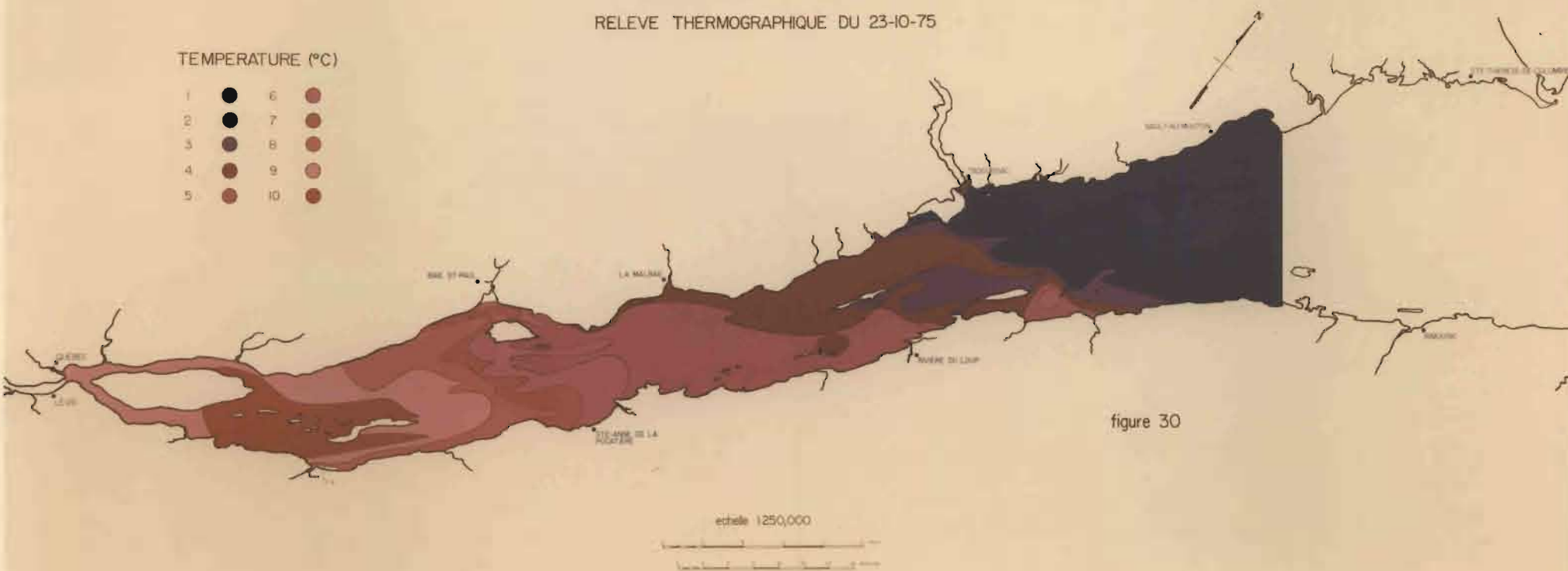


figure 30

Carte isoparamétrique de la conductivité

L'impact des eaux peu conductrices des Outaouais est considérable au niveau du lac Saint-Louis. Le mélange est progressif à la sortie du canal Vaudreuil. A la sortie du canal Sainte-Anne, le phénomène est plus complexe; de fortes perturbations attribuables à la présence de chenaux profonds s'étendant de la voie maritime vers la baie de Valois favoriseraient un mélange rapide des différents types d'eau.

Dans le bassin Laprairie, les eaux longeant la rive nord correspondent à un mélange 80% eaux du fleuve Saint-Laurent et de 20% eaux des Outaouais.

L'impact de la rivière Châteauguay est très restreint.

Variabilité temporelle des contacts des différents types d'eau

L'étendue des différents types d'eau déterminés à partir de la conductivité varie considérablement sur une base journalière ou mensuelle.

Les variations des aires de propagation seraient le résultat des changements de densité des eaux du fleuve et des tributaires (fonction de la température et des solides dissous) et des variations du rapport des débits du fleuve et des tributaires.

Caractérisation du mélange des effluents de la région de Montréal

Dans l'ensemble, les effluents de la région de Montréal influencent peu la conductivité et les concentrations de DCO dans les eaux du fleuve. La qualité globale de la région serait fonction de la qualité des eaux alimentant cette zone (eaux du fleuve et eaux partiellement mélangées du fleuve et des Outaouais).

Au mois de septembre, au sud de l'île de Montréal, le mélange des eaux du fleuve, des Outaouais et des effluents urbains est complet. Les variations du rapport des débits des canaux de Vaudreuil et Sainte-Anne et du fleuve ainsi que les changements de densité entre les différents types d'eau détermineraient ces modifications dans les conditions de mélange.

L'aire de propagation des eaux des rivières des Prairies, des Mille Îles et l'Assomption varie selon les variations des rapports de débits de ces tributaires et du fleuve Saint-Laurent; les îles au Bois-blanc, aux Cerfeuils, Saint-Laurent, à l'Aiglon peuvent être baignées par des eaux à forte proportion de type Saint-Laurent ou de type tributaires.

Par rapport à la DCO, les eaux de la rive sud de l'île de Montréal sont très chargées en matières organiques, tandis qu'au confluent de rivières des Prairies et des Mille-Îles l'eau serait de qualité douteuse. Dans l'ensemble, la qualité de l'eau dans

la région étudiée est principalement influencée par la qualité de l'eau en amont (eaux du fleuve à Beauharnois et eaux des Outaouais).

L'influence des effluents de Montréal sur les concentrations d'azote Kjeldahl varie d'une session d'échantillonnage à l'autre. Dans les zones de fortes turbulences, l'effet est généralement peu évident. Les eaux du fleuve Saint-Laurent ($> 300 \text{ Umhos/cm}$) sont de qualité moins détériorée que celles au confluent de rivières des Prairies et des Mille-Iles.

Les fortes concentrations de phénols sont regroupées au confluent des rivières des Prairies et des Mille-Iles et près des raffineries de Montréal-Est. L'augmentation des concentrations à la fin de septembre dans la région de rivières des Prairies et des Mille-Iles est attribuable à la décomposition de la végétation à cette période de l'année.

Caractérisation du mélange des effluents de la région de Sorel

Par rapport à la qualité des eaux du fleuve, les eaux associées aux déversements industriels sont caractérisées par une diminution du pH, une augmentation de la conductivité, de la turbidité, des concentrations des sulfates, du fer, du cuivre et du zinc.

Les normes de qualité de vie sont dépassées pour le cuivre et le zinc.

Thermographie

Au printemps, jusqu'au mois de juin, on note un réchauffement progressif des eaux de l'amont vers l'aval pour en arriver à un régime presque isothermique au mois de juillet. En automne, l'eau refroidit de l'amont vers l'aval. L'étude thermographique au niveau de l'estuaire démontre la complexité et l'hétérogénéité du milieu. On a observé un mouvement des eaux froides le long de la rive nord alors que les eaux fluviales plus chaudes coulent du côté sud. Au bouchon de turbidité est associée une zone de réchauffement de l'eau; cependant, aucune explication ne fut trouvée à ce sujet.

6. Recommandations

Il serait intéressant de reprendre la carte isoparamétrique de la conductivité couplée à un relevé thermographique pour la zone Beauharnois - Québec. Ceci pourrait être réalisé selon la procédure décrite dans le texte ou à l'aide d'un hydrolab et d'un "Mini Ranger" enregistrant simultanément la température, la conductivité et la localisation des stations. On pourrait alors analyser pour un instant donné l'effet des variations de densité des différents types d'eau, fonction de la température et des solides dissous. Ces relevés pourraient être réalisés au printemps, en été et en automne.

Une étude spéciale devrait être entreprise pour élucider le problème d'augmentation de la température dans la zone de contact des eaux douces et des eaux salines.

L'objectif de l'étude "aire de propagation des effluents" était de délimiter les aires de propagation de sources ponctuelles importantes. Dans la région comprise entre la sortie du canal Lachine et le Bout-de-l'Île, l'influence des effluents urbains est peu notable pour les paramètres considérés. Ceci s'explique principalement par le mélange rapide de ces derniers à la masse d'eau du fleuve Saint-Laurent. Nous croyions que la méthode d'échantillonnage choisie nous permettrait de visualiser l'effet global de la série d'effluents jalonnant la rive sud de Montréal. Suite aux résultats

obtenus, il serait souhaitable de modifier l'étude en intensifiant le nombre de stations le long des rives et en augmentant le nombre de paramètres. L'étude serait plus spécifique et devrait tendre à identifier chacune des sources et leur effet potentiel sur le milieu.

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme, (1967) "Research Committee on Color Problems",
Journal AWWA, August, p. 1023-1035.

Anonyme, (1970) "Coagulation and Color Problems"
Journal AWWA, May, p. 311-314.

Anonyme, (1972) "Water Quality Criteria 1972"
EPA-R3-73-0033, Mars, Ecological Research Series,
p. 594.

Anonyme, (1974) "Water Quality Criteria for European
Freshwater Fish" Water Research, vol. 7, p. 929-941.

Béland, J. (1974) "Etude de la Qualité des Eaux du
fleuve St-Laurent - Etude du fleuve Saint-Laurent:
Tronçon Varennes, Montmagny". Services de protection
de l'environnement, 256 p.

Brémond, R. et Vuichard, R. (1973) "Paramètre de la
Qualité des Eaux", Ministère de la Protection de la
Nature et de l'Environnement, Paris, p. 45-48.

