

ETUDE DU FLEUVE SAINT-LAURENT

PIETTE ,AUDY, BERTRAND
LEMIEUX,FUGÈRE & LEBLOND

INGÉNIEURS CONSEILS

DIFFUSION DES EAUX USÉES DE TROIS - RIVIÈRES ET DE SOREL

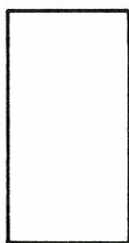
MARS 1974

CANADA

ENVIRONNEMENT CANADA

MINISTÈRE

DES TRANSPORTS

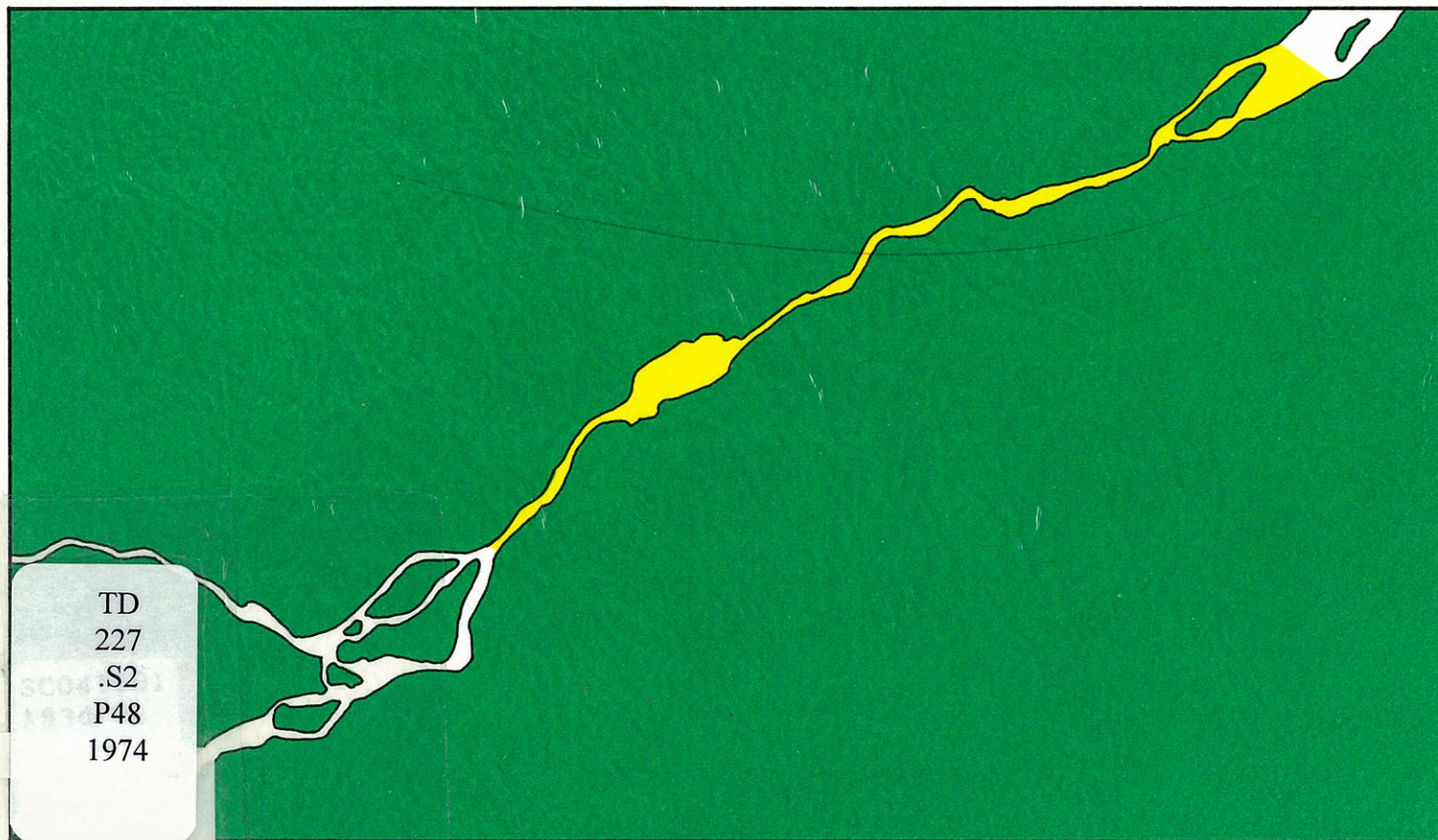


QUEBEC

SERVICES DE PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

MINISTÈRE DES

RICHESSSES NATURELLES



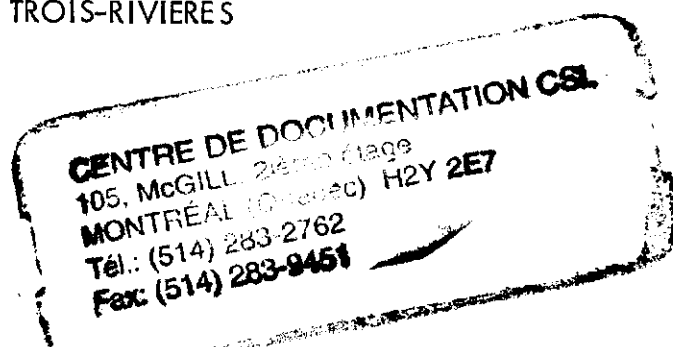
TD
227
.S2
P48
1974

97738 11612

T10
224
PVC
1731

GOUVERNEMENT DU QUEBEC
SERVICES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIFFUSION
DANS LE FLEUVE ST-LAURENT DES EAUX USEES
DE SOREL ET DE TROIS-RIVIERES



RAPPORT D'ETUDE

PIETTE, AUDY, BERTRAND, LEMIEUX, FUGERE, LEBLOND
Ingénieurs-conseils,
Québec
Environnement Canada / Environment Canada
Bibliothèque Montréal Library
105, rue McGill
Montréal (Québec) H2Y 2E7
Tél. / Tel. (514) 283-9503

Dossier E-2872

Mars 1974

17 SEP. 2008

PIETTE, AUDY, BERTRAND, LEMIEUX
FUGÈRE & LEBLOND
INGÉNIEURS CONSEILS

ASSOCIÉS
GUILLAUME PIETTE, Ing. M.S. E.D.S.
RENÉ AUDY, Ing.
ANDRÉ BERTRAND, Ing.
GEORGE LEMIEUX, Ing.
PIERRE FUGÈRE, Ing.
JACQUES LEBLOND, Ing.

1334, CHEMIN SAINT-LOUIS
QUÉBEC, QUÉ.
G1S 1E5
(418) 686-9900

ADJOINTS
PIERRE HAMEL, Ing.
PAUL JEAN, Ing.
RENÉ LEGARE, Ing.
JEAN-LOUIS MAILLOUX, Ing.
LÉANDRE MENCIEUX, Ing.
JOSEPH NASRA, Ing.

Le 27 mars 1974.

Monsieur Victor C. Goldbloom,
Ministre des Affaires municipales et de l'Environnement,
Gouvernement du Québec,
Edifice "G", 30^{ème} étage,
Cité Parlementaire,
Québec.

Monsieur le ministre,

Conformément aux termes de la convention d'étude
intervenue entre votre ministère et notre société, nous avons l'honneur
de vous soumettre notre rapport sur la diffusion dans le fleuve St-Laurent
des eaux usées de Trois-Rivières et de Sorel.

Nous avons été heureux d'entreprendre cette étude
avec la collaboration des ingénieurs des Services de Protection de l'Envi-
ronnement, et nous vous remercions de la confiance que vous nous avez
témoignée.

Nous vous prions de recevoir, monsieur le ministre,
l'assurance de notre considération la plus distinguée et nous croire,

Vos bien dévoués,

PIETTE, AUDY, BERTRAND, LEMIEUX, FUGÈRE, LEBLOND

par:

René Audy

René Audy, ing.

RA/ED

TABLE DES MATIERES

I -	Introduction	
II -	Cadre de l'étude	
	II - 1	Région de Trois-Rivières
	II - 2	Région de Sorel
III -	Caractéristiques des eaux usées	
IV -	Campagne de mesures	
	IV - 1	Choix des sections
	IV-1.1	Région de Trois-Rivières
	IV- 1.2	Région de Sorel
	IV - 2	Méthode de mesures
V -	Caractéristiques du fleuve Saint-Laurent	
	V- 1	Région de Trois-Rivières
	V-1 .1	Généralités
	V- 1.2	Marée
	V- 1.3	Vents prédominants
	V- 1.4	Profil des sections transversales
	V- 1.5	Distribution verticale de la vitesse
	V- 1.6	Distributions transversales de la vitesse
	V- 1.7	Réseau des trajectoires
	V- 1.8	Nature du lit

V - Caractéristiques du fleuve Saint-Laurent (suite)

V - 2 Région de Sorel

V - 2.1 Généralités

V - 2.2 Marée

V - 2.3 Vents prédominants

V - 2.4 Profil des sections transversales

V - 2.5 Distribution verticale de la vitesse

V - 2.6 Distributions transversales de la vitesse

V - 2.7 Réseau des trajectoires

V - 2.8 Nature du lit

VI - Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent

VI-1 Température

VI-2 Densité

VI-3 Oxygène dissous - Région de Trois-Rivières

VI-4 Oxygène dissous - Région de Sorel

VI-5 Analyse sommaire de la qualité biochimique

VII - Diffusion

VII - 1 Définition

VII - 2 Mécanismes

VII - 3 Importance relative des mécanismes

VII - 4 Rôle de la diffusion

VII - 5 Principaux paramètres

VII - 5.1 Etalement des particules

VII - 5.2 Mesure du cône de diffusion

VII - 5.3 Trajet suivi par les particules

VII - Diffusion (suite)

VII - 6 Zones propices à la diffusion

VII - 6.1 Généralités

VII - 6.2 Evaluation de la dilution

VII - 6.3 Région de Trois-Rivières

VII - 6.4 Région de Sorel

VIII - Conclusions et recommandations.

LISTE DES PLANCHES

1. Localisation des prises d'eau et des rejets industriels à Trois-Rivières
2. Localisation des prises d'eau et des rejets industriels à Sorel
3. Tableau des caractéristiques géométriques à Trois-Rivières et à Sorel
4. Profil des sections transversales (A à H) à Trois-Rivières
5. Profil des sections transversales (I à O) à Sorel
6. Profil de la section A et distributions verticales de la vitesse
7. " " B " " "
8. " " C " " "
9. " " D " " "
10. " " E " " "
11. " " F " " "
12. " " G " " "
13. " " H " " "
14. Distributions transversales de la vitesse à Trois-Rivières
15. Trajectoires à Trois-Rivières
16. Trajectoires " "
17. Profil de la section I et distributions verticales de la vitesse
18. " " J " " "
19. " " K " " "
20. " " L " " "
21. " " M " " "
22. " " N " " "
23. " " O " " "

24. Distributions transversales de la vitesse à Sorel
25. Trajectoires à Sorel
26. " "
27. Température de l'eau à Montréal et à Québec en 1973
28. Densité de l'eau vs température
29. Tableau résumant l'oxygène dissous à Trois-Rivières
30. Distribution longitudinale de l'oxygène dissous à Trois-Rivières
31. Tableau résumant l'oxygène dissous à Sorel
32. Distribution longitudinale de l'oxygène dissous à Sorel
33. Représentation schématique de la diffusion
34. Zone à éviter pour le rejet des eaux usées à Trois-Rivières
35. Zone à éviter pour le rejet des eaux usées à Sorel

I - INTRODUCTION

En date du 1er août 1973, les Services de Protection de l'Environnement retenaient les services de notre société, pour faire une étude de la diffusion des eaux usées des agglomérations de Sorel et de Trois-Rivières, dans les eaux du fleuve St-Laurent.

Plus précisément, la région de Trois-Rivières comprend les municipalités de Trois-Rivières-Ouest, de Trois-Rivières et du Cap-de-la-Madeleine.

De même, l'agglomération de Sorel inclut les municipalités de Tracy, de St-Joseph-de-Sorel et de Sorel.

L'étude comporte:

- - un inventaire des études antérieures sur un plan directeur d'assainissement afin de connaître la localisation des émissaires, le projet d'épuration, le débit et la qualité des eaux usées.
- - un relevé des caractéristiques du fleuve St-Laurent incluant:
 - les profils transversaux du lit
 - les vitesses de courant
 - les débits
 - l'amplitude des marées
 - l'influence des affluents
 - les trajectoires d'écoulement
 - l'influence des vents prédominants
 - la nature du lit

- un relevé de la qualité des eaux du fleuve St-Laurent incluant :
 - la température
 - l'oxygène dissous
 - le pH
 - la densité spécifique
 - les coliformes totaux
- une étude de la diffusion proprement dite des eaux usées dans le St-Laurent considérant l'étalement des particules ou le cône de diffusion et le trajet suivi par les particules.
- enfin, une discussion sur l'opportunité de la diffusion et la localisation d'un couloir de lancement propice à la diffusion.

La réalisation de l'étude comprend :

- un travail sur le terrain pour recueillir les données essentielles
- une analyse de ces données pour arriver à une solution qui tienne compte des contextes technologique, écologique et économique.

II - CADRE DE L'ETUDE

Avant de délimiter la zone des relevés, il est essentiel de connaître les conditions actuelles des déversements d'eaux usées, tant domestiques qu'industriels, et de connaître aussi les prévisions futures sur la localisation des sites d'épuration et des émissaires.

Pour ce faire, nous avons consulté les ingénieurs municipaux pour connaître les plans directeurs d'assainissement des régions concernées.

II - 1 Région de Trois-Rivières

Pour cette région nous avons pris connaissance d'un rapport d' "Etude Régionale d' Assainissement des Eaux Usées, Trois-Rivières et Cap-de-la-Madeleine", préparé par F.R. Laberge et Associés, ingénieurs-conseils, à la demande de la Régie des Eaux du Québec. Ce rapport (abrégé-FRL) est daté de mars 1972.

Ci-après nous faisons ressortir les principales considérations, conclusions ou recommandations du rapport de FRL ayant une incidence importante sur les limites de la présente étude:

- onze sites (numérotés de 1 à 11) ont été analysés pour l'implantation d'usines d'épuration
- le site No 1, le plus en amont, est localisé immédiatement à l'est du pont de Trois-Rivières
- le site No 11, le plus en aval, est localisé à la limite est de la municipalité de Ste-Marthe, à une distance approximative de 9.5 milles du site no 1

- les sites retenus dans l'élaboration des solutions, soit à caractère municipal seulement, soit à caractère mixte, c'est-à-dire industriel - municipal, sont les sites numéro 1, 2, 4, 5, 6, 7 et 8
- entre les sites extrêmes no 1 et no 8, la distance sur le St-Laurent est réduite à 5,5 milles
- le site no 5 est recommandé dans le plan directeur FRL

A partir des remarques précédentes et considérant que cette partie du St-Laurent n'est pas soumise à un renversement de courant dû à la marée, la zone d'étude s'étend depuis le point de déversement situé le plus en amont, soit le site no 1 d'implantation du poste de traitement, ou le pont de Trois-Rivières, jusqu'au quai du parc industriel de Bécancour.

La longueur totale du tronçon est de 11.2 milles, soit environ 5.7 milles en bas du site le plus en aval retenu pour le déversement dans le rapport FRL .

II - 2 Région de Sorel

Pour cette région nous avons pris connaissance d'un rapport d' "Etude Préliminaire - Epuraton des Eaux Usées " préparé par Martel, Ricard et Roy, ingénieurs-conseils, pour la Cité de Sorel . Ce rapport (abrégé MRR) est daté de 1964, avec des revisions mineures en 1971 et en 1973.

Le rapport MRR retient un seul site pour une usine régionale traitant les eaux usées domestiques de Sorel, Tracy et St-Joseph et éventuellement les eaux usées provenant des municipalités de Ste-Anne et de St-Pierre. Le site recommandé est localisé à une distance approximative de 0.85 mille à l'aval de l'embouchure du Richelieu.

Par ailleurs, la région est très industrialisée et comporte plusieurs émissaires d'eaux usées industrielles. L'étude doit aussi couvrir ces points de déversement.

Comme cette région est située en amont du Lac St-Pierre, l'influence de la marée peut être négligée, compte tenu de la nature de l'étude.

A partir des considérations précédentes, la zone d'étude a été étendue de part et d'autre de l'embouchure du Richelieu (fixé comme mille zéro) sur des distances de 2 milles en amont et de 5.6 milles en aval, soit une longueur totale de 7.6 milles.

III - CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES

Avant de passer à l'étude du milieu récepteur, il est bon de faire l'inventaire des données ou des relevés sur le volume et la qualité des eaux d'égout à disposer.

Il y a lieu de faire immédiatement une distinction entre les eaux usées domestiques et les eaux usées industrielles.

Les régions de Trois-Rivières et de Sorel sont fortement industrialisées. A Trois-Rivières les industries sont à prédominance du type pâtes et papiers. A Sorel, les industries sont surtout du type traitement du fer (aciéries, fonderies, forges, produits en acier et sous-produits).