Caillé, A., Campbell, P.G., Meybeck, M., Sasseville, J.-L.,
(1973) "Etude du fleuve Saint-Laurent - Effluents urbains"
Environnement Canada, Ministère des Transports du Canada,
Régie des Eaux du Québec, Ministère des Richesses
Naturelles, 203 p.

Campbell, P.G., Meybeck, M., Tessier, A. (1974).
"Planification de l'Acquisition des Données, Tome 1 -
Relations entre l'Utilisation et la Ressource Eau et sa
Qualité" Ministère des Richesses Naturelles, Service
Qualité des Eaux, Gouvernement du Québec.

Inhaber, H., (1975) "An Approach to a Water Quality Index for Canada" Water Research, vol. 9, p. 821 à 833, Pergamon Press.

Nisbet M., Verneaux J., (1970) "Composantes chimiques des eaux courantes." Annales de Limnologie, T. 6, Fasc. 2, p. 161-190.

Ouellet, Y., Cerceau, J., (1976) "Mélange des eaux douces et salées du Saint-Laurent - Circulation et Salinité" Les Cahiers de Centreau, Université Laval, Québec, Vol. 1, no 4, juillet, 57 p.

ANNEXE 1
METHODES ANALYTIQUES

AZOTE TOTAL KJELDAHL (N), forme dissouteI- Echantillon

Volume : 75 ml d'échantillon
Récipient : Verre ou en polyéthylène
Pré-traitement : Filtration sur membrane 0.45 micron
Préservation : Acide sulfurique à pH inférieur à 2 et refroidir
à 4°C

II- Méthode

Méthode colorimétrique sur l'Auto-Analyser. L'échantillon est digéré automatiquement en présence d'une solution de HClO_4 et H_2SO_4 contenant du V_2O_5 où l'azote est converti en sulfate d'ammonium. La solution est par la suite neutralisée au moyen de NaOH et traitée par la réaction du salicylate de sodium, dichloroisocyanurate de sodium et du nitroprussiate de sodium, pour former un complexe vert. L'intensité de la coloration est mesurée à 660 nm.

Domaine de concentration : 0.05 - 2.0 mg/l N

Précision	Erreur type	Coefficient de variation
	0.10 ± .02 mg/l	0.10 ± .20%
	0.27 ± .04 mg/l	0.27 ± 14.8 %
	0.78 ± .07 mg/l	0.78 ± 8.9 %

Référence : Méthode industrielle No 197-72W AAII

Instrument: Auto-Analyser Technicon AAII

III- Données

Unités : mg/l (N) (milligramme par litre)

Forme : Azote total Kjeldahl (N) (forme dissoute)

CONDUCTIVITEI - Echantillon

Volume : 100 ml
Récipient : Verre ou en polyéthylène
Pré-traitement : Aucun
Préservation : Refroidir à 4°C et analyser dans les 24 heures

II - Méthode

Lecture directe - Pont de Wheatstone. La mesure s'effectue au moyen d'un appareil à conductivité muni d'électrodes de platine et par la suite, la lecture est corrigée pour une température de 25°C.

Domaine de concentration: 1 à 500,000 umhos/cm

Précision : 1% dans le domaine de concentration de 50 à 150 umhos/cm
2% - 50 et + 150 umhos/cm
Référence : Standard Methods, 13^e éd., pages 323-327
Instrument : Radiomètre type CDM

III - Données

Unités : umhos/cm à 25°C (micromhos par centimètre à 25°C)
Forme : Conductivité

DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO) , forme dissouteI- Echantillon

Volume : 25 ml
Récipient : Verre ou en polyéthylène
Pré-traitement : Filtration à l'aide d'une membrane filtrante de 0.45 m
Préservation : Acidifier à pH 2 au moyen d'acide sulfurique

II- Méthode

L'échantillon est digéré en présence d'une solution digestante de dichromate - acide sulfurique. La diminution du chrome hexavalent causée par la réaction d'oxydation de l'échantillon est mesurée colorimétriquement.

Domaine de concentration: 1 - 50 mg/l
Précision : Erreur type: 10.5 ± 0.2 mg/l
Références : Méthode Industrielle Technicon No. 26-697
Instrument : Auto-Analyseur II - Technicon

III- Données

Unités : mg/l (milligramme par litre)
Forme : Demande chimique en oxygène, forme dissoute

pHI - Echantillon

Volume : Prélever au moins 50 ml d'un échantillon représentatif

Récipient : Verre ou en polyéthylène

Pré-traitement : Aucun

Préservation : Aucune. Analyser immédiatement à l'arrivée en laboratoire

II - Méthode

Méthode électrométrique. Le pH de l'échantillon est mesuré à température ambiante, avec un pH mètre qui a été calibré avec des solutions tampons appropriées. Des électrodes de verre et au calomel sont utilisées.

Domaine de concentration: pH 0 - 14

Précision : $\pm$ 0.1 unité de pH

Références : Standard Methods, 1971, p. 276-281
Environmental Protection Agency.
Manual of Methods for Chemical Analysis of
Water and Wastes, 1974, p. 239.

Instrument : Radiomètre, Modèle pH M28

III - Données

Unités : Unité standard de pH

Forme : pH

PHOSPHORE TOTAL, forme dissoute

I- Echantillon

Volume : 50 ml
Récipient : Verre ou polyéthylène
Pré-traitement : Filtration sur membrane filtrante 0.45 μ
Préservation : Refroidir à 4°C

II- Méthode

Les polyphosphates et le phosphore organique sont transformés en ortho-phosphates en présence d'acide sulfurique et de persulfate d'ammonium. Les ortho-phosphates sont par la suite dosés par la méthode à l'acide ascorbique.

Domaine de concentration : 0.01 - 1.0 mg/l

Précision : Ecart type : 0.08 ± 0.007 mg/l

Référence : Environmental Protection Agency.
Manual of Methods for Chemical Analysis of
Water and Wastes, 1974, p. 249-263

Instrument: Auto-Analyseur Technicon AAII

III- Données

Unités : mg/l

Forme : Phosphore total, PO₄, forme dissoute

TURBIDITEI - Echantillon

Volume : 150 ml
Récipient : Verre ou polyéthylène
Pré-traitement : Aucun
Préservation : Aucune

II - Méthode

La méthode est basée sur la comparaison de l'intensité de lumière dispersée par l'échantillon sous des conditions définies et l'intensité de lumière dispersée d'un échantillon de référence.

Domaine de concentration: 0 - 100 UTJ

Précision : Ecart type : $\pm 2\%$

Référence: Environmental Protection Agency.
Manual of Methods of Chemical Analysis
of Water and Wastes, 1974, p. 295.

Instrument: Turbidimètre Hach modèle 2100A

III - Données

Unités : UTJ (unité de turbidité Jackson)
Forme : Turbidité

SUBSTANCES PHENOLIQUESI- Echantillon

Volume : 1 litre
Récipient : Verre
Pré-traitement : Aucun
Préservation : 1.0 g/l CuSO_4 et H_3PO_4 et pH 4, à 4°C

II- Méthode

Méthode colorimétrique automatisée. Analyse basée sur la distillation des phénols et de la réaction du distillat avec du ferricyanure alcalin et du 4 - aminoantipyrine pour former un complexe rouge qui est mesuré colorimétriquement à 505 nm.

Domaine de concentration : 0 - 500 ug/l

Précision : Erreur type. : 7.75 ± 2.5 ug/l

40 ± 1.3 ug/l

103 ± 2.0 ug/l

Référence : a) Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 13 ième Edition, 1971, p. 507.

b) Technicon, Industrial Method 127 - 71W

Instrument : Auto - Analyser Technicon AAII

III- Données

Unités : ug/l (microgramme par litre)

Forme : substances phénoliques

I- Echantillon

Volume : 200 ml
Récipient : Polyéthylène
Pré-traitement : Aucun
Préservation : Acidification avec HNO_3 à pH inf. à 2

II- Méthode

L'échantillon est digéré en présence d'acide nitrique concentré, puis dosé par aspiration directe au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

Domaine de concentration : 0 - 2.0 mg/l
Précision : Ecart type : $0.013 \pm 15.4 \%$
 $0.08 \pm 4.8 \%$

Références: Environmental Protection Agency.
Manual of Methods of Chemical Analysis
of Water and Wastes, 1974, p. 78-91.

Instrument: Perkin Elmer Modèle 403

III- Données

Unités : mg/l (milligramme par litre)
Forme : chrome total (forme totale)

DOSAGE DU CUIVRE, (forme totale)

I- Echantillon

Volume : 200 ml
Récipient : Polyéthylène
Pré-traitement : Aucun
Préservation : Acididification avec HNO_3 à pH inf. à 2

II- Méthode

L'échantillon est digéré en présence d'acide nitrique concentré puis dosé par aspiration directe au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

Domaine de concentration : 0-- 2.0 mg/l

Précision : Ecart type : $0.010 \pm 20.4 \%$
 $0.088 \pm 2.3 \%$

Références: Environmental Protection Agency.
Manual of Methods of Chemical Analysis
of Water and Wastes, 1974, p. 78-91.

Instrument: Perkin Elmer Modèle 403

III- Données

Unités : mg/l (milligramme par litre)
Forme : Cuivre (forme totale)

DOSAGE DU FER TOTAL (forme totale)I - Echantillon

Volume : 200 ml

Réipient : Polyéthylène

Pré-traitement : Aucun

Préservation : Acidification avec HNO_3 à pH inf. à 2

II - Méthode

L'échantillon est digéré en présence d'acide nitrique concentré puis dosé par aspiration directe au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

Domaine de concentration : 0 - 2.0 mg/l

Précision : Ecart type : $0.018 \pm 28.9\%$

$0.26 \pm 3.4\%$

Référence : Environmental Protection Agency.
Manual of Methods of Chemical Analysis
of Water and Wastes, 1974, pp. 78-91.

Instrument: Perkin Elmer Modèle 403

III - Données

Unités : mg/l (milligramme par litre)

Forme : Fer total (forme totale)

I - Echantillon

Volume : 200 ml
Récipient : Polyéthylène
Pré-traitement : Aucun
Préservation : Acidification avec HNO_3 à pH inf. à 2

II - Méthode

L'échantillon est digéré en présence d'acide nitrique concentré puis dosé par aspiration directe au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

Domaine de concentration: 0 - 2.0 mg/l

Précision : Ecart type: $0.015 \pm 26.6\%$
 $0.028 \pm 14.2\%$

Référence : Environmental Protection Agency.
Manual of Methods of Chemical Analysis of Water and Wastes, 1974, pp. 78-91

Instrument : Perkin Elmer modèle 403

III - Données

Unités : mg/l (milligramme par litre)

Forme : zinc (forme totale)

ANNEXE IITESTS STATISTIQUES

Analyse de variance à un critère (Bobée, 1973)¹

L'analyse de variance permet de vérifier l'égalité simultanée de plusieurs moyennes. Pour l'application de ce test, chaque série d'échantillons doit être tirée d'une population normale dont les variances sont égales.

Généralement, on suppose que la distribution est normale mais on vérifie l'égalité des variances par le test de Bartlett².

Par ce test, on veut vérifier l'hypothèse suivante:

$$H_0 \quad \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

μ : moyenne de la population

soient les relations suivantes:

$$SS = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2 \quad \text{variation totale}$$

¹ Bobée, B., (1973) "Eléments de statistiques". Note de cours, INRS-eau, 141 p.

² cf. test de Bartlett - Annexe II.

$$SS_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad \text{variation à l'intérieur des séries}$$

$$SS_2 = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \quad \text{variation entre les moyennes des séries}$$

k: nombre de séries

n: nombre de valeurs de la série

$\bar{x}$: moyenne de l'échantillon

On détermine alors:

$$F_c = \frac{SS_2}{SS_1} \frac{N - k}{k - 1}$$

N = nombre total de valeur pour l'ensemble des échantillons.

F_c suit une loi F avec $\nu_1 = k-1$ et $\nu_2 = N - k$ degrés de liberté.

Pour un niveau de signification fixé α^1 , si la valeur calculée F_c tombe dans la zone d'acceptation de la loi F_{ν_1, ν_2} , c'est-à-dire $F_c < F_{\alpha, \nu_1, \nu_2}$ (F_t), l'hypothèse H_0 est acceptée.

Dans le cas où l'hypothèse est rejetée, nous pouvons appliquer le test de Scheffe ².

¹ Dans tous les cas, nous avons utilisé un niveau de signification $\alpha = 95\%$

² Voir test de Scheffe en Annexe II.

On calcule:

$$A = \sum_{i=1}^k C_i \bar{x}_i - \sigma_1 \mu_1$$

$$A_2 = \sum_{i=1}^k C_i \bar{x}_i + \sigma_1 \mu_1$$

$$S_i \quad A_1 < 0 < A_2$$

l'hypothèse H_0 est acceptée

$$S_i \quad A_1 > 0$$

H_0 est refusée et $\sum_i C_i \alpha_i > 0$

$$A_2 < 0$$

H_0 est refusée et $\sum_i C_i \alpha_i < 0$

Test de Bartlett (Bobée, 1973)

Ce test nous permet de vérifier l'égalité de K variances.
Par ce test on veut tester l'hypothèse suivante:

$$H_0) \quad \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots \sigma_k^2 = \sigma^2$$

$$\sigma_i^2 = \text{variance de la population.}$$

Pour un échantillon donné, la variance non biaisée est donnée par la relation suivante:

$$s_i^2 = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$$

n_i = taille de l'échantillon i

$\bar{x}_i$ = moyenne de l'échantillon

Considérons la quantité μ définie comme suit:

$$\mu = -\frac{1}{C} \sum_{i=1}^k (n_i - 1) L_n \frac{s_i^2}{S^2}$$

$$\text{où } C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left\{ \sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{n_i - 1} \right) - \frac{1}{k} \right\}$$

$$N = \sum_{i=1}^k n_i$$

Test de Scheffe (Bobée, 1973)

Par ce test nous pouvons comparer les moyennes entre elles et ainsi déterminer lesquelles pourront être considérées égales et inégales.

Considérons la relation linéaire suivante:

$$\sum_{i=1}^k C_i \alpha_i$$

Avec la condition $\sum_{i=1}^k C_i = 0$

Les C_i sont des coefficients, α_i est l'effet spécifique à la série i .

On veut tester au niveau de signification α ¹ l'hypothèse:

$$H_0) \sum_{i=1}^k C_i \alpha_i = 0$$

On pose:

$$\mu_1 = \sqrt{(k-1) F_{k-1, n-k}(\alpha) \sum_{i=1}^k \frac{C_i^2}{n_i}}$$

$F_{k-1, n-k}(\alpha)$ est la variable F pour $k-1$ et $n-k$ degrés de liberté avec la probabilité au dépassement α .

¹ Dans tous les cas, nous avons utilisé un niveau de signification $\alpha = 95\%$.

$$s^2 = \frac{\sum (n_i - 1) s_i^2}{N - K}$$

k: nombre d'échantillons

μ est distribué suivant une loi χ^2 à (k-1) degrés de liberté. On calcule pour un niveau de signification donné α la valeur du χ^2 correspondant. Si $\mu < \chi^2(\alpha)$, l'hypothèse H_0 est acceptée.