Les débits d'eau utilisés sont considérables. A Trois-Rivières par exemple, quatre industries de pâtes et papiers consomment 76 MGJ d'eau, comparativement à 12 MGJ d'eau pour la consommation domestique. Les prises d'eaux industrielles sont généralement indépendantes du réseau municipal.

Les rejets d'eaux usées industrielles sont conséquemment importants en volume et beaucoup plus nocifs au point de vue qualité. Ces émissaires sont généralement indépendants des réseaux municipaux et situés à proximité des usines qu'ils desservent, avec un déversement direct dans le St-Laurent, dans le St-Maurice ou dans le Richelieu.

Dans le cadre de l'étude nous avons fait l'inventaire des prises d'eau et des déversements d'eaux usées industrielles; ceux-ci sont localisés sur les Planches no 1 et 2.

Les débits d'eaux usées domestiques sont généralement mal connus parce que:

- les mesures sont faites sur quelques émissaires seulement, dits représentatifs
- la période de mesure est trop courte: quelques jours seulement dans une saison donnée.

Pour la région de Sorel, le rapport MRR donne les résultats suivants de mesures de débits faites sur dix-sept émissaires, pendant une semaine en période de temps sec:

Débit	Moyennes de l'ensemble des émissaires	Valeurs extrêmes
moyen	169 gpm	47 et 601 gpm
minimal	124 gpm	20 et 410 gpm
maximal	240 gpm	81 et 745 gpm

Dans la région de Trois-Rivières, qui compte plus de 20 émissaires, le rapport FRL mentionne que des mesures de débits ont été faites pendant:

- 4 jours en automne sur 3 émissaires
- et 6 à 9 jours en février sur 4 émissaires

Les résultats obtenus sont assez disparates avec des variations de débits per capita et par jour de 12 US gallons à 135 US gallons. On a tenté d'expliquer ces variations par la position de la nappe phréatique et en supposant ou de l'infiltration ou de l'exfiltration. Nous verrons plus loin que les résultats d'analyses sont tout aussi disparates, ce qui fait conclure à l'auteur du rapport FRL (page VI-15) :

- " Les résultats très limités d'analyses ne permettent pas de tirer des conclusions définitives. Ils ne font que soulever des problèmes qui devront être étudiés plus attentivement et plus en profondeur avant de concevoir les ouvrages de traitement."

Pour les régions de Trois-Rivières et de Sorel, les mesures partielles faites sur les débits de quelques émissaires donnent des résultats qui sont bien différents de la valeur arbitraire de 100 gallons US/personne/jour généralement utilisée pour la conception des ouvrages de traitement.

La conclusion générale énoncée précédemment sur les débits est tout aussi vraie, considérant la qualité des eaux usées domestiques.

Les valeurs théoriques généralement utilisées dans la conception des postes de traitement sont:

pour la DBO_5 de 200 mg/l
et pour les matières en suspension de 240 mg/l

Or, les mesures effectuées à Sorel et mentionnées dans le rapport MRR (page 4) donnent:

Emissaires	DBO_5 (mg/l)	Solides en suspension (mg /l)
1, 2, 3	47.8	147
4, 5, 6, 7, 12, 13	62.3	115
14, 15, 16, 17	26.6	117

D'autre part, le rapport FRL sur la région de Trois-Rivières montre tout autant d'anomalies qui ne font que "soulever des problèmes" (Cf. conclusion citée plus haut).

En résumé, pour les régions de Sorel et de Trois-Rivières, nous pouvons mentionner :

- que les débits d'eaux usées industrielles sont beaucoup plus importants que les débits d'eaux usées domestiques
- que les eaux usées industrielles sont généralement canalisées et déversées indépendamment des eaux usées domestiques
- que les réseaux d'égouts domestiques sont du type combiné avec les eaux de ruissellement
- que le régime des débits d'eaux usées domestiques est mal connu
- que la qualité moyenne des eaux usées domestiques, avec ses variations de temps sec et en période d'orages, est inconnue.

IV - CAMPAGNE DE MESURES

La campagne de mesures des caractéristiques du fleuve comporte en premier lieu l'établissement des sections de mesures à l'intérieur des tronçons définis au Chapitre II.

IV - 1 Choix des sections

Le choix des sections est basé sur des critères hydrauliques et topographiques.

Du point de vue hydraulique, les sections transversales doivent être perpendiculaires à la direction générale de l'écoulement. On admet habituellement que cette direction suit le tracé du chenal maritime. De plus, elles doivent tenir compte de particularités locales telles que, notamment :

- le positionnement et la géométrie des affluents
- la localisation des émissaires à gros débits
- les zones de remous
- les parties de tronçon non rectilignes
- la présence d'îles

de façon à ce que les conditions générales de l'écoulement puissent être observées.

Le critère topographique est d'ordre pratique. En effet, pour se déplacer sur une section transversale, il faut que le bateau puisse s'aligner sur des repères fixes situés sur les rives. Un alignement est constitué d'au moins deux repères situés si possible sur la même rive et assez gros pour être visibles d'une rive à l'autre. Habituellement, les clochers, les tours de transmission, les cheminées, etc. sont utilisés; cependant, il arrive parfois que l'on doive installer des cibles qui font office de repère.

C'est en tenant compte de ces critères et en faisant des compromis entre eux que les emplacements suivants ont été choisis (Planches 4 et 5) .

IV - 1.1 Région de Trois-Rivières

<u>Section</u>	<u>Position</u>	<u>Distance en milles (1)</u>
A	A l'aval du pont de Trois-Rivières	0.05
B	Sous les tours de transmission de l'Hydro-Québec	0.8
C	Face au quai de Ste-Angèle de Laval	2.8
D	Face à la marina de l'île St-Quentin	3.7
E	Face à la Consolidated Bathurst Paper	5.3
F	A l'embouchure de la rivière Bécancour	7.2
G	A l'amont de l'île à Valdor	8.8
H	Au quai du parc industriel de Bécancour	11.2

(1) Distances comptées à partir du pont de Trois-Rivières.

IV - 1.2 Région de Sorel

<u>Section</u>	<u>Position</u>	<u>Distances en milles (2)</u>
I	Au droit du Motel Le Marquis, à Tracy	- 1.8
J	Sous les tours de transmission de l'Hydro-Québec	- 0.7
K	Dans l'alignement de la traverse de Sorel	+ 0.3
L	Entre Ste-Anne de Sorel et l'île St-Ignace	1.9
M	Entre Ste-Anne de Sorel et l'île de Grâce	3.1
N	Entre l'île des Barques et l'île Lapierre	5.4
O	Entre l'île Bibeau et l'île Lapierre	7.5

(2) Distances comptées à partir de l'embouchure du Richelieu.

Sur chacune des sections transversales précédentes, un certain nombre de verticales ont été choisies le long desquelles les paramètres suivants ont été mesurés:

- la profondeur
- la vitesse
- la température
- l'oxygène dissous

Certaines analyses ont aussi été effectuées à partir des prélèvements d'eau pour déterminer:

- le pH
- la couleur
- la turbidité
- les sulfates
- les phosphates
- les coliformes totaux

IV - 2 Méthode de mesures

Pour effectuer les mesures, nous avons utilisé un bateau à bord duquel avait été placé l'équipement nécessaire. Le personnel du bateau comprenait un pilote, un ingénieur et un technicien. La position du bateau était relevée par les hommes d'instrument situés sur la rive et la mise en plan a été faite par recoupement d'angles.

Le bateau, équipé d'un échosondeur enregistreur servant à déterminer le profil du lit, se déplaçait à vitesse constante dans l'alignement de la section et les hommes d'instrument relevaient sa position simultanément à l'impression d'une référence sur le papier.

La mesure de la vitesse était effectuée au moyen d'un moulinet Dumas-Neyrpic. Le nombre de tours de l'hélice était ensuite transformé au moyen d'une courbe d'étalonnage ou par les équations suivantes:

$$0.2 < n < 15.58 \quad \vec{V} = 0.7579 n + 0.0525$$

$$15.58 < n < 25 \quad \vec{V} = 0.7214 n + 0.6199$$

$\vec{V}$: vitesse en pi./sec.

n : nombre de tours par seconde

Les mesures de la température et de l'oxygène dissous furent prises par un même appareil Y.S.I. qui permet de faire des lectures directes de la température en degré Celsius et de l'oxygène dissous en partie par million (ppm).

Les échantillons d'eau furent prélevés au moyen d'un boyau enfoncé à la profondeur désirée et d'une pompe agissant en continue.

Enfin, des flotteurs furent lancés à partir de certaines sections transversales pour connaître le réseau des trajectoires. Ils étaient constitués d'une bouée et d'une dérive attachée à la profondeur voulue. La dérive avait des dimensions telles qu'elle contrôlait le déplacement de la bouée. La position du flotteur était relevée régulièrement et simultanément par les hommes d'instrument.

V - CARACTERISTIQUES DU FLEUVE ST-LAURENT

V - 1 Région de Trois-Rivières

V - 1.1 Généralités

La ville de Trois-Rivières est située à la confluence du St-Laurent et du St-Maurice. Cette dernière rivière est un affluent important du St-Laurent et son débit bien que régularisé par de nombreux barrages en amont de Trois-Rivières, peut varier entre 4,000 p.c.s. et 138,000 p.c.s. Près de son embouchure la rivière St-Maurice se divise en trois branches dues à la présence d'îles importantes. D'après une étude antérieure du ministère des Richesses naturelles (1), la répartition des débits dans chacun de ces trois bras serait la suivante:

bras ouest:	56%
bras centre :	13%
bras est :	31%

Dès son arrivée dans le St-Laurent, les eaux de la rivière St-Maurice sont rabattues contre la rive gauche du fleuve et longent la rive sur une distance appréciable avant d'être complètement mélangées avec celles du St-Laurent.

A la hauteur de Trois-Rivières, aucune station hydrométrique ne fournit la valeur du débit du fleuve St-Laurent. Mais, la sommation des débits des principaux affluents nous permet d'évaluer son importance entre 215,000 p.c.s. et 660,000 p.c.s. (débits moyens journaliers).

Pendant la période des mesures étalée du 1er septembre au 1er novembre, on peut estimer que les débits moyens étaient de 368,000 p.c.s. pour le St-Laurent en amont de la confluence du St-Maurice et de 19,500 p.c.s. pour ce dernier.

(1) Campagne de relevés à Trois-Rivières en novembre 1967, Jean-Paul Boucher, ministère des Richesses naturelles.

Pour les sections considérées, la profondeur maximale de l'eau varie entre 45 et 67 pieds pour une profondeur moyenne longitudinale de 53 pieds. La largeur varie de 4,620 à 9,600 pieds pour une valeur moyenne de 6,570 pieds. (Planche 3)

V - 1.2 Marée

D'après les tables de marée 1973 du Service hydrographique du Canada (1), la fluctuation du niveau d'eau dans le port de Trois-Rivières a atteint un maximum de 7.6 pieds le 6 avril 1973 et un minimum de 1 pied le 26 avril 1973. Cependant, pendant la période des mesures, la variation moyenne du plan d'eau se situe aux environs d'un pied. Ainsi, on peut admettre que la marée n'influence pas de façon sensible le niveau de l'eau, ni la vitesse moyenne d'écoulement de sorte que son effet ne sera pas pris en considération dans cette étude.

V - 1.3 Vents prédominants

Des mesures systématiques du vent n'ont pas été effectuées lors de cette campagne parce que les résultats obtenus auraient été trop peu étendus dans le temps pour permettre de porter jugement. Nous avons donc préféré utiliser les données rapportées dans l'Atlas du Canada de 1957. En été les vents ont les directions suivantes:

sud - ouest	25% du temps
nord - est	20% " "
ouest - nord - ouest	30% " "
nord - nord-ouest	10% " "

Il y a moins de 1% de calme durant cette période.

(1) Table des marées et courants du Canada, vol. 3, Fleuve St-Laurent et rivière Saguenay, Service hydrographique du Canada.

En hiver, les directions sont les suivantes:

sud - ouest	25%
nord - est	20%
ouest - nord - ouest	20%
nord - nord-ouest	10%

La prédominance des vents, tant en été qu'en hiver, est dans l'alignement général du fleuve, soit NE - SO. Son influence sur des matières flottantes ne peut être qu'occasionnelle et limitée à la période où le St-Laurent est libre de glace.

V - 1.4 Profil des sections transversales

Pour chacune des sections choisies, le profil topographique de ces dernières a été établi de façon continue. Les résultats apparaissant aux planches 4 et 6 à 13 montrent que les profondeurs et les profils varient beaucoup d'une section à l'autre.

V - 1.5 Distribution verticale de la vitesse

Sur chacune des verticales déjà mentionnées, la valeur de la vitesse a été mesurée à tous les 5 ou 10 pieds, ce qui a permis de tracer la distribution verticale.

Les résultats sont montrés sur les planches 6 à 13. De façon générale, les distributions verticales présentent toutes la même allure pseudo-parabolique caractérisant un écoulement turbulent rugueux. Près du fond et sur une dizaine de pieds, on note un fort gradient de vitesse, puis une valeur sensiblement uniforme jusqu'à la surface de l'eau. Les vitesses varient dans l'ensemble de 2 pi./sec. à 4 pi./sec.

V - 1.6 Distributions transversales de la vitesse

Les distributions transversales de vitesse ont été tracées à partir des vitesses moyennes obtenues pour chacune des verticales de mesures. Les résultats obtenus sont présentés sur la planche 14 et montrent que sauf au voisinage immédiat des rives, les vitesses sont généralement supérieures à 2 pieds par seconde.

V - 1.7 Réseau des trajectoires

Entre le pont de Trois-Rivières jusqu'à environ 3000 pieds à l'amont de l'embouchure de la rivière St-Maurice, on constate que l'écoulement en profondeur (25 pieds) présente des trajectoires sensiblement parallèles entre elles. (Flotteurs 1, 2, 3 et 4, planche No 15)

Pour l'écoulement de surface les conditions sont identiques, sauf que les trajectoires sont légèrement orientées vers la rive gauche (flotteurs 7 et 8, planche No 16).

A la hauteur de la confluence du St-Maurice, la présence de ce dernier et la topographie du fleuve agissent de telle sorte que les eaux de profondeur sont repoussées davantage vers le large par rapport aux eaux de surface, comme le démontrent les flotteurs no 1 et no 8, sur les planches 15 et 16.

Enfin, l'influence du vent sur la surface de l'eau a pu être décelée. Ainsi, le flotteur no 6 (planche 16) lancé le 25 septembre 1973, a été poussé vers la rive gauche pour longer le quai en amont du bassin avant d'entrer dans ce même bassin. Le vent soufflait avec un angle d'environ 30 degrés vers le nord par rapport à la direction générale du courant. Le flotteur no 10 (planche 16) lancé le 28 septembre 1973

alors que le vent soufflait vers la rive sud presque à angle droit avec le fleuve, a été poussé vers cette rive. On peut d'ailleurs comparer avec un autre flotteur (flotteur no 11, planche 16) lancé le 1er octobre, 300 pieds plus à droite que le numéro 10. De toute évidence, le vent a une très faible influence sur les courants et son influence ne se fait sentir que près de la surface.

V - 1.8 Nature du lit

Au point de vue géotechnique, la région est assez bien connue par les documents suivants:

- environ quarante dossiers de sondages de notre société, répartis en bordure de la rive depuis le pont de Trois-Rivières jusqu'à la limite est du Cap-de-la-Madeleine, en passant par les îles St-Christophe et St-Quentin.
- le dossier de sondages exécutés pour le pont de Trois-Rivières et comportant quatre axes transversaux au fleuve localisés à proximité des sites suivants retenus pour les postes d'épuration, soit les sites no 1, 4, 5, 6 et 7.
- le rapport "Relevé des Caractéristiques des Roches et Dépôts Meubles de la Vallée du Saint-Laurent" du ministère des Transports, Division du Chenal Maritime du Saint-Laurent.

L'étude des dossiers ci-haut mentionnés permet de faire ressortir quelques généralités géotechniques. La surface du rocher accuse un assez fort pendage vers l'ouest, variant de la cote moins 50 pieds sur l'axe passant par le site no 7 à la cote moins 200 pieds sur l'axe passant par le site no 1.

Le rocher est recouvert de dépôts glaciaires du type moraine délavée et constituée essentiellement de sable et de gravier, d'un massif d'argile marine (Mer Champlain) et d'un dépôt superficiel deltaïque de sable et de silt.

Pour un émissaire situé à la cote moins 50 pieds ou supérieure à cette cote et à l'ouest du site no 7, l'excavation devrait se faire dans le dépôt d'alluvions fines. À l'est du site no 7, il est possible que l'excavation pour la pose du diffuseur, rencontre le socle rocheux.