ANNEXE III

Résultats des analyses suivantes: pH, turbidité, sulfates,
cuivre, zinc, fer

Figure 1

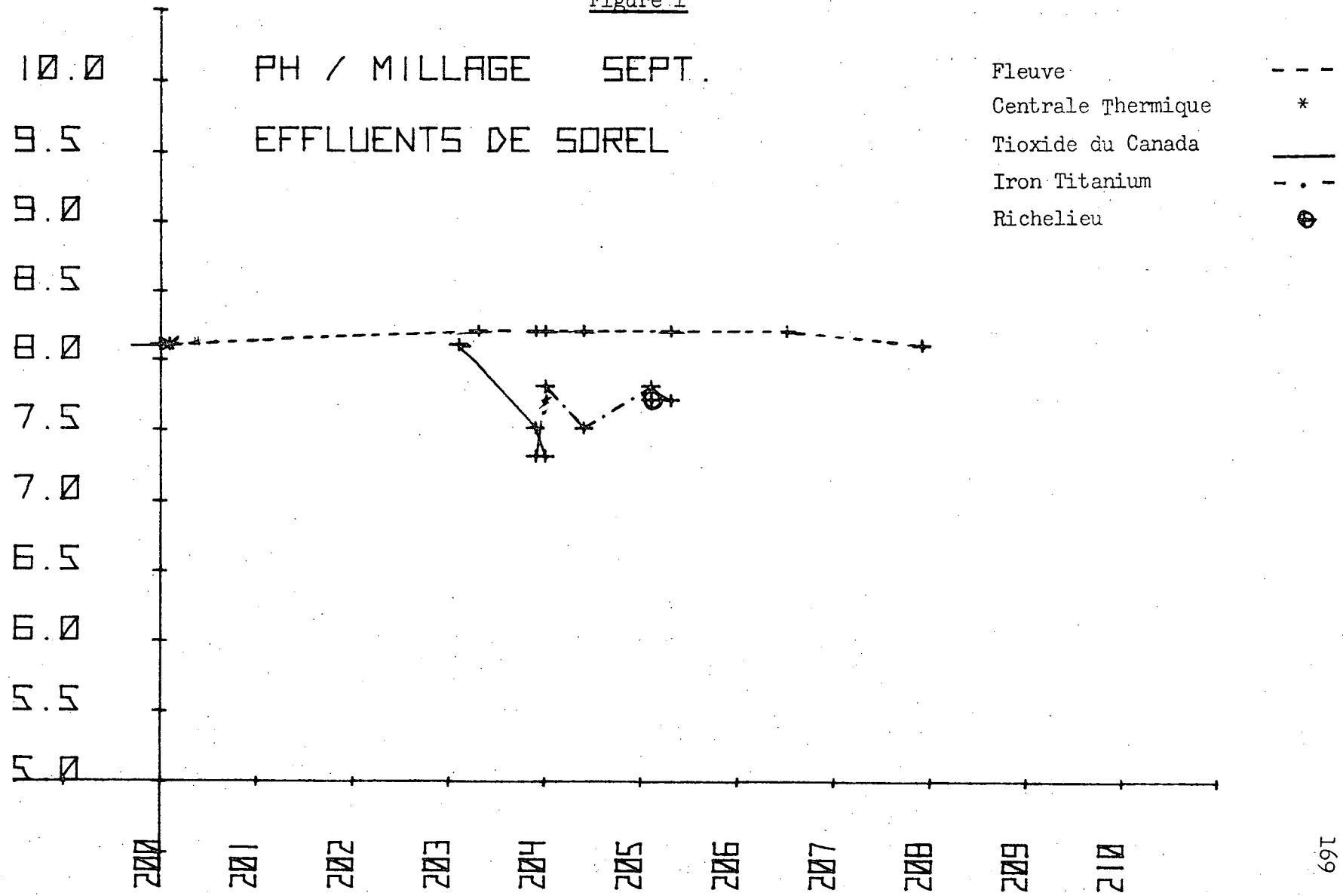


Figure 2