V - 2 Région de Sorel

V - 2.1 Généralités

Les villes de Sorel et de Tracy sont situées sur la rive sud du St-Laurent à l'embouchure de la rivière Richelieu. Le fleuve qui suit depuis Montréal un alignement parfaitement rectiligne, fait une courbe prononcée en arrivant dans cette région. En aval du Richelieu, il y a une multitude de canaux qui forment un delta à l'entrée du lac St-Pierre. Cependant, la majorité de ces chenaux ont été obstrués; celui du chenal maritime parvient presque à lui seul à faire passer le débit du fleuve.

Le débit du Richelieu se situe entre 2000 pcs et 40,000 pcs, pour un débit moyen de 10,000 pcs. Le St-Laurent à la hauteur du Richelieu a un débit moyen mensuel de 310,000 pcs; des variations de débits moyens journaliers entre 200,000 pcs et 590,000 pcs ont été observées.

Pendant la période des mesures, on a pu estimer que les débits respectifs du St-Laurent, en amont de la confluence du Richelieu, étaient de 358,000 pcs et de 8,350 pcs pour ce tributaire.

Dans les sections de mesures, la profondeur maximale de l'eau varie de 45 à 55 pieds pour une moyenne longitudinale de 50 pieds. La largeur moyenne est de 4,100 pieds avec des extrêmes de 2000 et de 8250 pieds (planche 3).

V - 2.2 Marée

À l'amont du lac St-Pierre, il n'y a aucune variation significative du plan d'eau due à la marée tel que rapporté par le Service hydrographique du Canada. Les variations de débit du fleuve produisent des fluctuations beaucoup plus importantes.

V - 2.3 Vents prédominants

On peut assumer que les conditions de vent à Sorel sont identiques à celles de Trois-Rivières parce que la topographie des deux régions est pratiquement la même et qu'aucun accident géographique n'interfère entre ces deux régions.

V - 2.4 Profil des sections transversales

Le profil de chacune des sections choisies apparaît aux planches 5 et 17 à 23. Ces profils présentent de grandes différences dues principalement à la courbure du chenal du fleuve et à la proximité des îles de Sorel.

V - 2.5 Distribution verticale de la vitesse

Les résultats montrés aux planches 17 à 23 présentent les mêmes caractéristiques que celles observées à Trois-Rivières. On retrouve la même allure pseudo-parabolique avec un fort gradient de vitesse près du fond. Les vitesses moyennes varient de 2 à 4 pieds par seconde.

V - 2.6 Distributions transversales de la vitesse

Les résultats obtenus sont indiqués graphiquement sur la planche 24. On note que les vitesses sont habituellement supérieures à 2 pi./sec., sauf au voisinage immédiat des rives.

V - 2.7 Réseau des trajectoires

L'écoulement dans ce tronçon du fleuve est assez simple malgré l'enchevêtrement complexe des différents canaux du delta; la majorité d'entre eux ont été barrés par des seuils en enrochements. On peut donc s'attendre à une concentration des trajectoires.

De fait, avec les flotteurs 1, 2, 5 et 6 (planches 25 et 26) on remarque que cet écoulement est rectiligne, concentré et uniforme. Ces flotteurs lancés de la section la plus en amont se dirigent vers le chenal principal du delta. En superposant ces deux planches, on verra que l'écoulement en surface est identique à celui en profondeur.

Les flotteurs 3, 4, 7 et 8 (planches 25 et 26) ont été lancés à l'amont du chenal principal. Comme on pouvait s'y attendre, ceux-ci sont descendus en ligne droite vers le lac St-Pierre. Encore là, on retrouve un écoulement identique en surface comme au fond et concentré dans un étroit chenal.

Comme le vent soufflait dans le sens de l'écoulement du fleuve lors de la période de mesures, son effet n'a pas pu être mesuré.

V - 2.8 Nature du lit

Au point de vue géotechnique, cette région est connue par les documents suivants:

- quelques dossiers de sondages de notre société, notamment pour les quais du ministère des Travaux publics du Canada;
- le dossier de sondages exécutés pour la liaison autoroute sur le St-Laurent, entre Berthier et Sorel - Tracy, comportant des sondages sismiques sur toute la région à l'étude et des forages sur deux axes transversaux situés de part et d'autre de l'embouchure du Richelieu, à des distances de 2.65 milles en amont et de 1.65 mille en aval.
- le rapport "Relevé des Caractéristiques des Roches et Dépôts Meubles de la Vallée du Saint-Laurent" du Ministère des Transports, Division du Chenal Maritime du Saint-Laurent.

D'une façon générale, le socle rocheux se situe à une très grande profondeur, soit à des cotes variant entre moins 170 pieds et moins 300 pieds et avec un pendage vers l'ouest.

Le rocher est recouvert d'une couche de moraine relativement peu importante en épaisseur. Au-dessus, on rencontre un épais massif d'argile silteuse connue sous le nom d'argile marine Champlain, et dont le sommet varie entre les cotes moins 40 à moins 70 pieds.

Le massif d'argile Champlain est recouvert d'un dépôt superficiel, stratifié de couches d'épaisseurs variables de sable, de silt et de silt argileux.

Comme l'émissaire devra se situer vers la cote moins 40 pieds, l'excavation se fera dans une couche de dépôts meubles facilement excavables.

VI - QUALITE DES EAUX DU FLEUVE SAINT-LAURENT

VI - 1 Température

Dans le cas de la température de l'eau du Saint-Laurent, il n'est pas nécessaire de faire une distinction entre les régions de Trois-Rivières et de Sorel. Plusieurs études antérieures ont montré que la température de l'eau est très uniforme et varie "en bloc". (1) (2)

Des résultants en provenance de Montréal et Québec montrent qu'il existait au moment des mesures une différence de quelques degrés entre ces deux endroits.

Ainsi, on peut considérer que la température des eaux, pour les régions qui nous intéressent, est comprise entre les lectures prises à Montréal et Québec où des stations de mesure en continue existent. La planche 27 indique les températures en provenance de ces deux endroits, de même que les données recueillies lors de la campagne de mesures.

VI - 2 Densité

En ce qui concerne la densité de l'eau, les valeurs fournies dans les tables en fonction de la température sont suffisamment précises. Une vérification effectuée en 1970 pour le compte du B.A.E.Q.M. (2) a d'ailleurs confirmé cette affirmation (planche 28).

(1) Etude sur le fleuve St-Laurent (tronçon Cornwall - Varennes) Aspects physiques et sédimentologiques, CENTREAU 1973.

(2) Diffusion des Eaux Usées du Québec Métropolitain dans le Fleuve St-Laurent, Piette, Audy, Bertrand, Lemieux, Fugère, Leblond, 1971.

VI - 3 Oxygène dissous - Région de Trois-Rivières

Au cours de la campagne de mesures, nous avons procédé à la détermination "in situ" de la valeur de l'oxygène dissous. Les mesures ont généralement été effectuées en différentes profondeurs (tous les 5 ou 10 pieds) sur chacune des verticales des sections transversales utilisées au cours de la campagne.

Les mesures ont été effectuées entre le 11 septembre et le 4 octobre, période pendant laquelle la température moyenne de l'eau est passée de 19.5° C à 17° C.

Généralement on constate que la variation de l'oxygène dissous observée lors des différentes mesures est très faible. On peut quand même mettre en évidence le fait que les valeurs les plus faibles se retrouvent près du fond du cours d'eau et que les plus élevées sont au niveau de la surface. La planche 29 met en évidence ce phénomène et montre que sauf en un point (section B), les valeurs minimales absolues observées varient de 6.9 à 9.6 ppm pour une saturation de 74.5% à 100%. Par contre, les valeurs maximales observées se situent entre 8.7 et 9.9 ppm correspondant à une saturation de 94% à 106%.

Les valeurs moyennes observées pour chacune des sections transversales varient de 8.07 à 9.6 ppm pour une saturation de 87% à 100%. Nous avons porté ces dernières valeurs en graphique (planche 30) et nous observons que la distribution de l'oxygène dissous en fonction de la distance comptée de l'amont vers l'aval présente une distribution rectiligne de très faible pente. Cette distribution nous laisse croire que l'oxygène dissous augmente de l'amont vers l'aval mais, il faut éviter de porter un jugement trop rapide étant donné la faible variation.

Sur l'ensemble du tronçon couvrant la région de Trois-Rivières, on peut en conclure que l'oxygène dissous est en quantité largement suffisante et presque uniforme, de l'ordre de 8.8 ppm (93%).

VI - 4 Oxygène dissous - Région de Sorel

L'ensemble des mesures de l'oxygène dissous montre que comme dans le cas de Trois-Rivières, les variations sont très faibles et que le tronçon, en terme d'oxygène dissous, peut être représenté par une valeur uniforme de l'ordre de 9.9 ppm (97.5%). Le résumé des valeurs qui apparaît sur la planche 31 montre que les teneurs les plus faibles sont localisées en profondeur et que les plus fortes sont en surface. Dans le premier cas, les valeurs varient entre 9.2 et 10.0 ppm (85% à 99%) alors que dans le second cas, la variation se situe entre 9.6 et 11.0 ppm (92% et 111%).

Les valeurs moyennes ont été mises en graphique sur la planche 32 et montrent, comme dans le cas de Trois-Rivières, une distribution quasi rectiligne et presque uniforme.

VI - 5 Analyse sommaire de la qualité biochimique

En plus des mesures de la teneur en oxygène dissous, il nous est apparu indispensable de faire une étude sommaire de la qualité des eaux des deux régions concernées. Cette évaluation a été faite par l'analyse des paramètres suivants: (1)

- le pH
- la couleur
- la turbidité
- les sulfates
- les phosphates
- les coliformes totaux

(1) Analyse effectuée par le laboratoire du poste de traitement d'eau potable de la ville de Bécancour.

Trois sections furent échantillonnées à Trois-Rivières et à Sorel à raison de six (6) échantillons par section, et à trois dates différentes pendant la campagne. Les sections choisies pour la région de Trois-Rivières sont les sections A, D et H; elles ont été échantillonnées le 24 septembre et les 2 et 22 octobre 1973. Quant à la région de Sorel, ce sont les sections I, L et O qui ont été échantillonnées les 9, 15 et 23 octobre.

Les variations des paramètres étudiés ont été faibles dans l'espace et le temps. Les résultats de 55 analyses à Trois-Rivières et de 56 analyses à Sorel sont résumés dans le tableau qui suit:

	Trois-Rivières			Sorel		Moyenne
	Maximum observé	Minimum observé	Moyenne	Maximum observé	Minimum observé	
pH	9.3	6.3	7.6	8.4	7.2	7.8
couleur	65	4	21	35	7	15
turbidité	18	2	5.4	2.2	15	5.5
sulfates	30	25	17 ppm	40	13	20 ppm
phosphates	0.38	0.02	0.15	0.45	0.02	0.14
coliformes	3750	20	1250	6500	710	1770

VII - DIFFUSION

VII - 1 Définition

La diffusion est le phénomène physique responsable du mélange des particules fluides entre elles, dans un milieu donné. On appelle généralement dispersion ou mélange, l'étalement des particules et dilution ou concentration, le résultat du mélange.

VII - 2 Mécanismes

Plusieurs mécanismes différents agissant séparément ou simultanément sont à l'origine de la diffusion. On retrouve d'une part, la diffusion moléculaire provoquée par le mouvement Brownien des particules. Il n'est pas nécessaire que la masse liquide soit en mouvement pour ce type de diffusion. La diffusion turbulente est un deuxième mécanisme à l'origine de la diffusion. Elle est provoquée d'une part, par la microturbulence (turbulence naturelle) due à l'écoulement d'un liquide (vitesse). D'autre part, on retrouve également la macroturbulence qui donne lieu à des remous de grandes dimensions qui s'ajoutent à la turbulence naturelle. L'échelle du phénomène (dimension des cours d'eau) est le principal facteur responsable de la macroturbulence. On retrouve finalement un dernier mécanisme responsable de la diffusion qu'on pourrait appeler la diffusion forcée et qui se traduit par un mélange fortement accentué par la présence d'un organe extérieur ou de dispositions hydrauliques particulières telles l'impact produit par la rencontre de deux écoulements. Dans ce dernier cas, l'angle d'incidence entre les deux écoulements et les vitesses respectives sont les principaux facteurs influençant la diffusion.

VII - 3 Importance relative des mécanismes

Compte tenu des principales caractéristiques du fleuve St-Laurent dans les régions de Sorel et de Trois-Rivières, qui font l'objet de notre étude et compte tenu également de la nature de l'étude en jeu, nous pouvons affirmer que la diffusion moléculaire est négligeable devant les autres composantes. La diffusion turbulente (micro et macro) est certes la plus importante et c'est celle dont il faudra tenir compte dans la présente étude. En ce qui concerne la diffusion forcée, elle sera de moindre importance, étant donné que le diffuseur proposé dirigera les eaux usées à diffuser dans le même sens que dans l'écoulement général. Ce dernier type de diffusion ne sera pas considéré dans l'évaluation de la capacité diffusante du fleuve et rendra ainsi notre évaluation plus sécuritaire, si jamais elle devait jouer un rôle appréciable.

VII - 4 Rôle de la diffusion

L'utilisation de diffuseur consiste surtout à déverser les eaux usées dans un milieu plus favorable à la diffusion et à partager le débit total en plusieurs petits débits, favorisant ainsi un mélange plus rapide en des endroits à fortes vitesses, profonds, bien oxygénés et loin des baies stagnantes et des bandes riveraines utilisées par la population. Les diffuseurs ne sont pas faits pour remplacer les usines de traitement. Au contraire, ils doivent être utilisés en supplément afin de palier au rendement généralement faible des usines de traitement, compte tenu de leur coût d'investissement et de leurs frais d'opération. Les diffuseurs font donc partie d'une usine de traitement au sens large du terme et ils ont grandement intérêt à être construits lors d'une première étape parce qu'ils permettent par la suite d'évaluer en vraie grandeur et avec précision les variations, tant journalières que saisonnières, du débit et de la qualité des eaux usées, paramètres indispensables à la conception d'une usine de traitement.

VII - 5 Principaux paramètres

Deux principales caractéristiques sont essentielles pour évaluer la nature de la diffusion dans un cours d'eau: l'étalement des particules et le trajet suivi par les particules.

VII - 5.1 Etalement des particules

Il est important de connaître le taux de mélange des matières diffusées en fonction de l'espace. Ce taux de mélange dépend de divers paramètres dont les principaux sont:

- la vitesse de l'écoulement
- la profondeur de l'eau
- la profondeur d'injection des matières à diffuser
- les températures et les densités des deux milieux
- les dimensions de l'écoulement principal
- le coefficient de diffusion

Il existe peu de théories décrivant le phénomène et elles sont généralement difficiles à solutionner, étant donné le manque d'information sur certains paramètres, notamment le coefficient de diffusion. On pourrait à la rigueur utiliser une valeur moyenne de ce coefficient à partir des différentes données proposées dans la littérature. Mais on rencontre une telle plage de variations (rapport 1: 1000) que le résultat obtenu n'aurait pas une grande valeur pratique.

Il reste comme solution la mesure "in situ" de la diffusion proprement dite. Cette dernière est difficile à réaliser, mais nous croyons qu'elle peut être représentée en première approximation par un cône défini par son angle au sommet; ce dernier est identifié au point d'injection des eaux usées à diffuser.

VII - 5.2 Mesure du cône de diffusion

Les dimensions imposantes du St-Laurent nous empêchent d'utiliser des méthodes classiques telles que des traceurs radioactifs ou des teintures. La même contrainte nous empêche également de procéder d'une façon économique en explorant systématiquement l'ensemble du tronçon d'étude à partir de grilles. Etant donné la visibilité nulle en profondeur, il ne reste qu'à mesurer la diffusion au niveau de la surface de l'écoulement et de supposer que le comportement est identique en profondeur.

La méthode consiste à répandre en surface une matière colorante (copeaux de bois teints à la rhodamine B par exemple) et à suivre son évolution dans le temps et dans l'espace. Or, cette méthode nécessite une injection continue pendant un certain temps, requérant une quantité considérable de colorant. Nous avons déjà eu l'occasion d'utiliser cette méthode dans la région de Québec (1) et nous avons obtenu des cônes de diffusion dont l'angle du sommet variait entre 2.5 et 5 degrés.

Au lieu de répéter cette méthode de travail dans les régions à l'étude, qui présentent des conditions d'écoulement du même ordre de grandeur, nous avons préféré aborder le problème sous un autre aspect.

(1) "Diffusion dans le Fleuve St-Laurent des Eaux Usées du Québec Métropolitain", rapport préparé pour le BAEQM, mars 1970.

Nous avons recherché une photographie aérienne montrant une drague en opération. Celle-ci simule assez bien la diffusion, puisque d'une source ponctuelle la drague remet continuellement des matériaux fins en suspension.

Une photographie aérienne, prise par satellite le 27 octobre 1972, montre une drague opérant dans le chenal sud de l'Île d'Orléans.

L'examen de cette photo montre que l'angle au sommet du cône de diffusion originant de la drague est dans l'ordre de 3 à 5 degrés.

VII - 5.3 Trajet suivi par les particules

Au fur et à mesure que la diffusion joue son rôle et que les matières à diffuser se mélangent, la masse fluide se déplace dans l'écoulement et la trajectoire suivie par cette masse constitue la deuxième caractéristique de la diffusion. La nature des courants, vitesses et directions, la topographie, le débit, la direction des vents, etc. sont autant de facteurs qui influencent le trajet suivi par le mélange. Dans le cas particulier d'un cours d'eau naturel, il n'existe pas de théorie pour donner les directions instantanées de l'écoulement; seules des mesures sur le terrain permettent de les localiser et de mettre en évidence l'importance des écoulements secondaires s'il y en a.

Le trajet emprunté par la masse diffusée est assimilé au parcours suivi par les flotteurs lancés à partir de différents points. Le chapitre V traite en particulier des résultats obtenus sous cet aspect.

Etant donné que les caractéristiques du St-Laurent sont à peu près similaires entre Montréal et Québec et que les résultats observés sur une photographie aérienne sont du même ordre de grandeur que ceux déjà obtenus par une autre méthode, nous croyons être justifiés d'utiliser ces derniers pour l'évaluation de la diffusion superficielle.

VII - 6 Zones propices à la diffusion

VII - 6.1 Généralités

Avant de passer à l'étude des solutions pour la diffusion des eaux usées des régions concernées, il est bon de faire une revue des limitations de cette étude, de résumer les données générales de base et d'énumérer les hypothèses et les simplifications qui ont été faites.

En premier lieu, la présente étude ne doit pas être considérée comme un avant-projet, mais plutôt comme un document faisant le point sur l'état actuel du problème et qui pourra servir à la conception des ouvrages lorsque toutes les données seront connues.

Parmi les imprécisions des données, énumérons:

- dans les régions de Trois-Rivières et de Sorel, le plan directeur d'assainissement n'est pas adopté; les positions exactes des émissaires ne sont donc pas exactement fixées
- le débit des eaux usées (municipales $\pm$ industrielles)
- le diamètre de l'émissaire et la vitesse des eaux usées à la sortie
- la température des eaux usées.

Toutefois, les données générales suivantes peuvent être considérées comme acquises:

- la diffusion est turbulente
- l'écoulement est rectiligne, sans stratification, avec une vitesse moyenne de 2.5 pi/sec. (sauf au voisinage des rives)

Dans le but de donner des exemples de calcul nous avons posé certaines hypothèses, résumées ci-après ou énoncées dans le paragraphe suivant, sur l' "Evaluation de la Dilution".

Lorsque le cône de diffusion atteint la rive, la valeur moyenne de la dilution doit être au moins égale à une valeur acceptable qui a été fixée égale à 1000 ($S_a = 1000$).

La dilution initiale à la sortie du diffuseur est fixée à 1 ($S_o = 1$).

L'angle au sommet du cône (θ) sera pris égal à 2.5° pour le calcul de la dilution moyenne.

Dans le cas où il faudra que le cône de diffusion ne touche pas aux rives, nous utiliserons $\theta = 5^\circ$.

Nous considérons qu'à la sortie du diffuseur, la vitesse sera égale à la vitesse moyenne de l'écoulement, soit 2.5 pi/sec.

Le diffuseur ne comporte qu'un seul orifice dont le côté du carré équivalent est " a " = 3 pieds.

VII - 6.2 Evaluation de la dilution

Il est courant de représenter le résultat de la diffusion par la dilution "S" (l'inverse de la concentration) qui peut être exprimée par le rapport des volumes ou des aires occupés par la substance diffusée en différents points.

$$S_i = \frac{A_i}{A_o} = \frac{V_i}{V_o}$$

S = Dilution

A = Aire occupée par la substance

V = Volume occupé par la substance

indice i : Position quelconque

indice o : Valeur de référence

Cette dernière expression donne une valeur moyenne de la dilution, ce qui implique une distribution uniforme. Or, il est généralement admis que la distribution en une section quelconque (perpendiculaire à la direction générale de l'écoulement) prend l'allure d'une distribution normale ("cloche de révolution"). Au voisinage immédiat du diffuseur, de même qu'au-delà d'une certaine distance difficile à préciser, nous croyons que l'hypothèse d'une distribution uniforme est acceptable, et que le fait d'utiliser un angle minimal de diffusion de 2.5° compense pour les approximations de cette hypothèse.

Pour augmenter le degré de dilution en surface, il y a intérêt à placer le diffuseur sur le lit du fleuve. Ainsi à la sortie du diffuseur, les eaux usées se dispersent latéralement et verticalement jusqu'à une distance (L_s) où le mélange atteint la surface, puis la diffusion se poursuit dans le sens transversal seulement jusqu'à ce que le mélange atteigne les rives.

La planche 33 donne une vue schématique de la diffusion où, dans le but de simplifier la représentation et les calculs, la sortie du diffuseur est représentée par une section carrée de côté " a " ayant même superficie que la conduite circulaire de diamètre " d " généralement utilisée. Ainsi, le cône de diffusion est remplacé par une pyramide tronquée ayant même angle au sommet.

L'angle au sommet étant petit, on peut admettre que:

$$h = L \frac{\theta}{2} \quad \theta \text{ en radians}$$

$$D = L \theta + a$$

Ainsi, si l'on admet que l'épaisseur moyenne de l'eau au-dessus du diffuseur, h_s , est de 45 pieds, la distance parcourue par le mélange avant que ce dernier n'atteigne la surface libre sera la suivante:

$$\begin{aligned} h_s &= L_s \theta/2 = 45' \\ \text{pour } \theta &= 5^\circ \quad L_s = 1000 \text{ pieds} \\ \text{et } \theta &= 2.5^\circ \quad L_s = 2000 \text{ pieds} \end{aligned}$$

Pour ce point particulier, si le cône de diffusion n'a pas encore atteint la rive et si la profondeur moyenne au-dessus du diffuseur est toujours de 45 pieds, la dilution moyenne serait la suivante:

$$\begin{aligned} S &= \frac{A}{A_0} = \frac{2h_s^2 + 3ah_s + a^2}{a^2} \\ &= \left(\frac{h_s}{a}\right)^2 + 3\left(\frac{h_s}{a}\right) + 1 = f(h_s/a) \end{aligned}$$

dans laquelle "a" est le côté équivalent du carré remplaçant la conduite circulaire et " h_s ", l'épaisseur d'eau.

$$\begin{aligned} \text{Ainsi pour } a &= 3' \text{ et } h = 45 \text{ pieds} \\ S &= 500 \end{aligned}$$

On voit que cette valeur est indépendante de l'angle de diffusion. Il n'en est pas de même pour l'endroit où cette dilution a lieu.

A l'aval de la section particulière étudiée précédemment, la diffusion ne peut se faire que dans une direction latérale, c'est-à-dire dans le sens de la largeur du fleuve.

Dans ce cas la dilution sera

$$S = \frac{A}{A_0} = \left(\frac{h_s}{a} + 1 \right) \left(\frac{L \theta}{a} + 1 \right)$$

Ainsi, en fonction de " θ " il serait possible d'évaluer la longueur requise pour obtenir une dilution donnée en fonction de l'angle de diffusion " θ " .

soit par exemple $S = 1000 = S_a$

$$L = \left\{ \frac{S_a - 1}{\left(\frac{h_s}{a} + 1 \right)} \right\} \frac{a}{\theta}$$

pour $\theta = 5^\circ$ $L = 2200$ pieds

et $\theta = 2,5^\circ$ $L = 4300$ pieds

distances mesurées à partir du point d'origine .

VII - 6.3 Région de Trois-Rivières

Rappelons que les études de courants (chap. V) montrent qu'entre le pont de Trois-Rivières et l'embouchure du St-Maurice, les courants en profondeur sont rectilignes et légèrement orientés vers la rive gauche. Par suite de l'arrivée du St-Maurice, les courants riverains en profondeur sont repoussés vers le centre du fleuve.

Compte tenu de ces remarques, nous croyons que si le diffuseur devait être construit entre le pont de Trois-Rivières et l'embouchure du St-Maurice, sa position devrait être telle que le cône de diffusion ne devrait pas toucher la rive gauche du St-Laurent avant d'atteindre l'embouchure du St-Maurice .

De cette façon les eaux usées seraient par la suite repoussées vers le large par l'arrivée du St-Maurice et auraient ainsi le temps de se diluer adéquatement avant de toucher les rives.

Etant donné la forme irrégulière de la rive du fleuve, la position du diffuseur sera définie à partir d'une ligne de base choisie en fonction de l'allure générale des trajectoires et correspondant à l'écoulement régulier au voisinage de la rive. Cette ligne de base se confond avec la rive gauche du fleuve entre l'embouchure du St-Maurice et la limite amont des quais du port de Trois-Rivières et elle est sensiblement identique à la ligne bathymétrique de 18 pieds entre ce dernier point et le port de Trois-Rivières.

La distance " δ " de la position du diffuseur par rapport à cette ligne de base peut être établie de la façon suivante

$$\delta = L \theta/2 + a/2$$

θ : angle du cône du diffuseur exprimé en radians

a : diamètre de l'orifice du diffuseur

L : distance longitudinale

Pour un angle $\theta = 5^\circ$ on obtient

$$\delta \simeq L/23$$

Ainsi par exemple, près du pont de Trois-Rivières, situé à 3.5 milles de l'embouchure du St-Maurice, le diffuseur devra être situé à environ 800 pieds de la ligne de base, ce qui correspond à une distance de 1500 pieds de la rive.

Dans l'embouchure du St-Maurice et pour la zone à l'aval de celui-ci, nous croyons que les eaux usées devraient être déversées en un point situé sur la ligne de démarcation entre les eaux du St-Maurice et du St-Laurent. Le débit du St-Maurice et la longueur requise pour qu'il se mélange au St-Laurent sont suffisants pour créer une dilution adéquate des eaux usées avant qu'elles atteignent les rives.

La planche no 34 indique l'endroit où il faudrait localiser le diffuseur s'il devait être construit entre le pont de Trois-Rivières et Ste-Marthe-du-Cap.

VII - 6.4 Région de Sorel

Dans la région de Sorel, la nature de l'écoulement est bien différente de celle rencontrée dans la région de Trois-Rivières. En effet, à l'embouchure du lac St-Pierre, l'écoulement se partage en plusieurs branches dont la plupart sont secondaires. Compte tenu de cette situation, nous croyons que la position du diffuseur devrait être telle que le cône de diffusion passe dans le chenal principal du fleuve situé entre les îles aux Barques et de Grâce.

En prenant un angle de 5° pour le cône de diffusion, la largeur de l'étalement après un parcours de cinq milles séparant le point prévu pour l'émissaire et l'étranglement créé par les deux îles déjà citées est la suivante:

$$D = L \theta$$
$$D \simeq 2100'$$

Or, comme la largeur du chenal entre les deux îles en question atteint à peine 2000 pieds, on doit en conclure que le cône léchera légèrement les deux rives. Ainsi, la position du diffuseur devra être telle que la trajectoire médiane passe au centre du chenal entre les deux îles.

A partir de la planche no 25 décrivant les trajectoires à 25 pieds de profondeur, on constate qu'aux environs du point prévu pour la position de l'émissaire, c'est la trajectoire issue du point de lancement numéro 2 qui passe par le centre du chenal entre les îles citées. Ainsi, la position de cette trajectoire face à l'emplacement prévu pour l'émissaire serait la position idéale pour la construction du diffuseur.

Compte tenu des hypothèses émises précédemment et de la superficie de la section N, la dilution moyenne à la hauteur des îles aux Barques et de Grâce, serait de l'ordre de 6000 , valeur nettement supérieure à la norme fixée précédemment .

VIII - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a permis d'établir pour chacune des régions de Trois-Rivières et de Sorel une zone propice à la diffusion des eaux usées dans le fleuve St-Laurent.

Ces zones, qui s'étendent sur toute la partie de la rive susceptible de recevoir un émissaire d'eaux usées ou industrielles ou domestiques, possèdent les principales caractéristiques suivantes:

- vitesse d'écoulement appréciable ($V \geq 2.5$ pi/sec.)
- bonne teneur en oxygène dissous (saturation $\simeq 85\%$)
- turbulence élevée
- absence de courants secondaires préjudiciables à l'emploi de la diffusion
- profondeur d'eau suffisante pour permettre un mélange important des eaux usées avant qu'elles atteignent la surface
- la profondeur d'eau et les vitesses d'écoulement ne sont pas trop grandes pour handicaper les travaux sous-marins
- la nature du lit permet d'envisager une excavation économique pour l'implantation de l'émissaire.

A partir des résultats montrés sur les planches 34 et 35 on pourra déterminer la longueur approximative de l'émissaire; et connaissant le territoire desservi, on pourra faire l'évaluation préliminaire du coût des diffuseurs.

La prochaine étape à franchir, pour les régions de Sorel et de Trois-Rivières, sera d'adopter un plan directeur d'assainissement qui délimitera les territoires et localisera les émissaires.

Une fois les émissaires définis, on devra faire quelques mesures complémentaires afin de déterminer en plan et en profil la position exacte des diffuseurs.

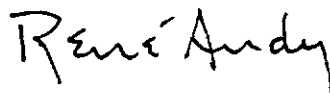
Alors on pourra procéder à la construction du diffuseur qui demeure, à notre avis, la phase initiale et essentielle à tout projet d'épuration d'eaux usées. En effet, l'opération du diffuseur permettra de faire des mesures systématiques sur le volume et la qualité des eaux déversées, d'évaluer en vraie grandeur le rendement de ce mode de disposition et de concevoir un procédé efficace de traitement en usine.

Dans le cadre du programme de travail Canada - Québec, nous recommandons que des études soient entreprises pour déterminer la meilleure méthode de mesure du coefficient de diffusion, compte tenu des caractéristiques du fleuve: les profondeurs, les largeurs, les vitesses de courant, les marées et l'opacité des eaux. Cette étude pourrait comporté deux parties: une en eau salée et l'autre en eau douce. Nous suggérons dans un premier temps que l'étude soit entreprise en milieu d'eau douce étant donné qu'il y a en jeu moins de paramètres variables que dans le milieu marin salé. Cette méthode de mesures pourra par la suite être utilisée pour réaliser d'autres études de diffusion et pour évaluer l'efficacité de diffuseurs déjà construits.