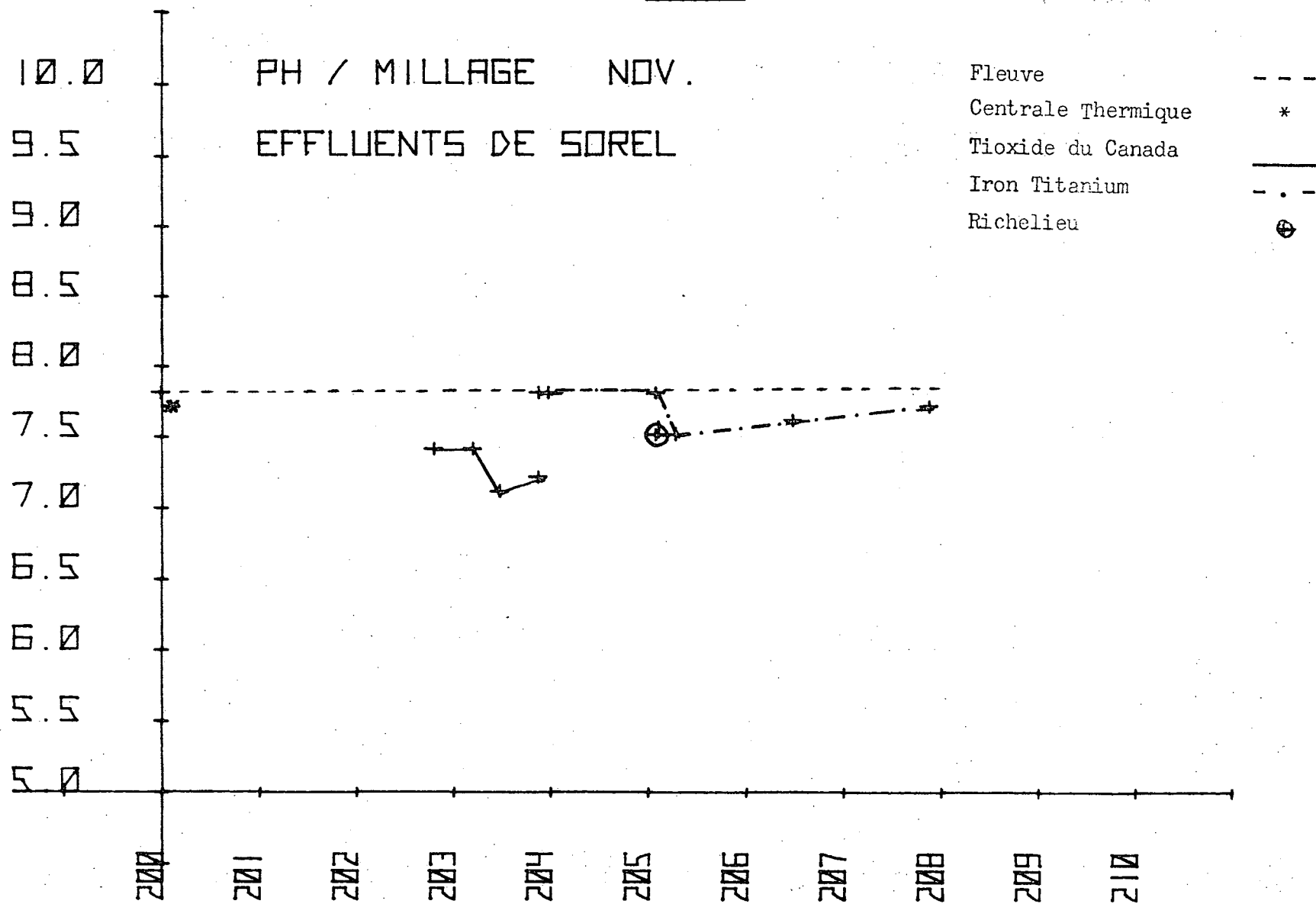


Figure 3

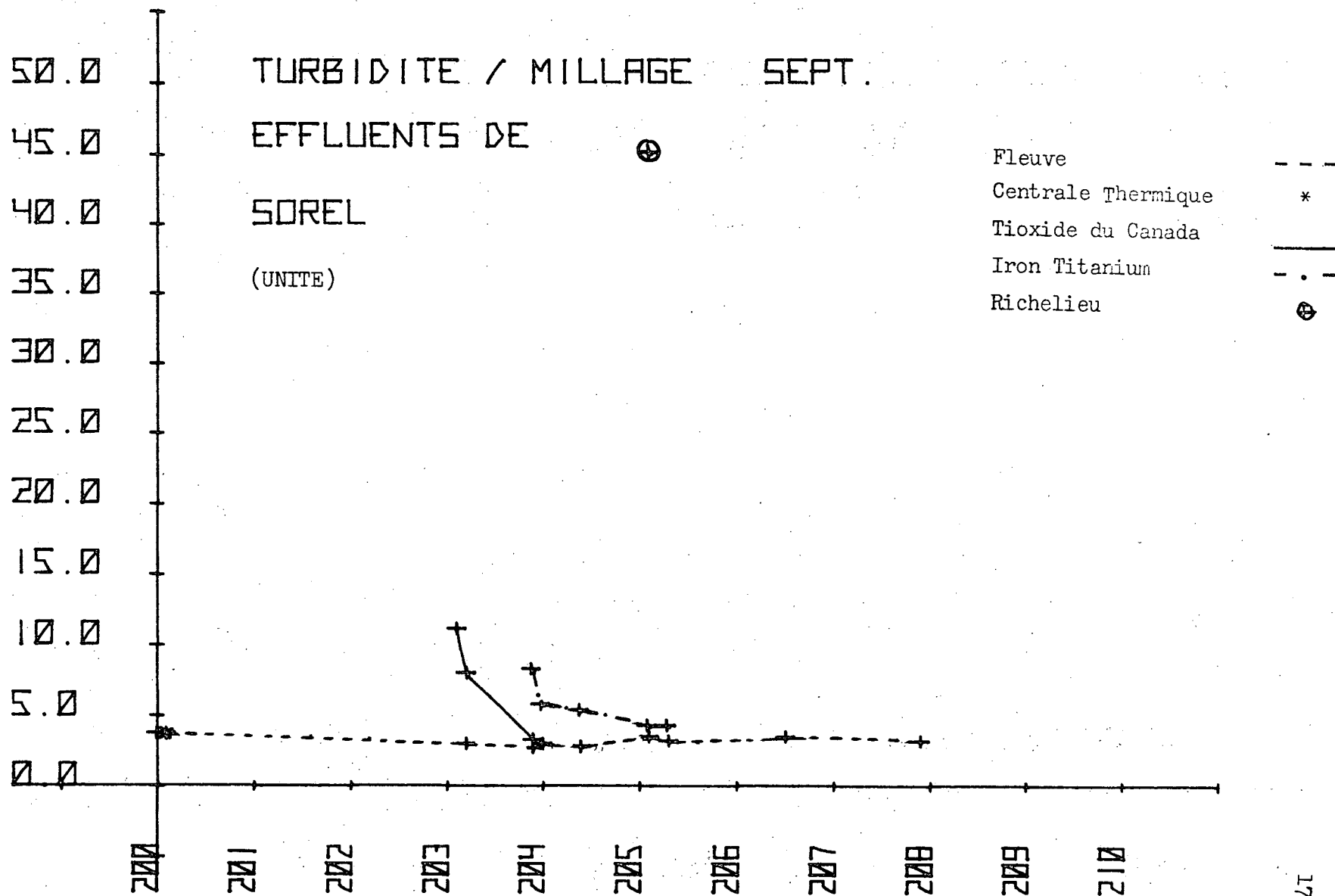


Figure 4

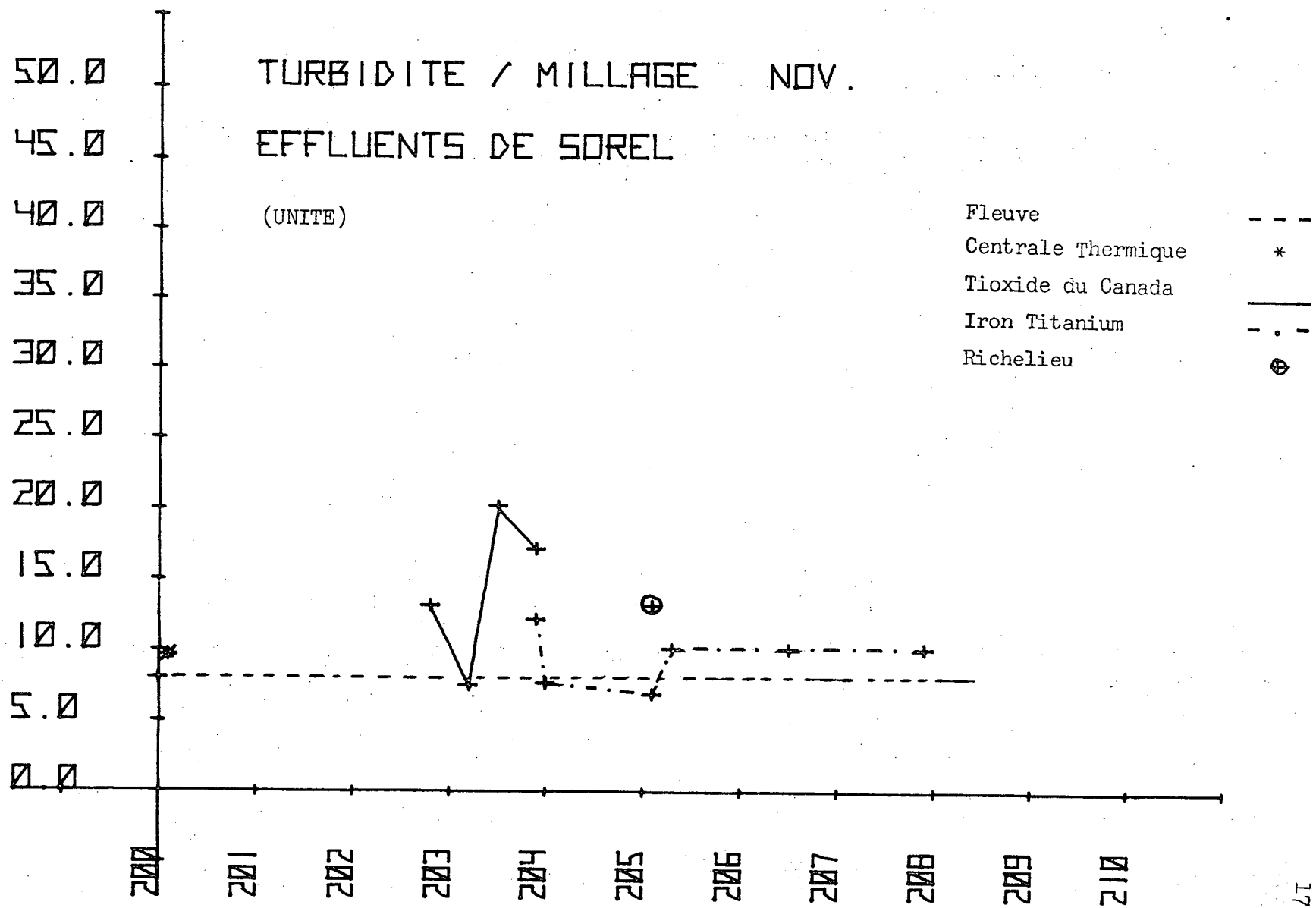


Figure 5