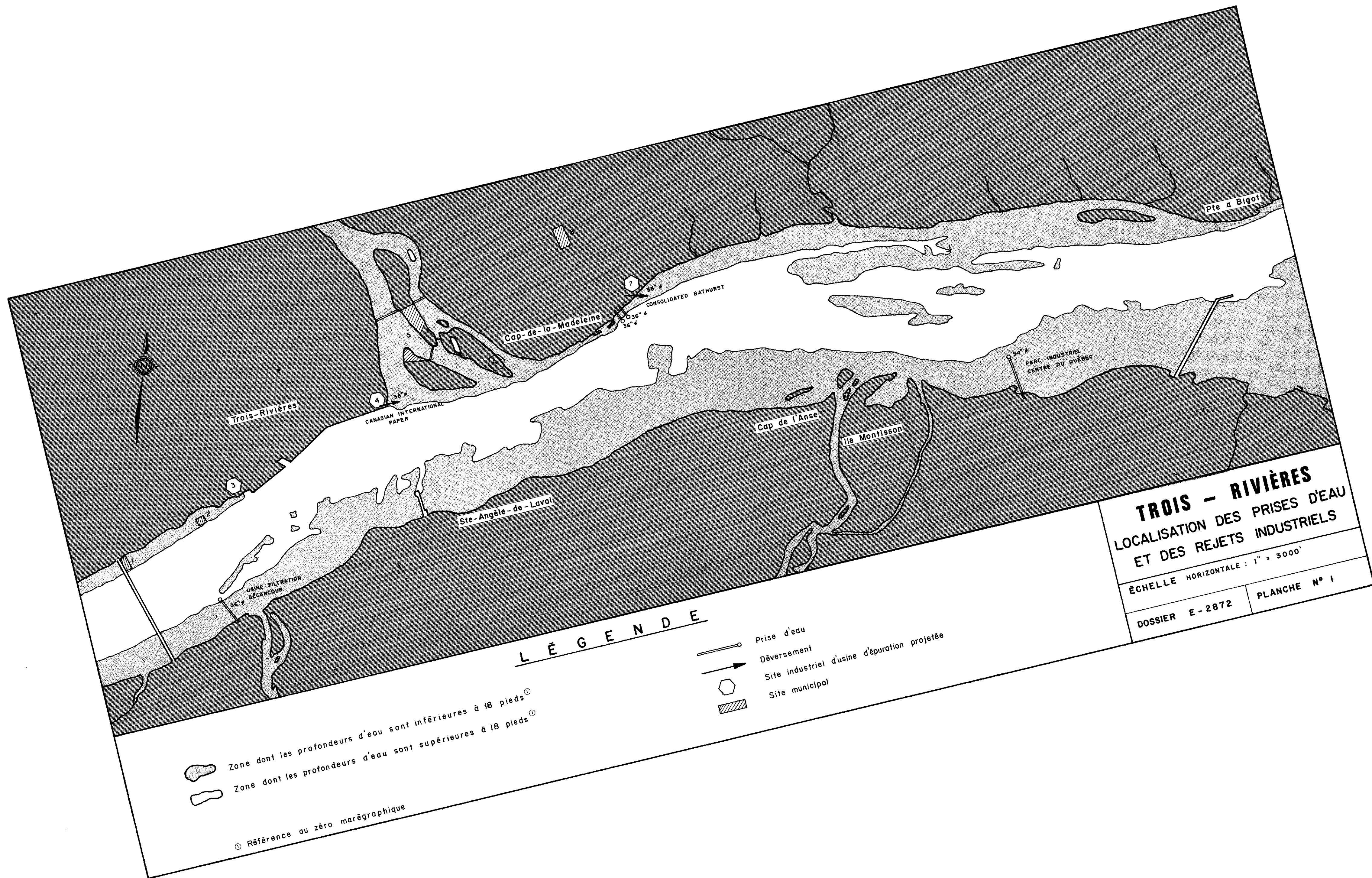
Respectueusement soumis,

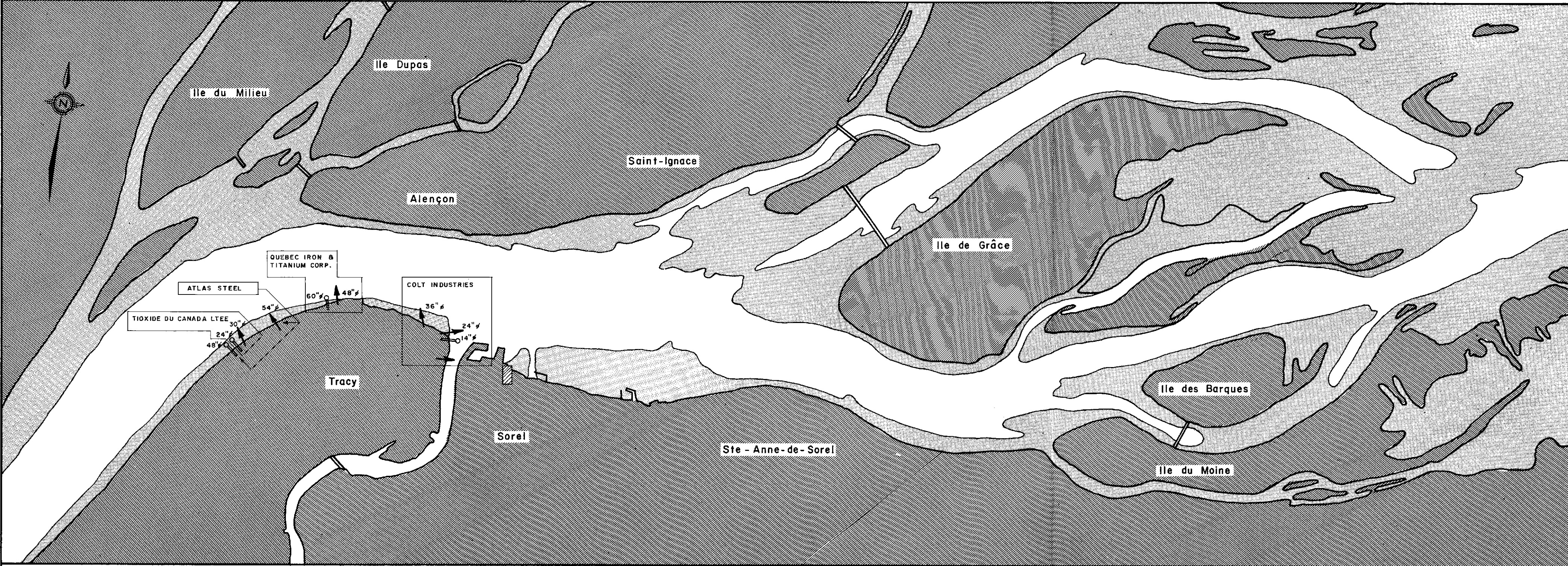
PIETTE, AUDY, BERTRAND, LEMIEUX, FUGERE, LEBLOND

par:



René Audy, ing.





L É G E N D E

- Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds^①
- Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds^①

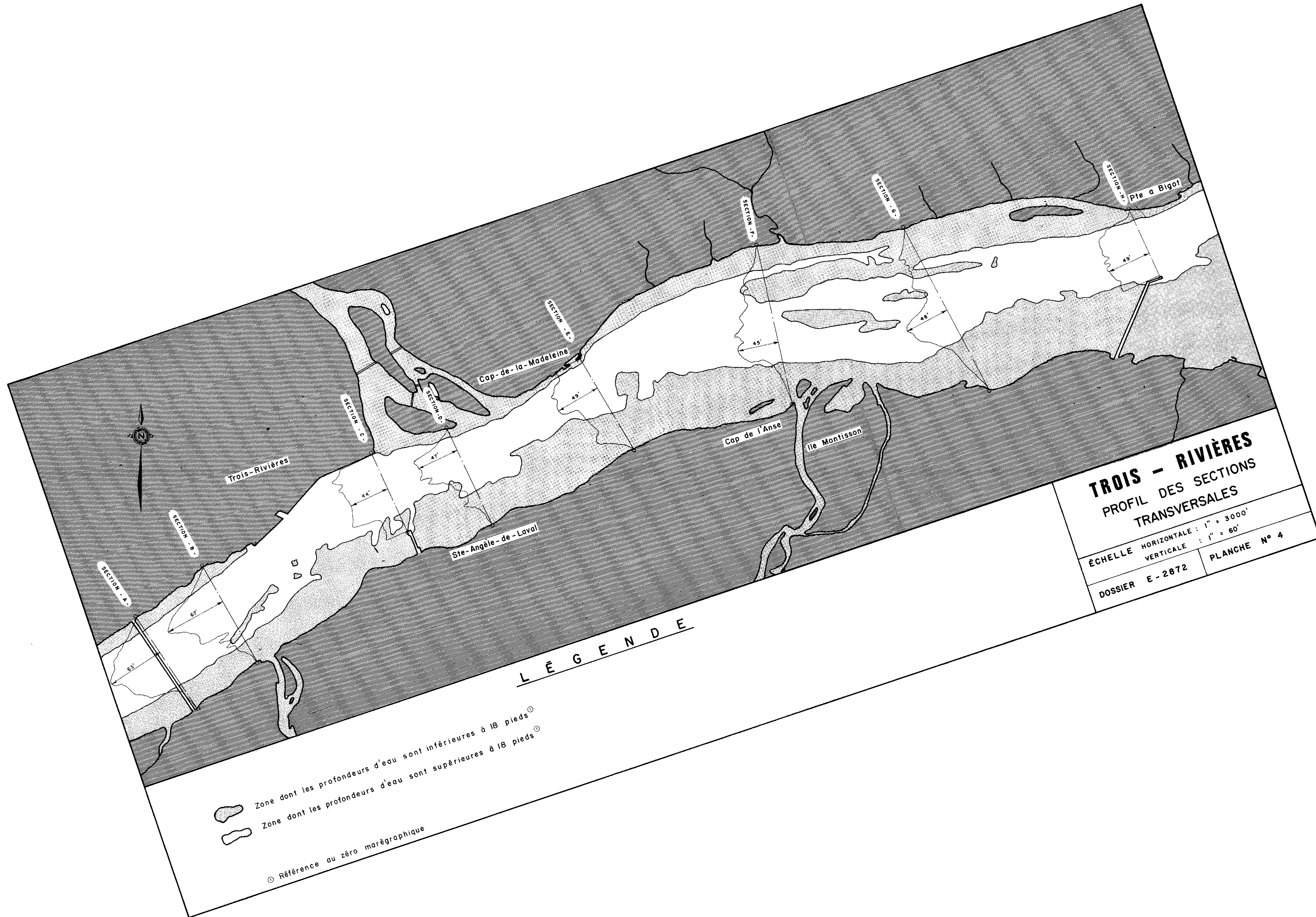
- Prise d'eau
- Déversement
- Site municipal d'usine d'épuration projetée

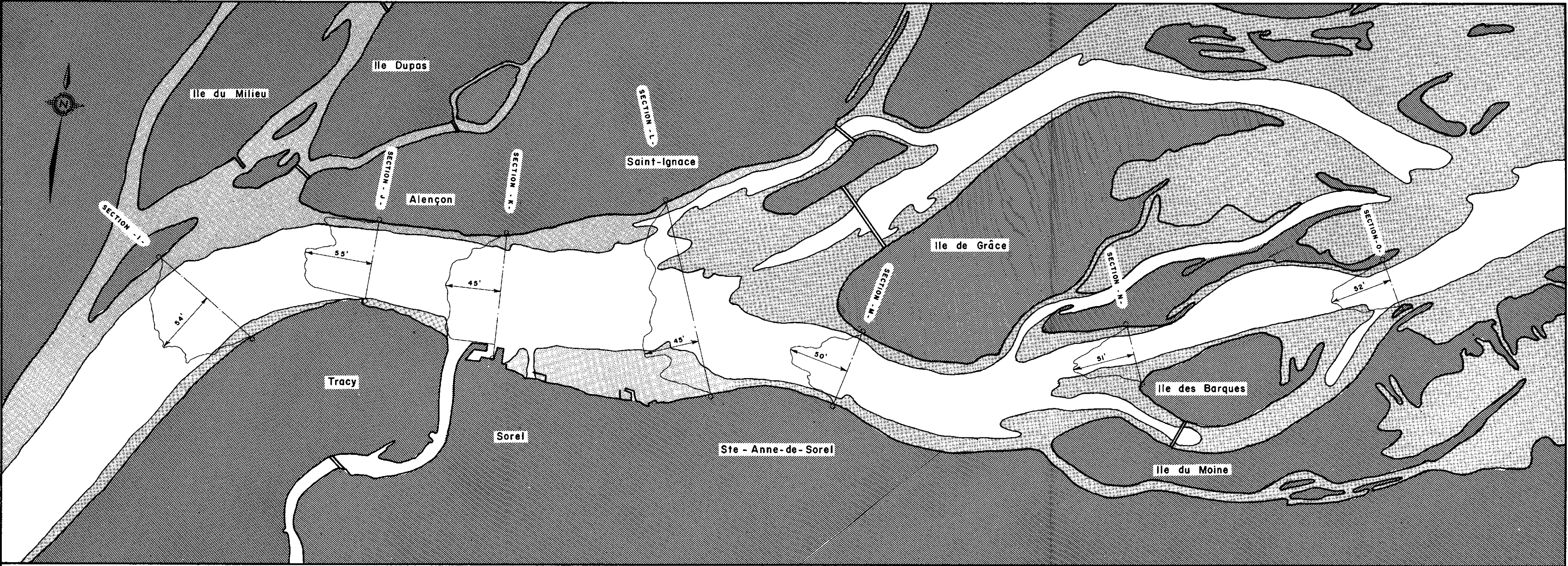
① Référence au zéro marégraphique

SOREL
LOCALISATION DES PRISES D'EAU
ET DES REJETS INDUSTRIELS

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'

	SECTION	SUPERFICIE pi. ²	LARGEUR SUPERFICIELLE pi.	PROFONDEUR MAXIMUM pi.	PROFONDEUR MOYENNE pi.
TROIS - RIVIÈRES	A	175,000	6,560	63	26.8
	B	173,500	6,290	67	27.6
	C	176,150	4,620	53	38.2
	D	131,850	5,750	50	22.9
	E	202,000	6,720	49	30.0
	F	174,950	7,920	45	22.0
	G	176,000	9,600	48	18.3
	H	164,950	5,080	49	32.5
	MOYENNE	171,800	6,567	53	27.3
SOREL	I	170,625	4,875	54	35.0
	J	144,687	3,600	55	40.1
	K	166,562	4,750	45	35.0
	L	215,312	8,250	45	26.0
	M	84,375	3,300	50	25.5
	N	68,906	2,000	51	34.4
	O	73,125	2,000	52	36.5
	MOYENNE	131,942	4,110.7	50.2	33.2
				PLANCHE	N° 3





L É G E N D E



Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds ①



Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds ①

① Référence au zéro marégraphique

SOREL

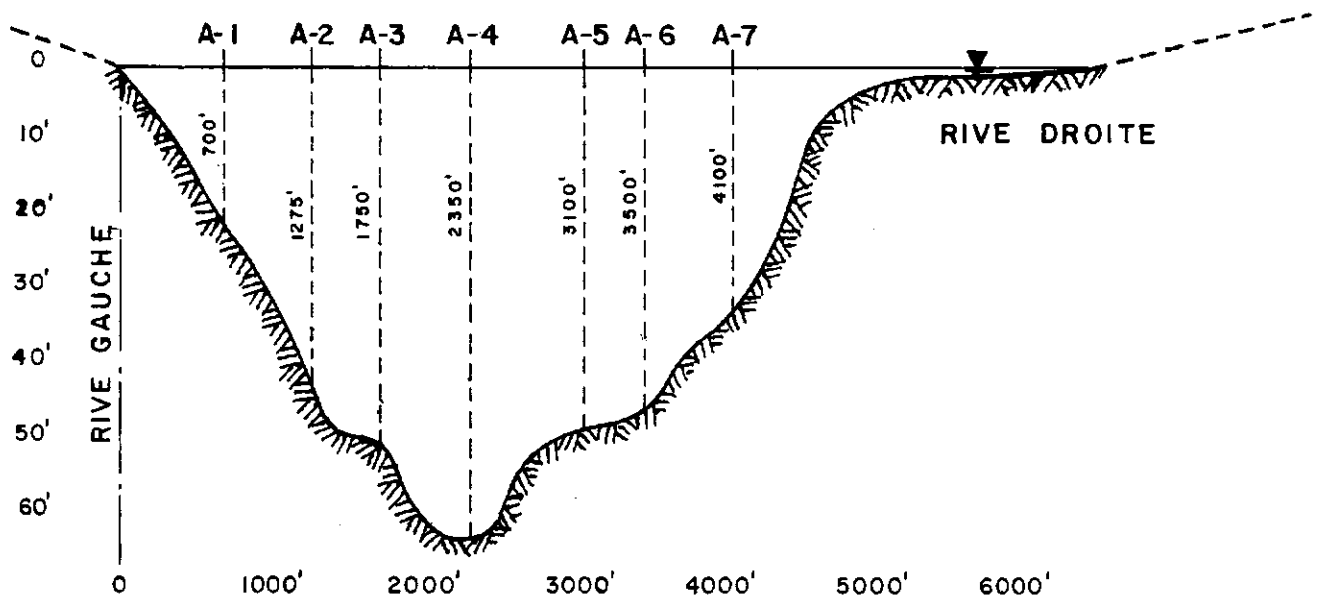
**PROFIL DES SECTIONS
TRANSVERSALES**

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'
VERTICALE : 1" = 60'