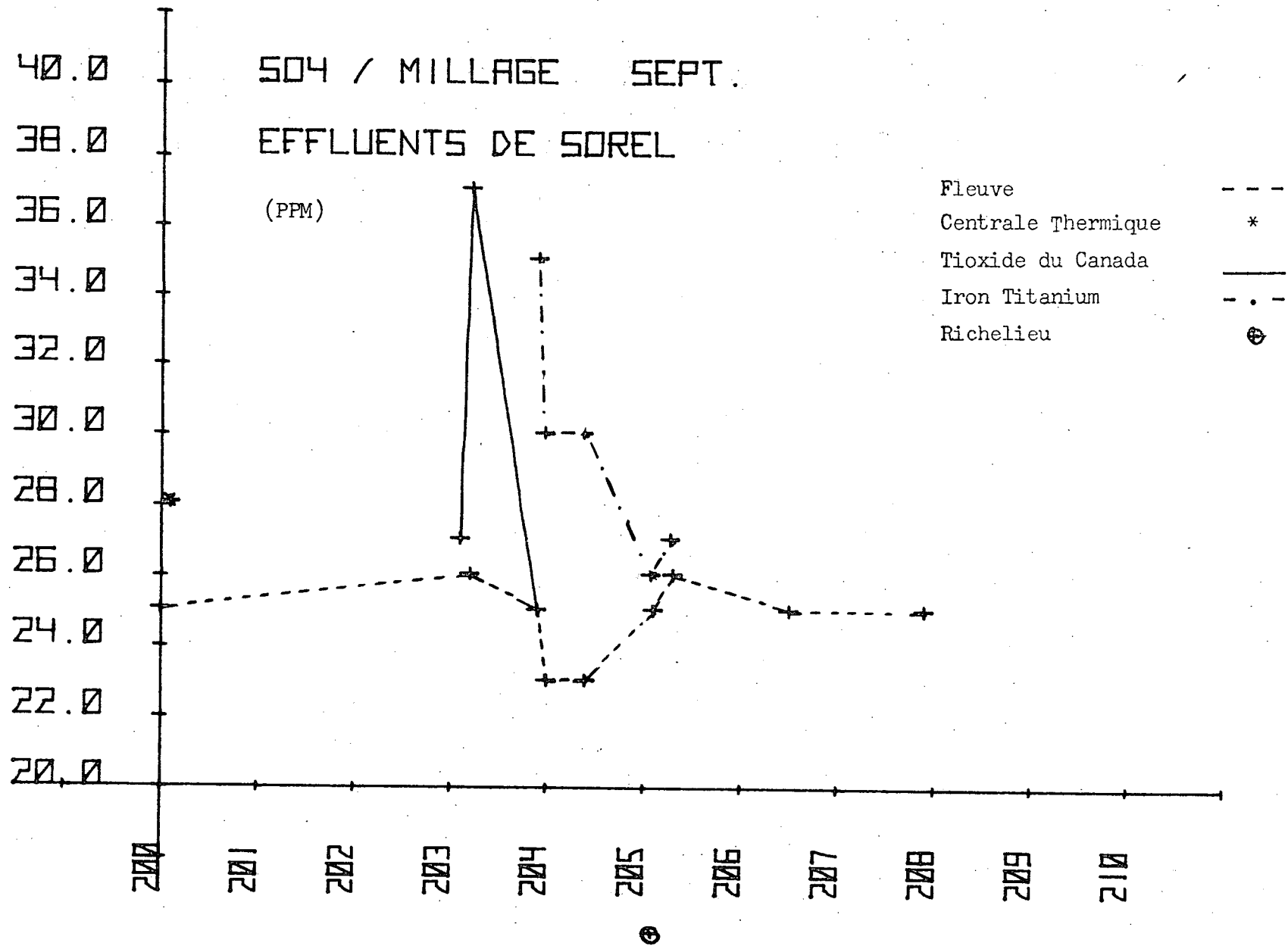


Figure 6

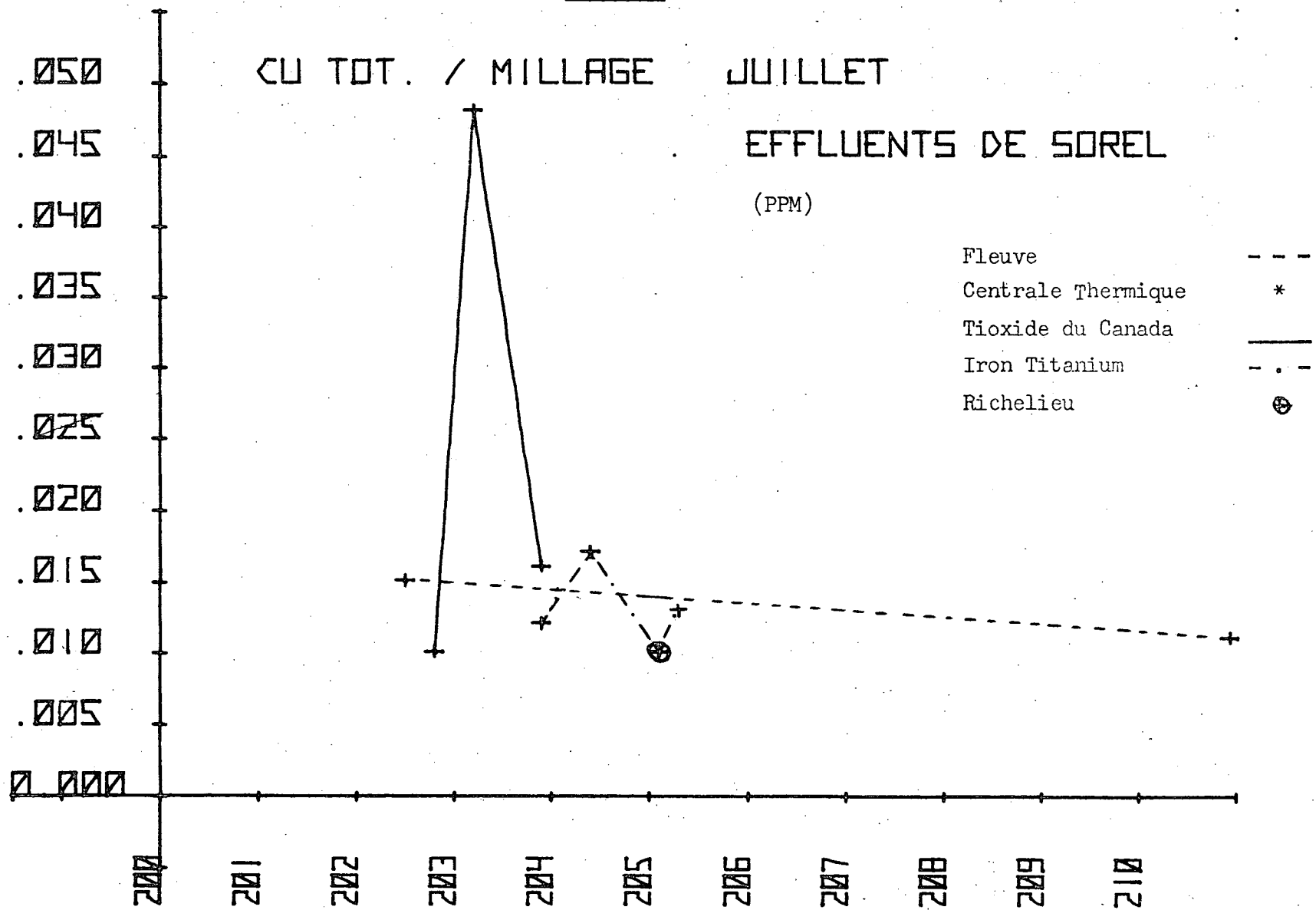


Figure 7

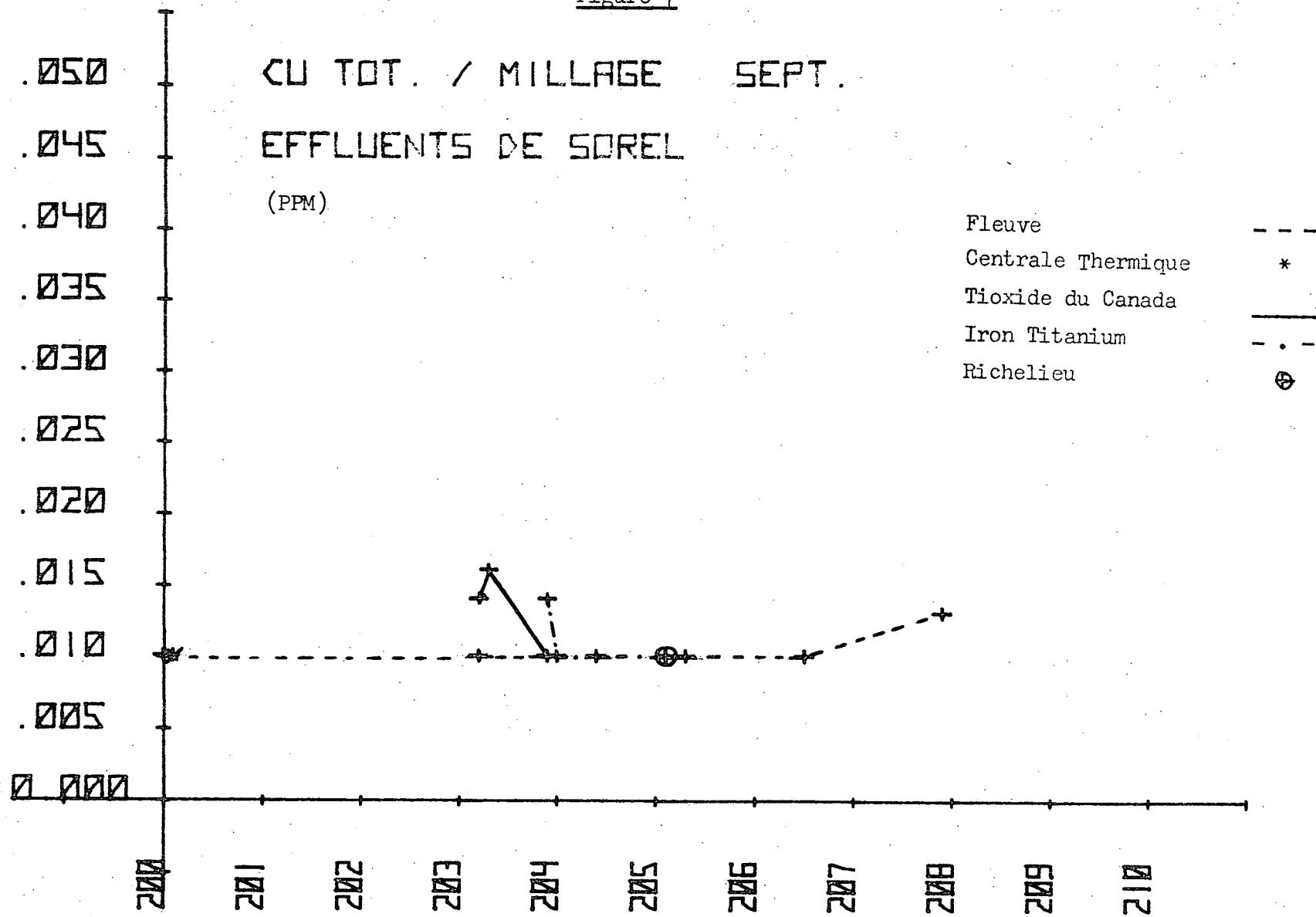


Figure 8