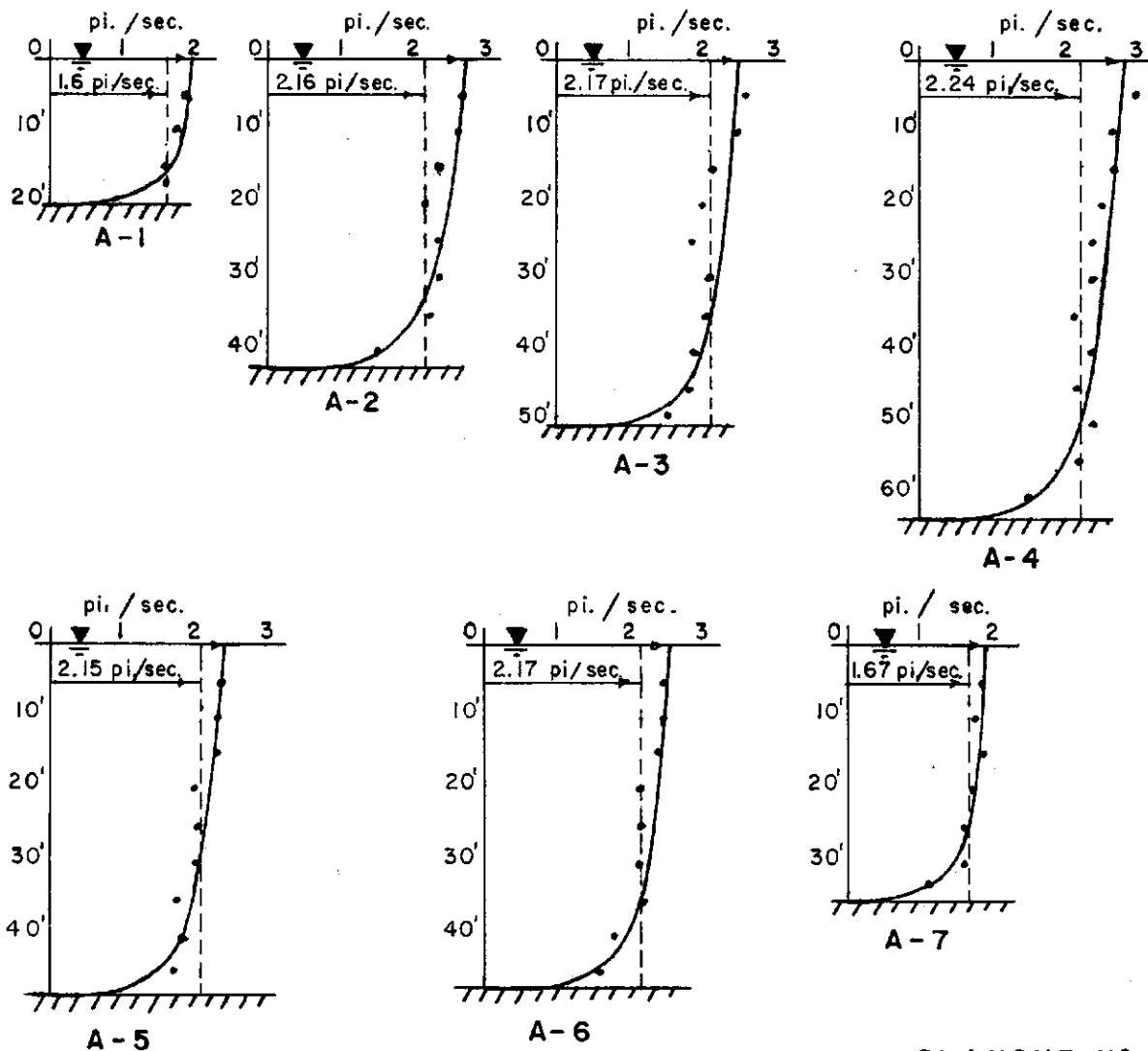
DOSSIER E - 28 72

PLANCHE N° 5

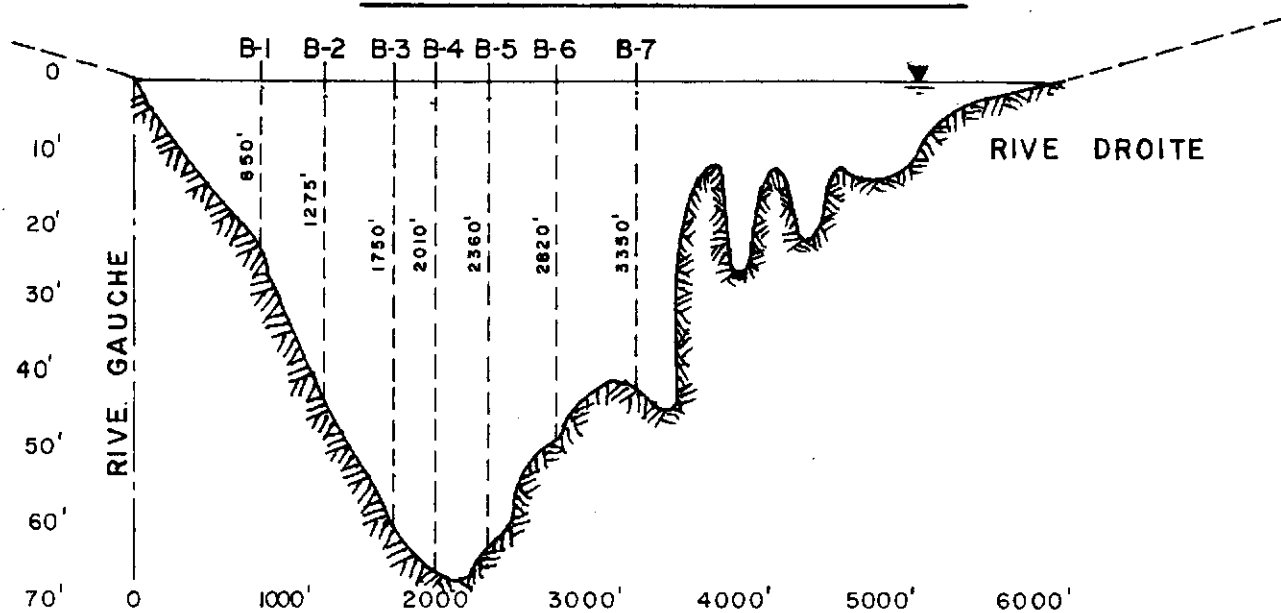
PROFIL DE LA SECTION A



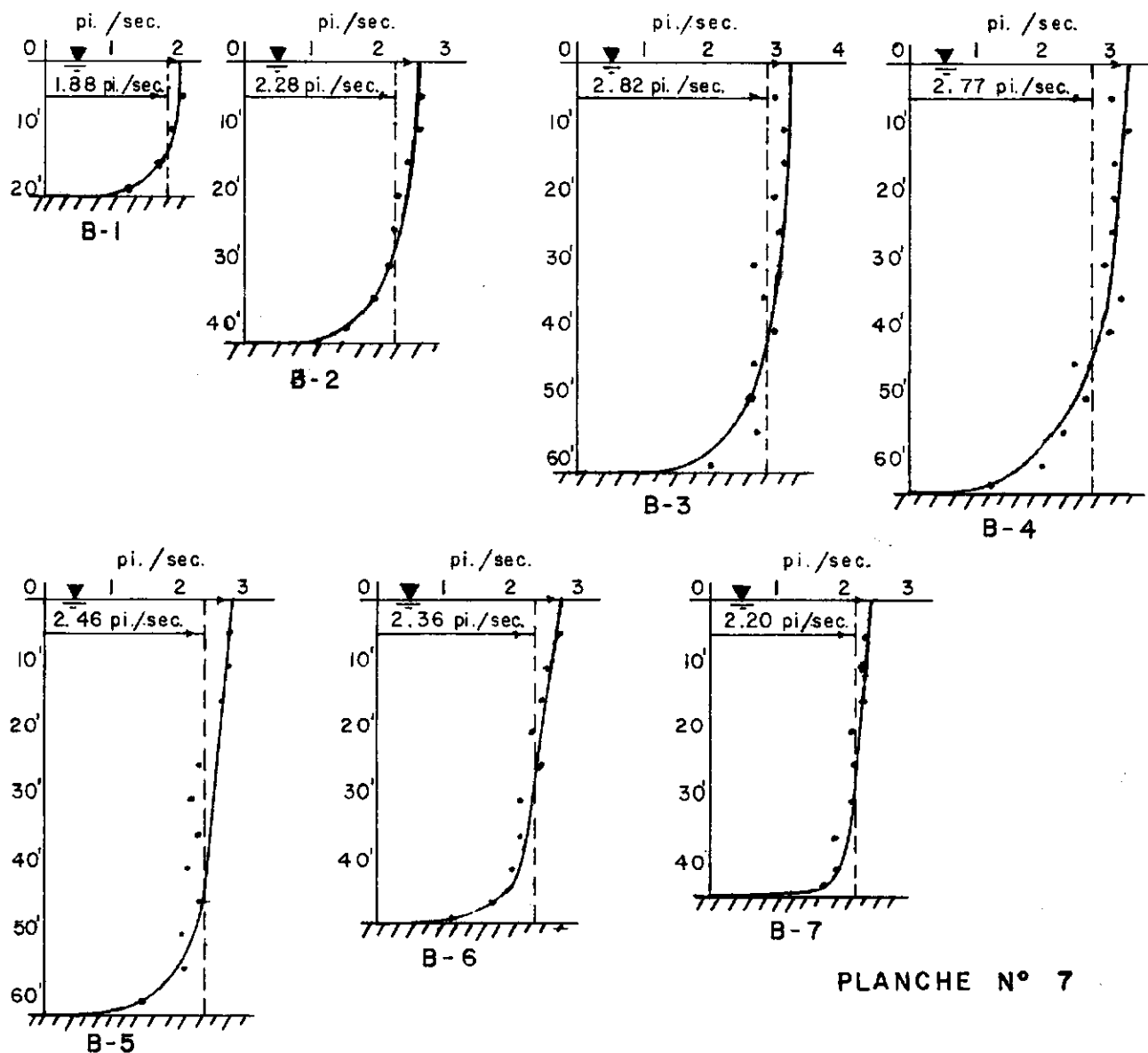
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



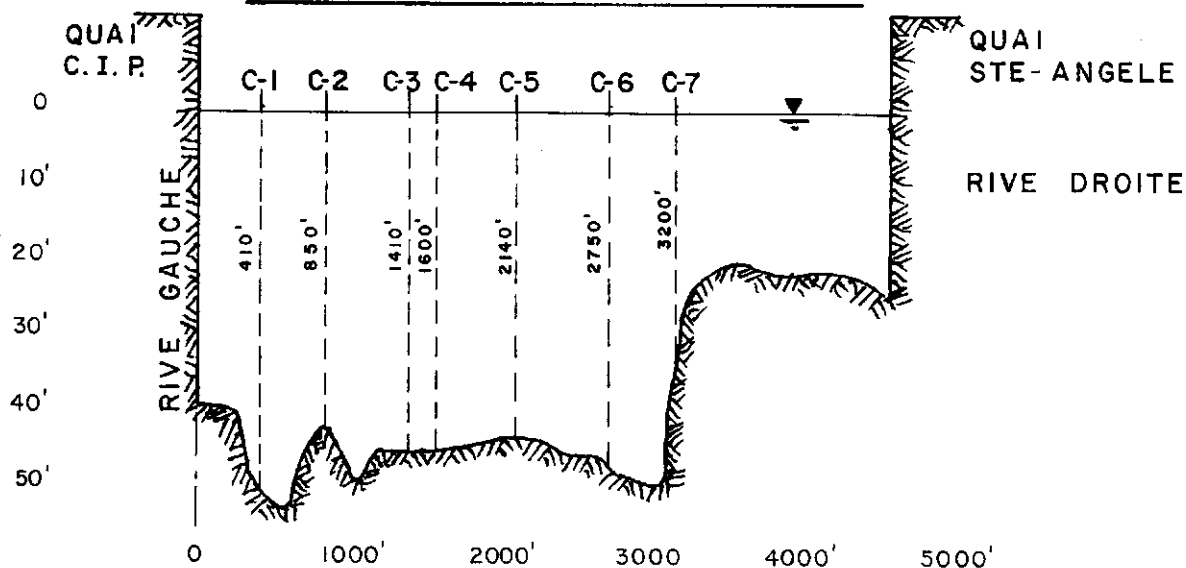
PROFIL DE LA SECTION B



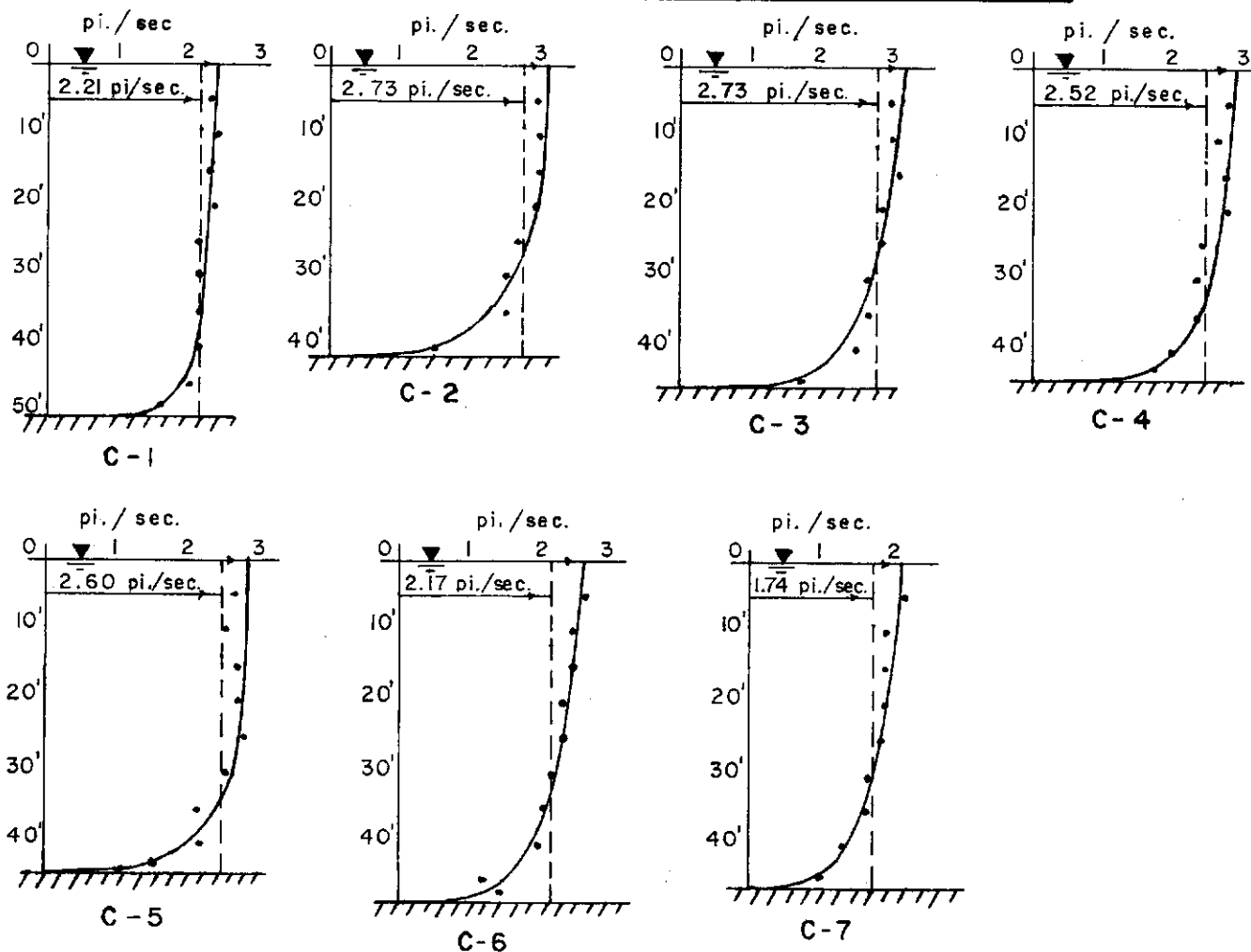
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



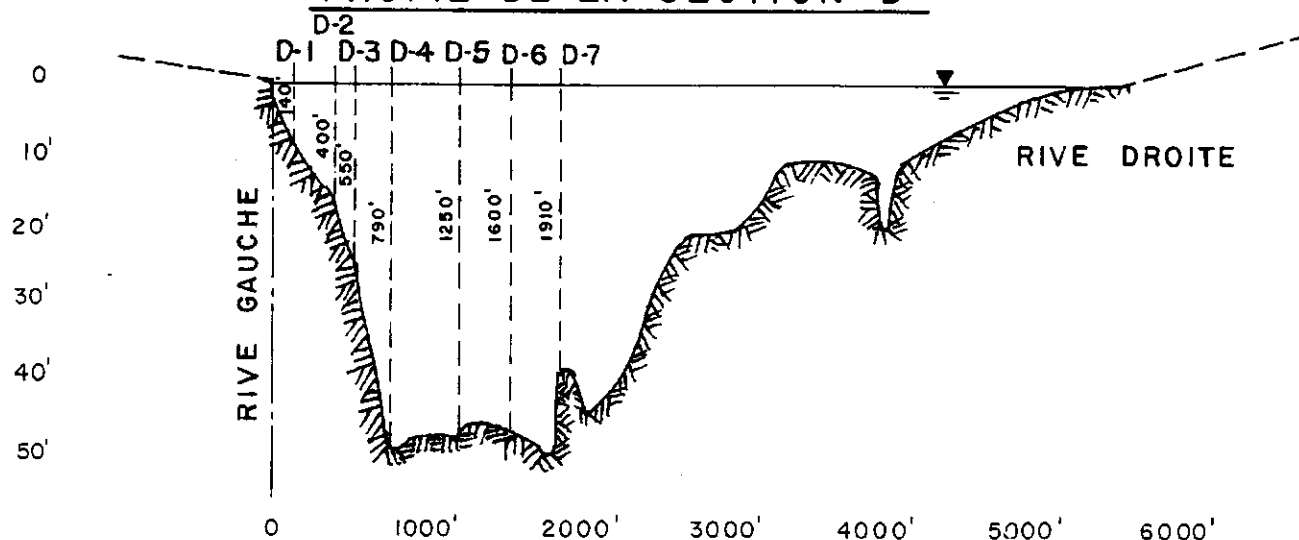
PROFIL DE LA SECTION C



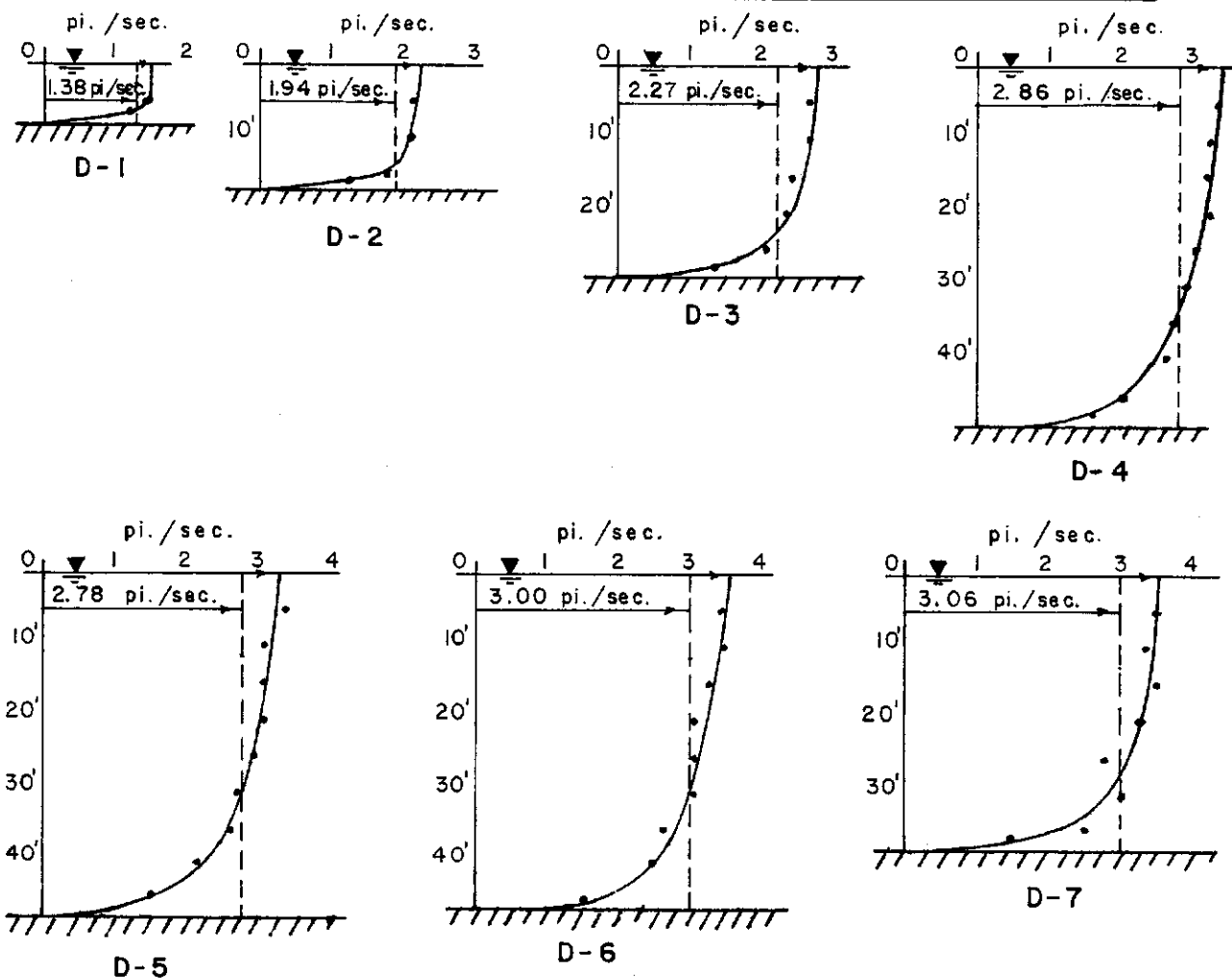
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



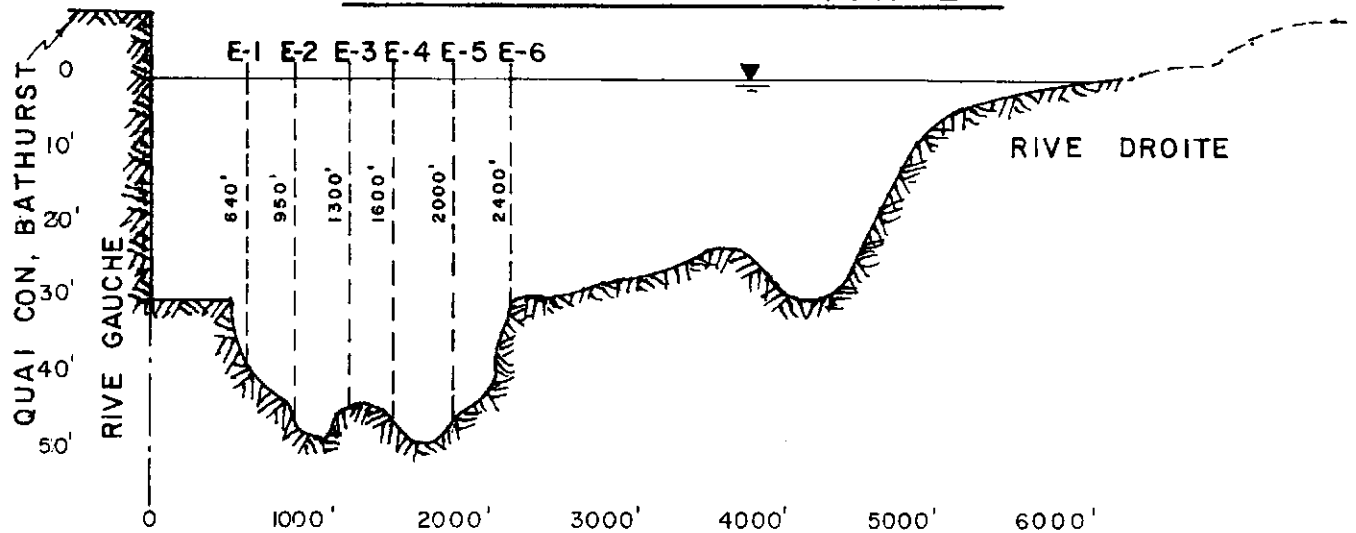
PROFIL DE LA SECTION D



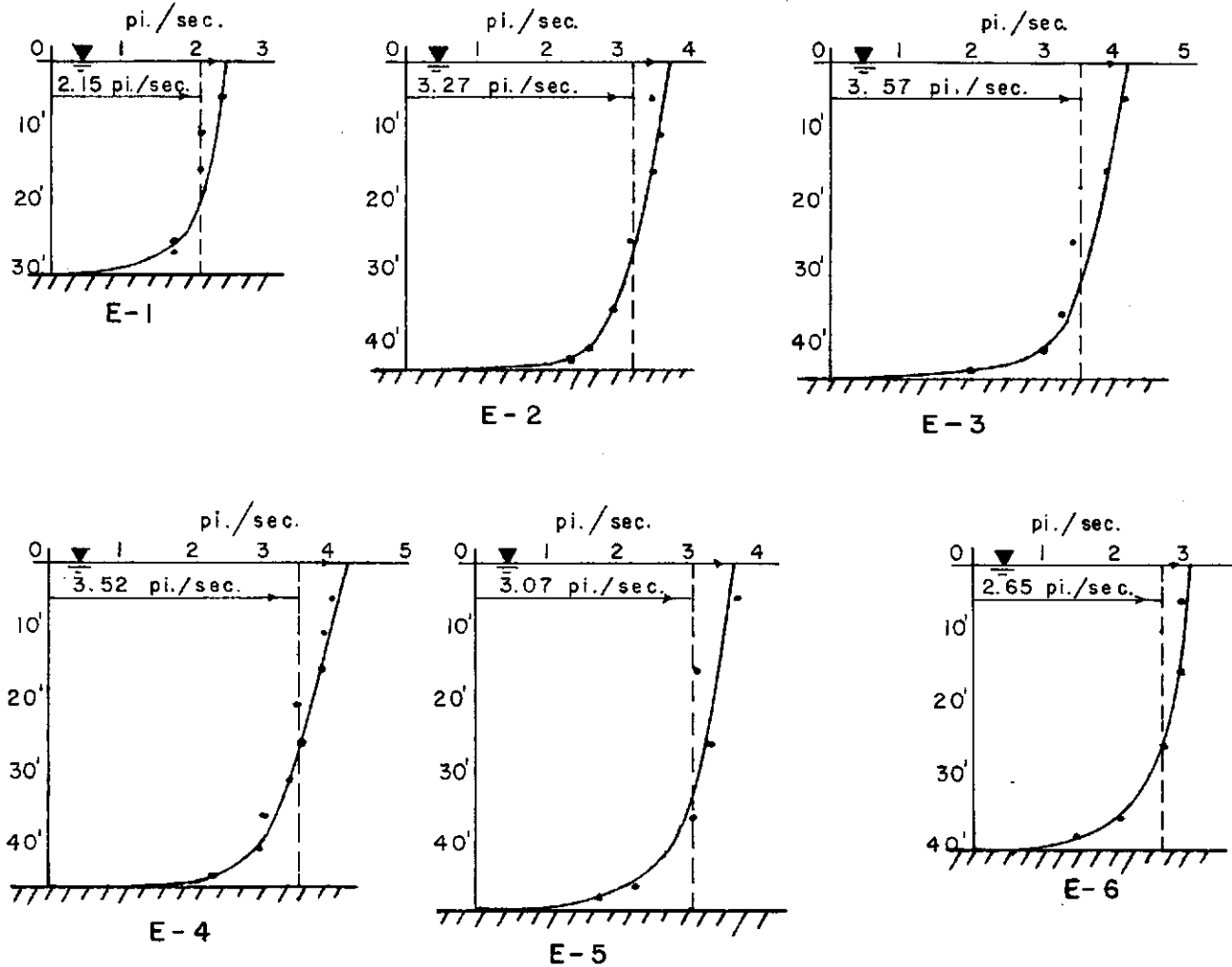
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



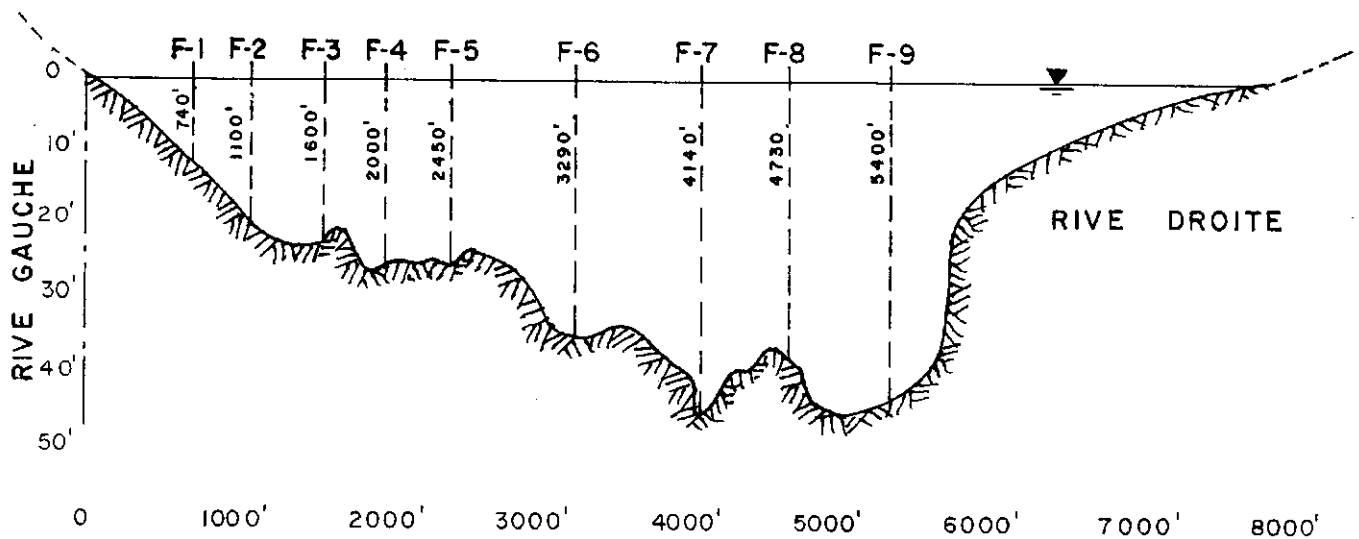
PROFIL DE LA SECTION E



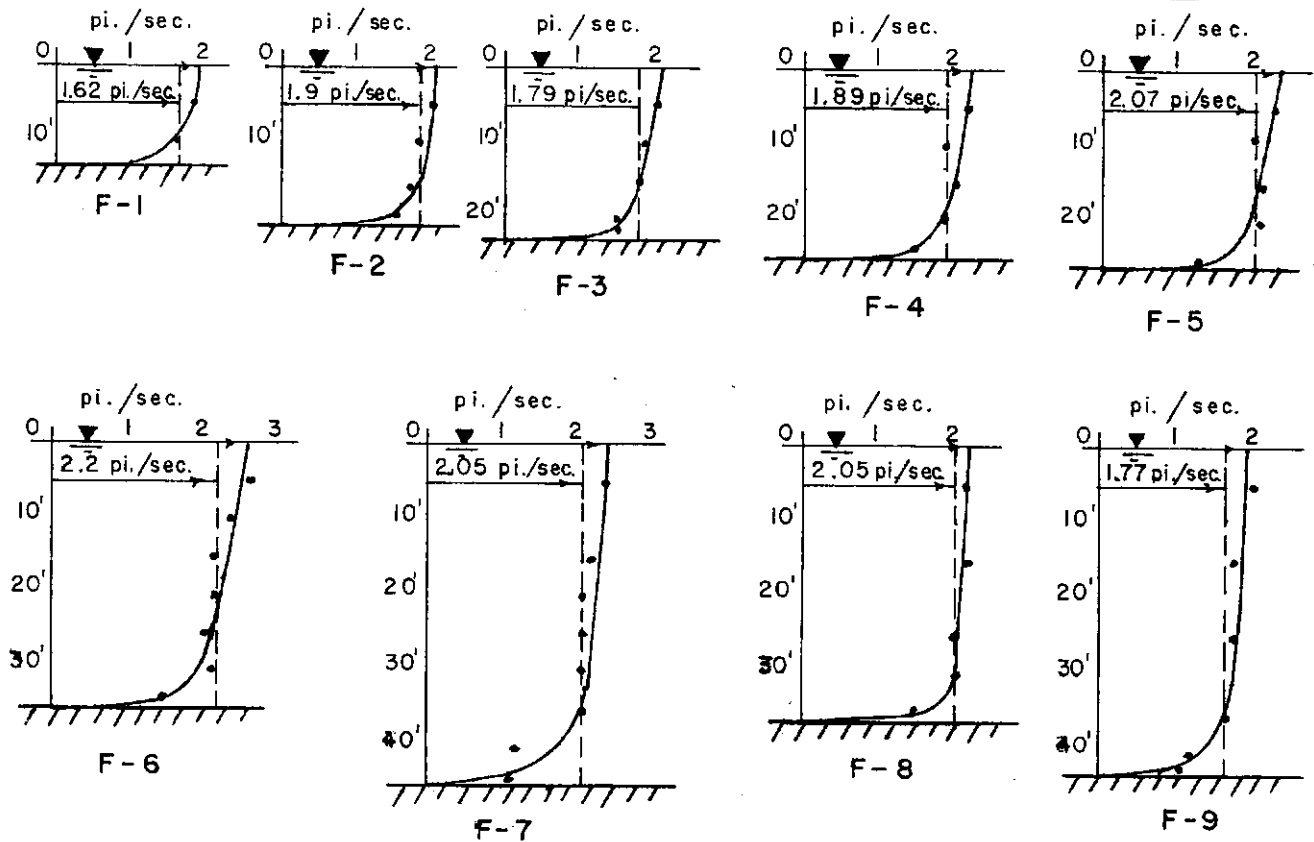
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