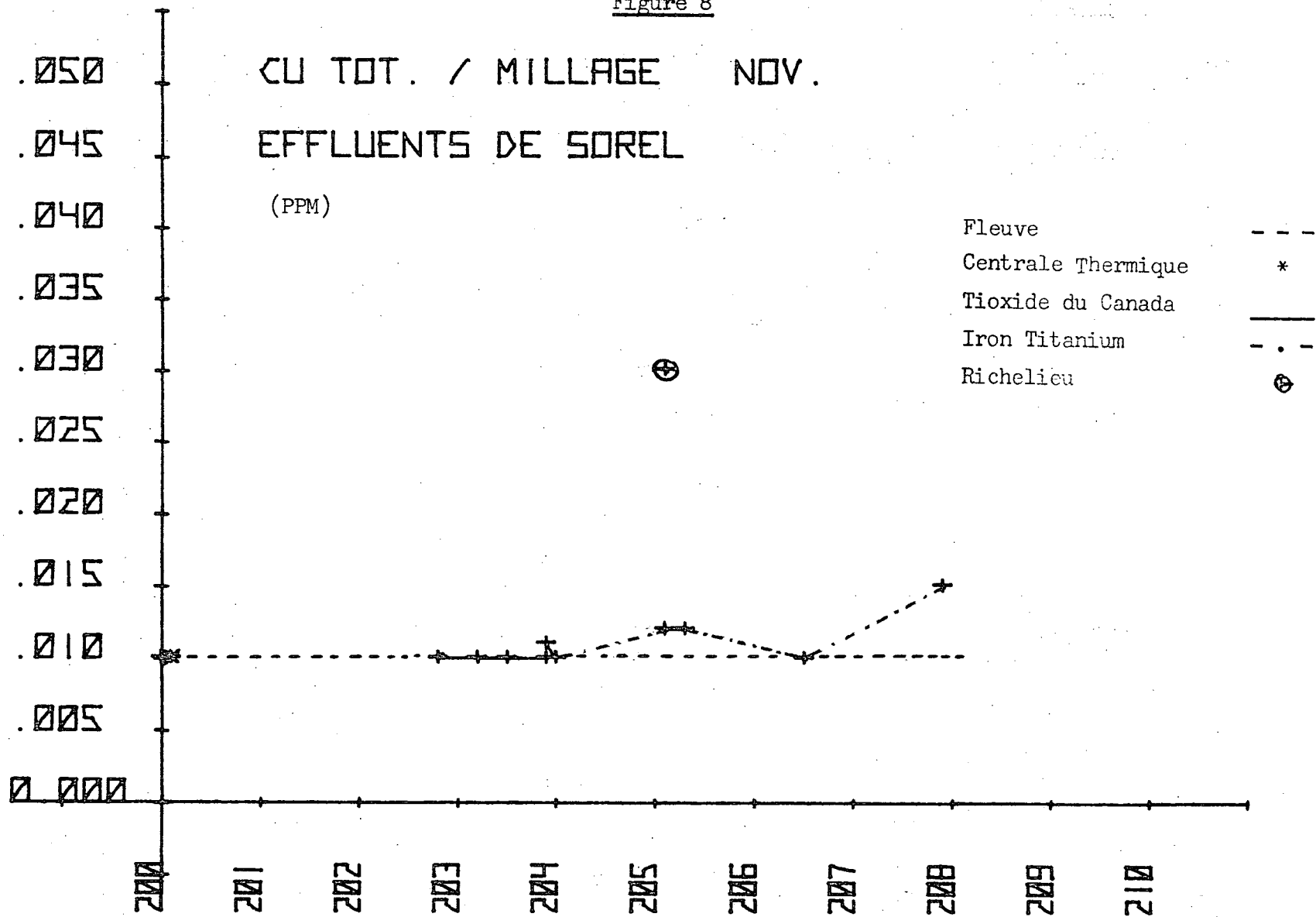


Figure 9

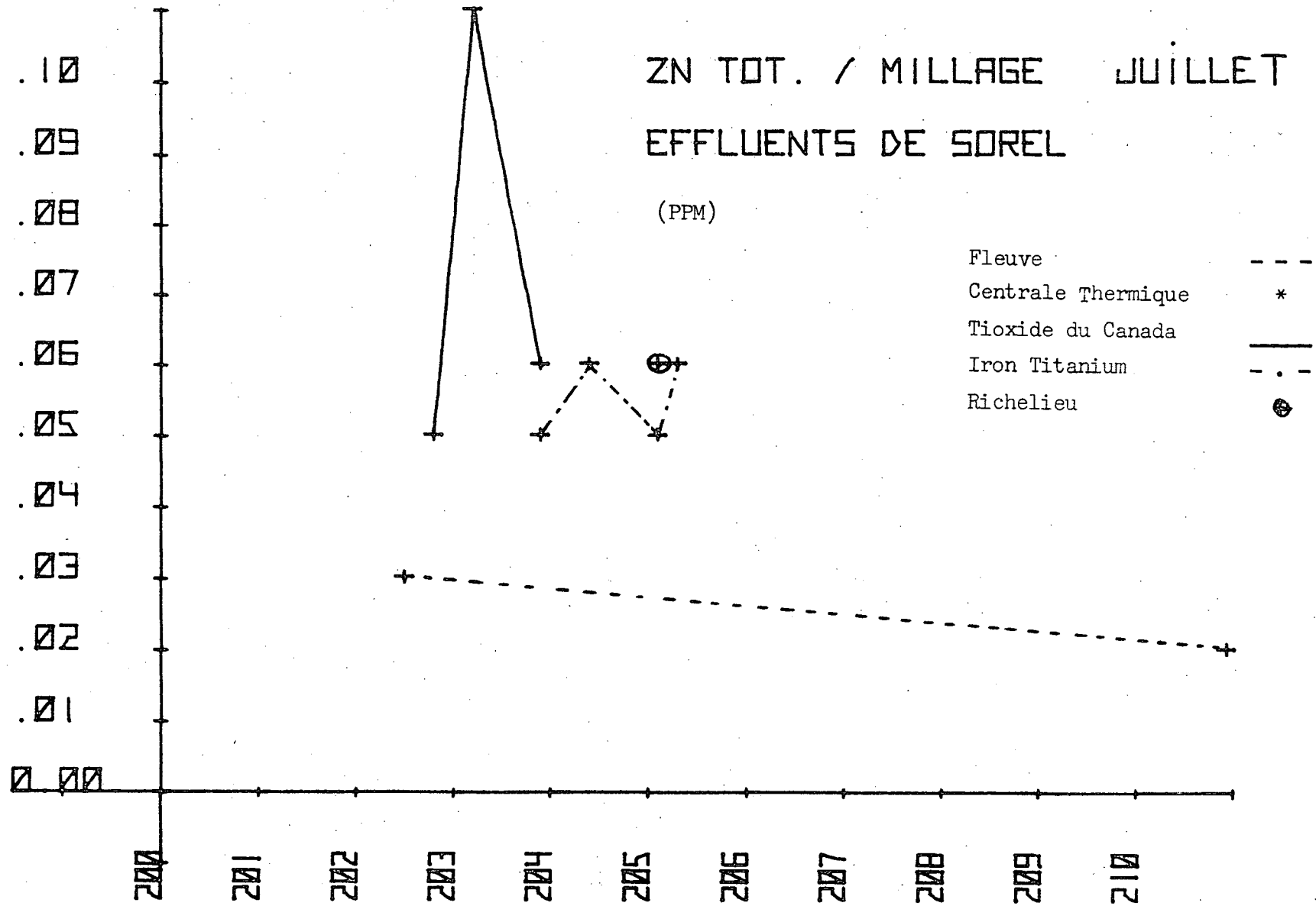


Figure 10

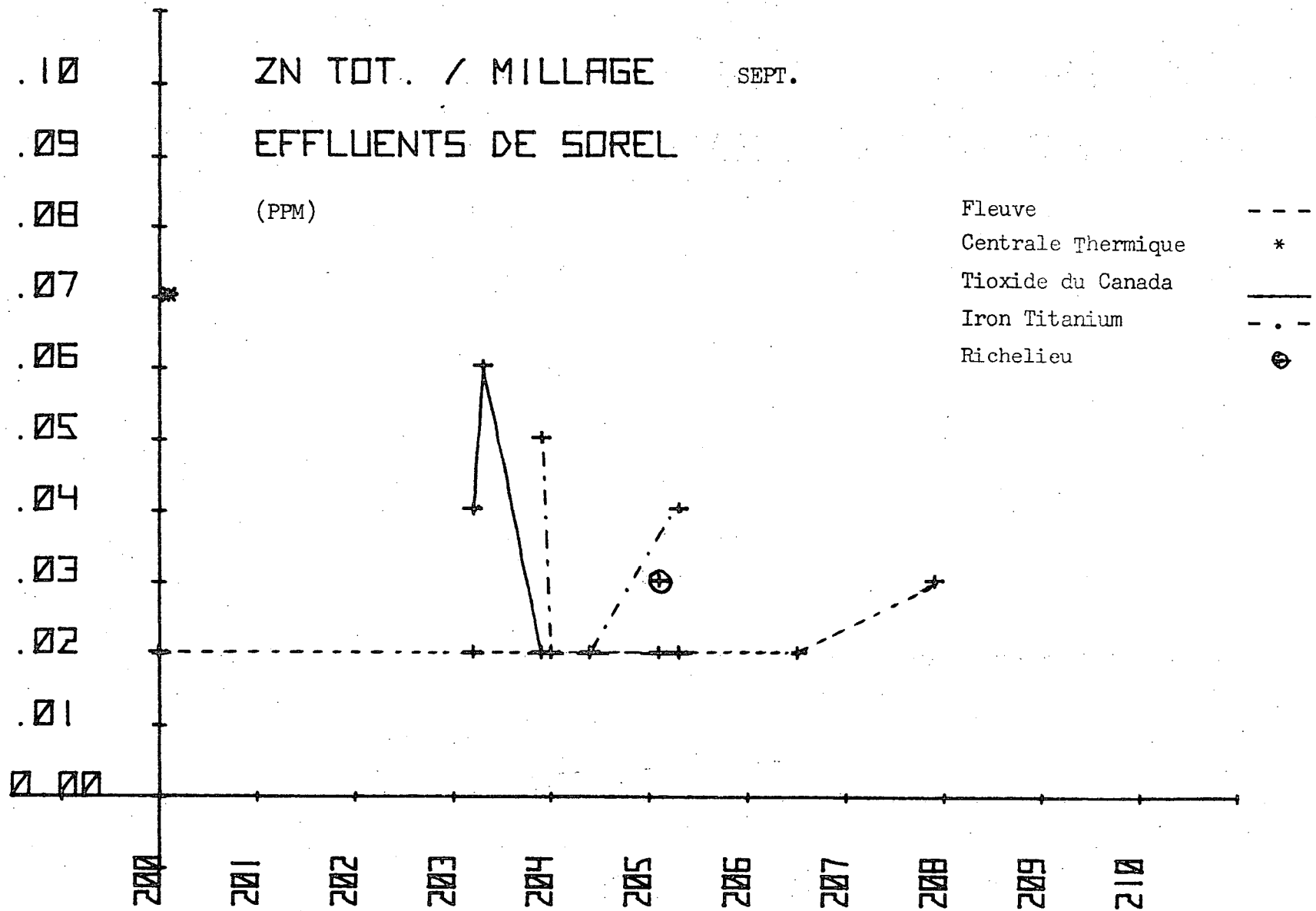


Figure 11

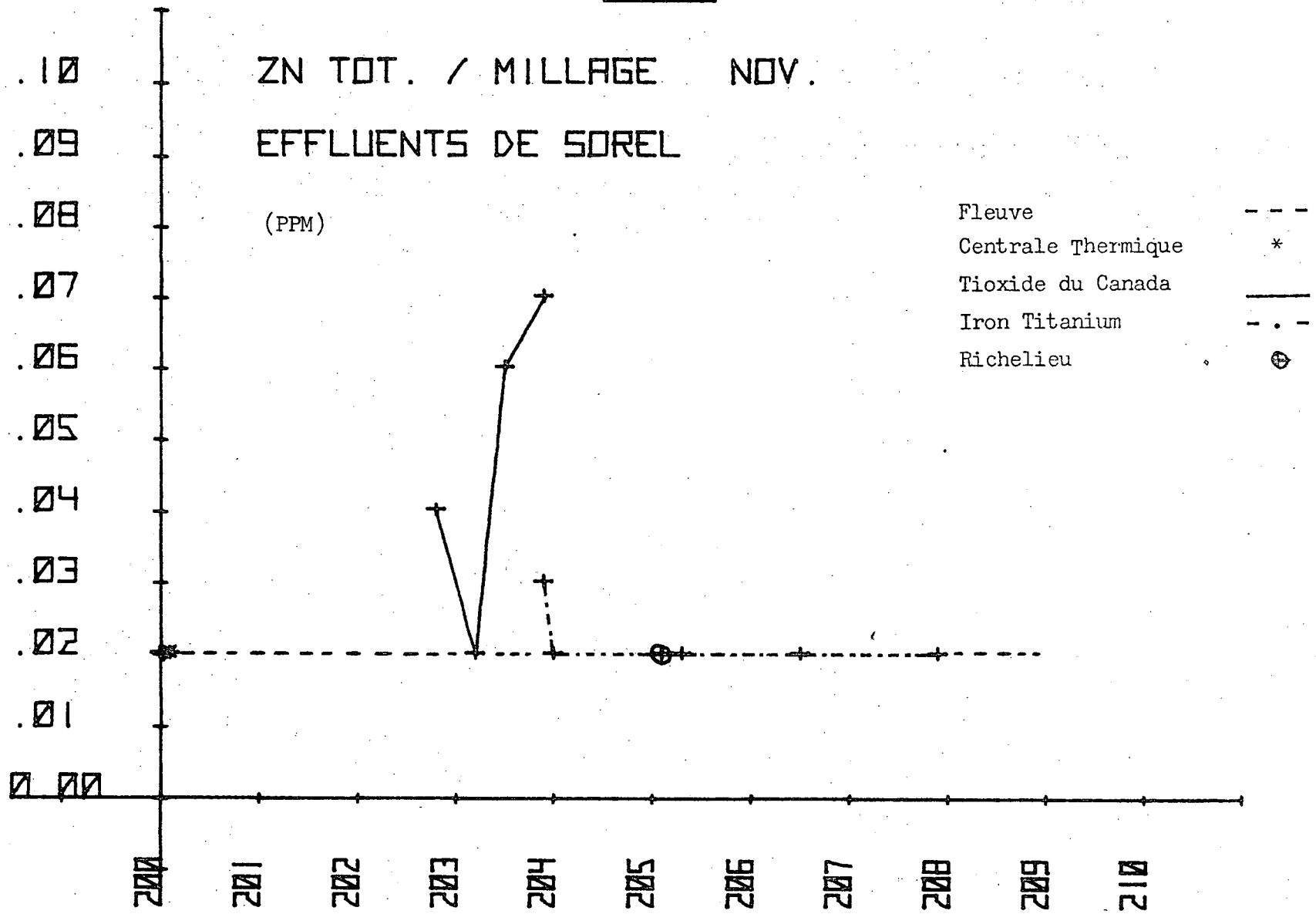


Figure 12

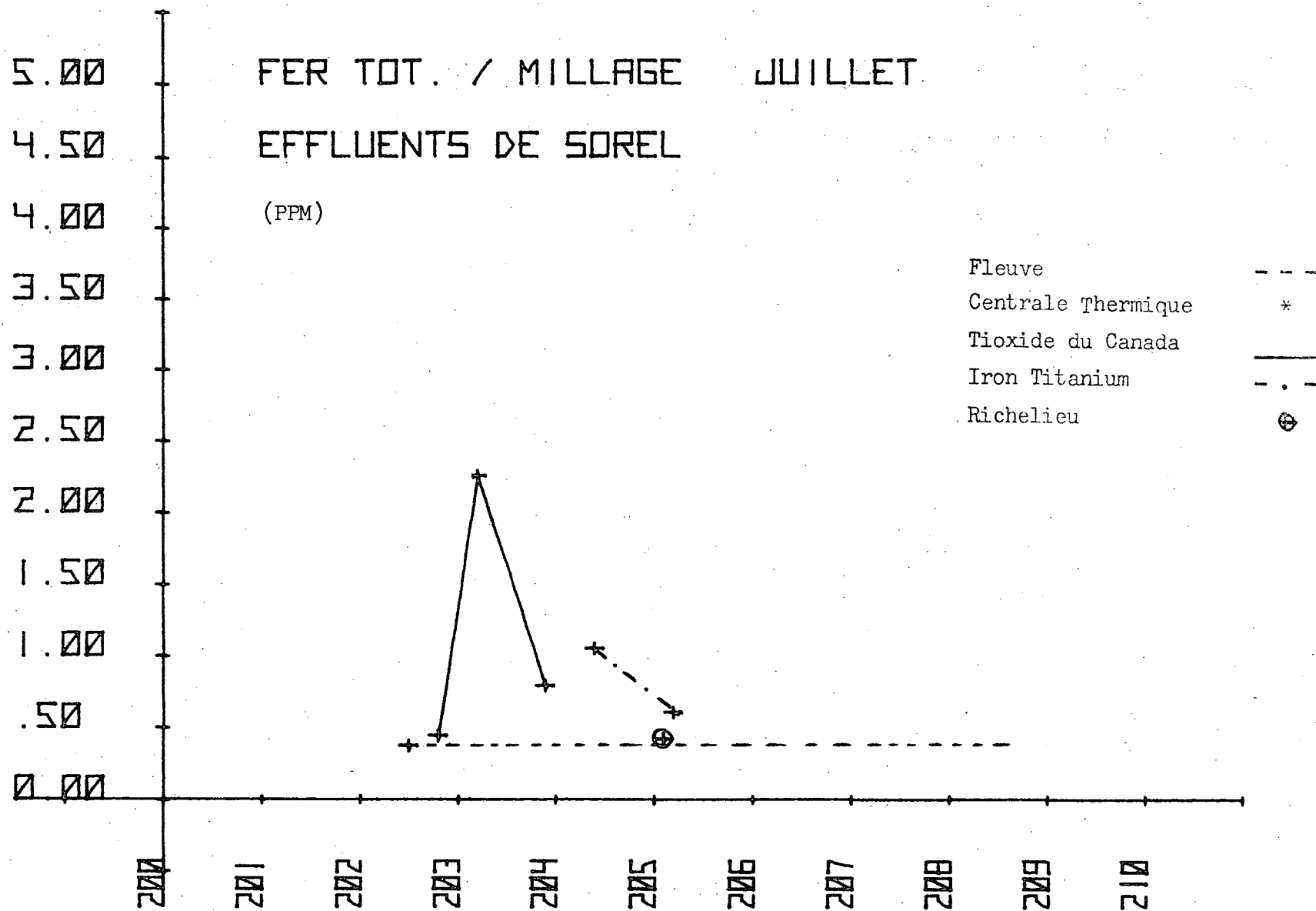


Figure 13

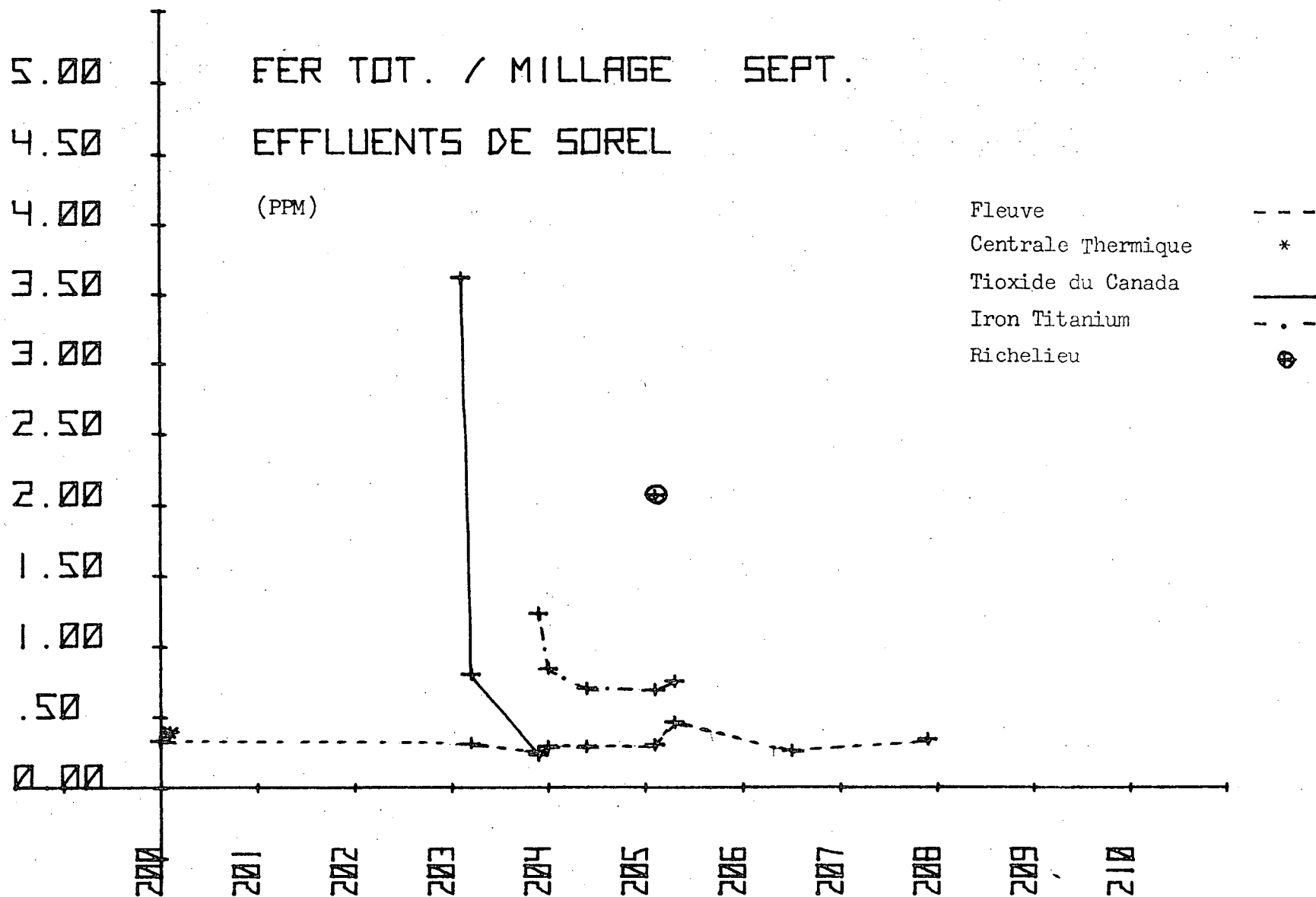


Figure 14