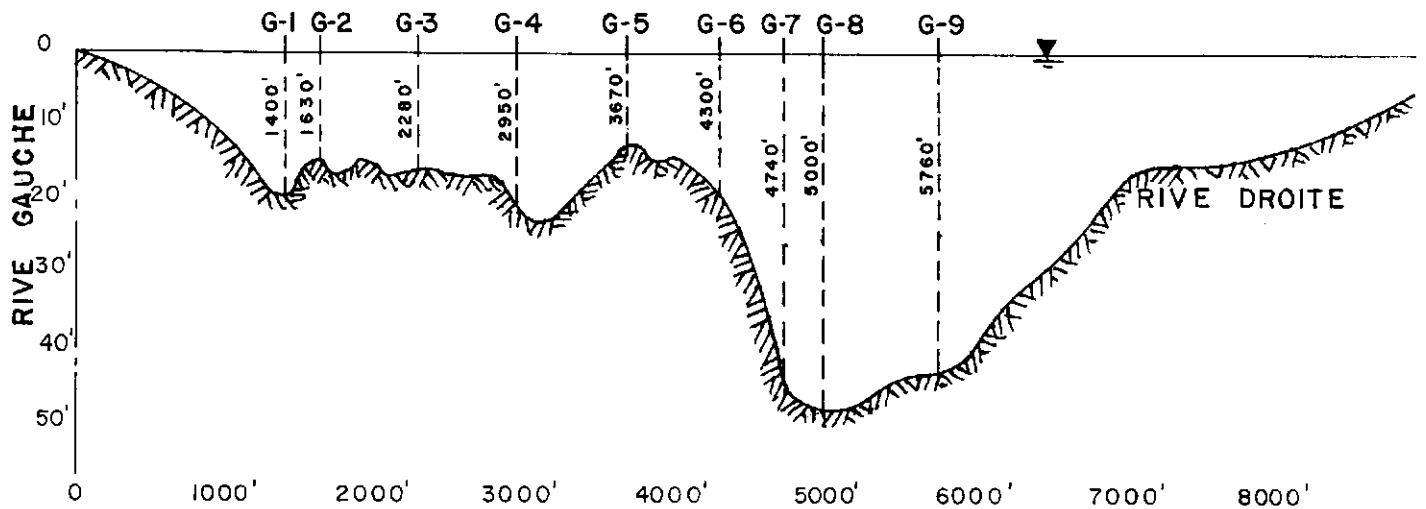
PROFIL DE LA SECTION F



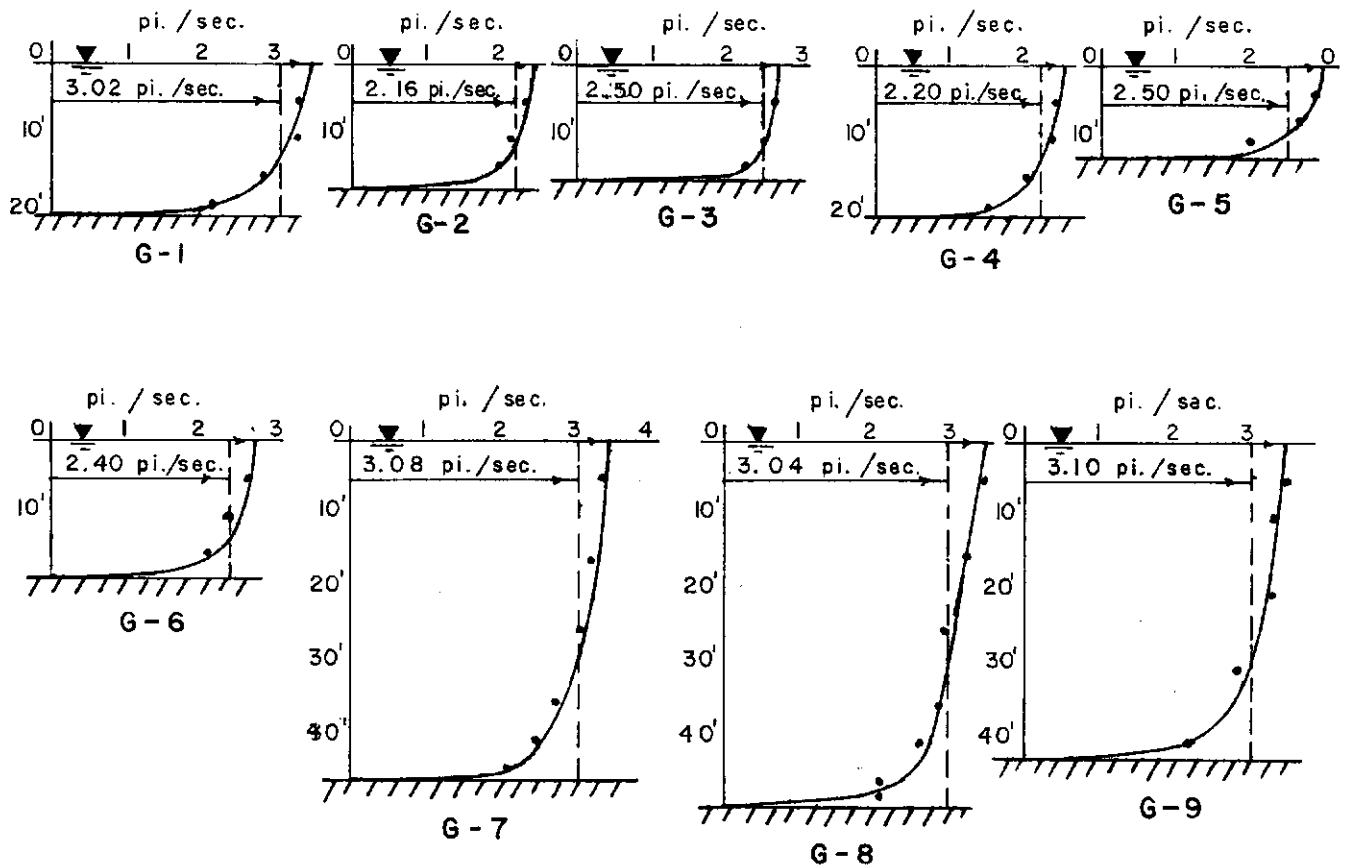
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



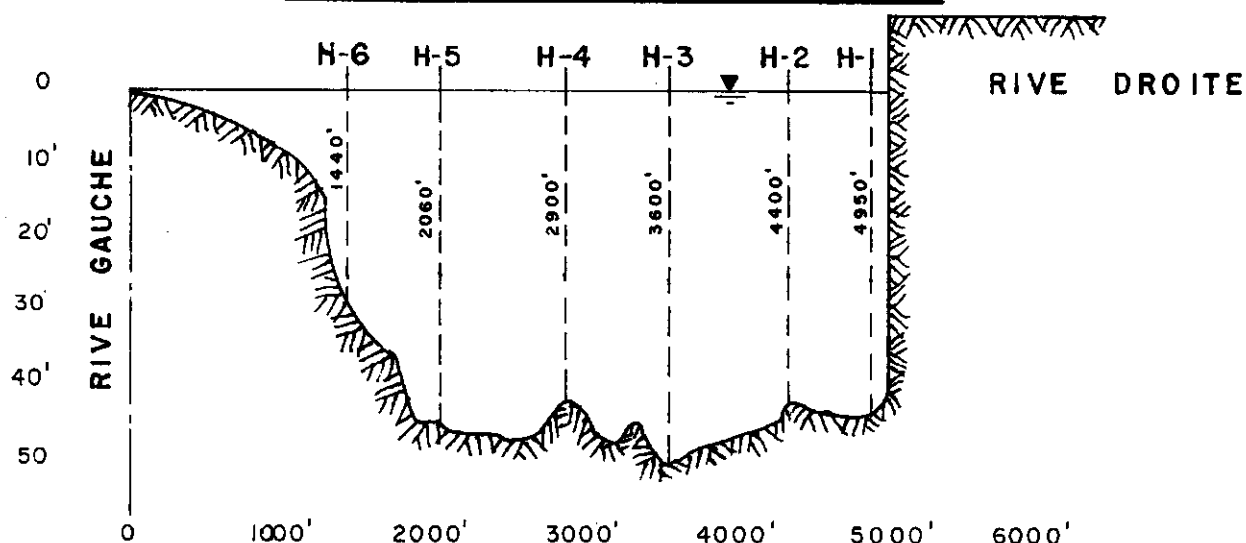
PROFIL DE LA SECTION G



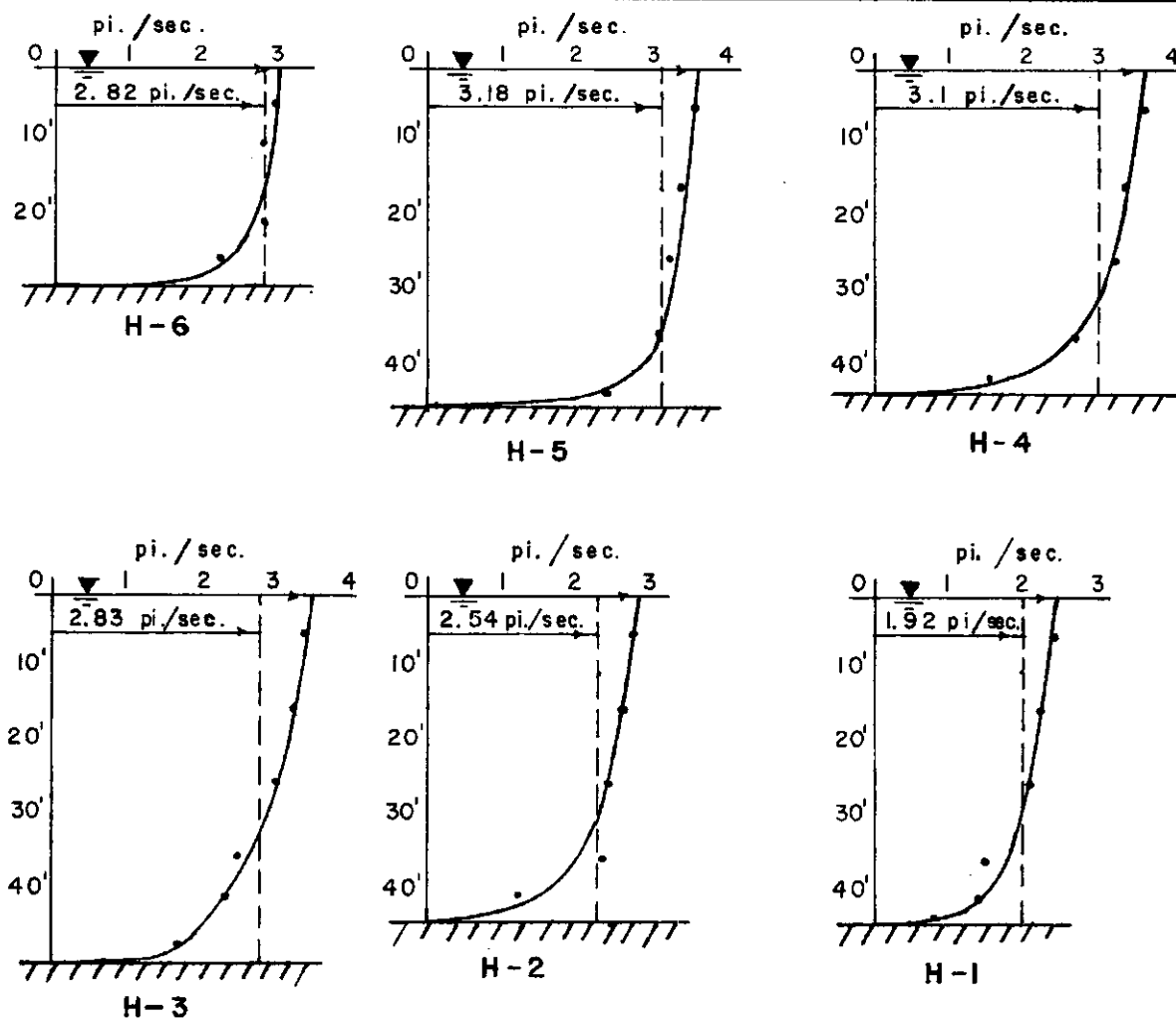
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE

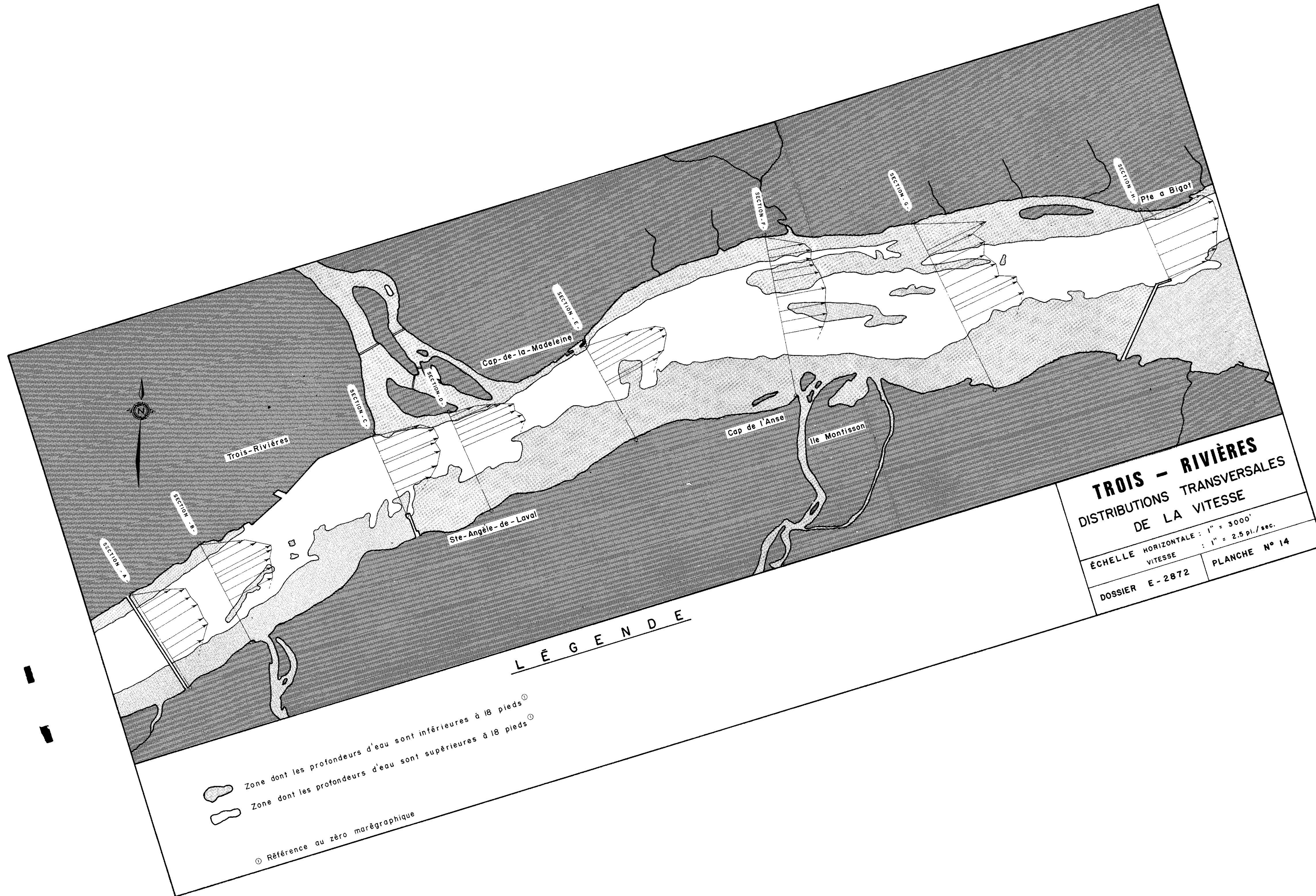


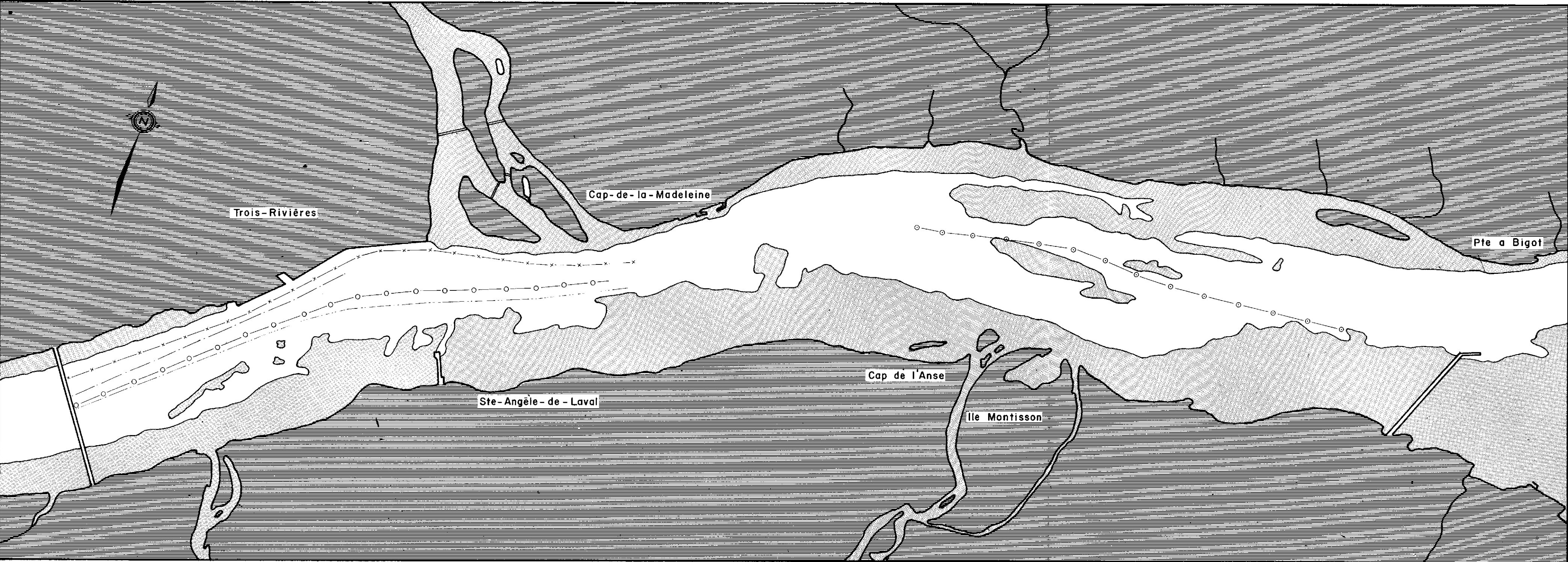
PROFIL DE LA SECTION H



DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE







L É G E N D E

- Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds^①
- Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds^①

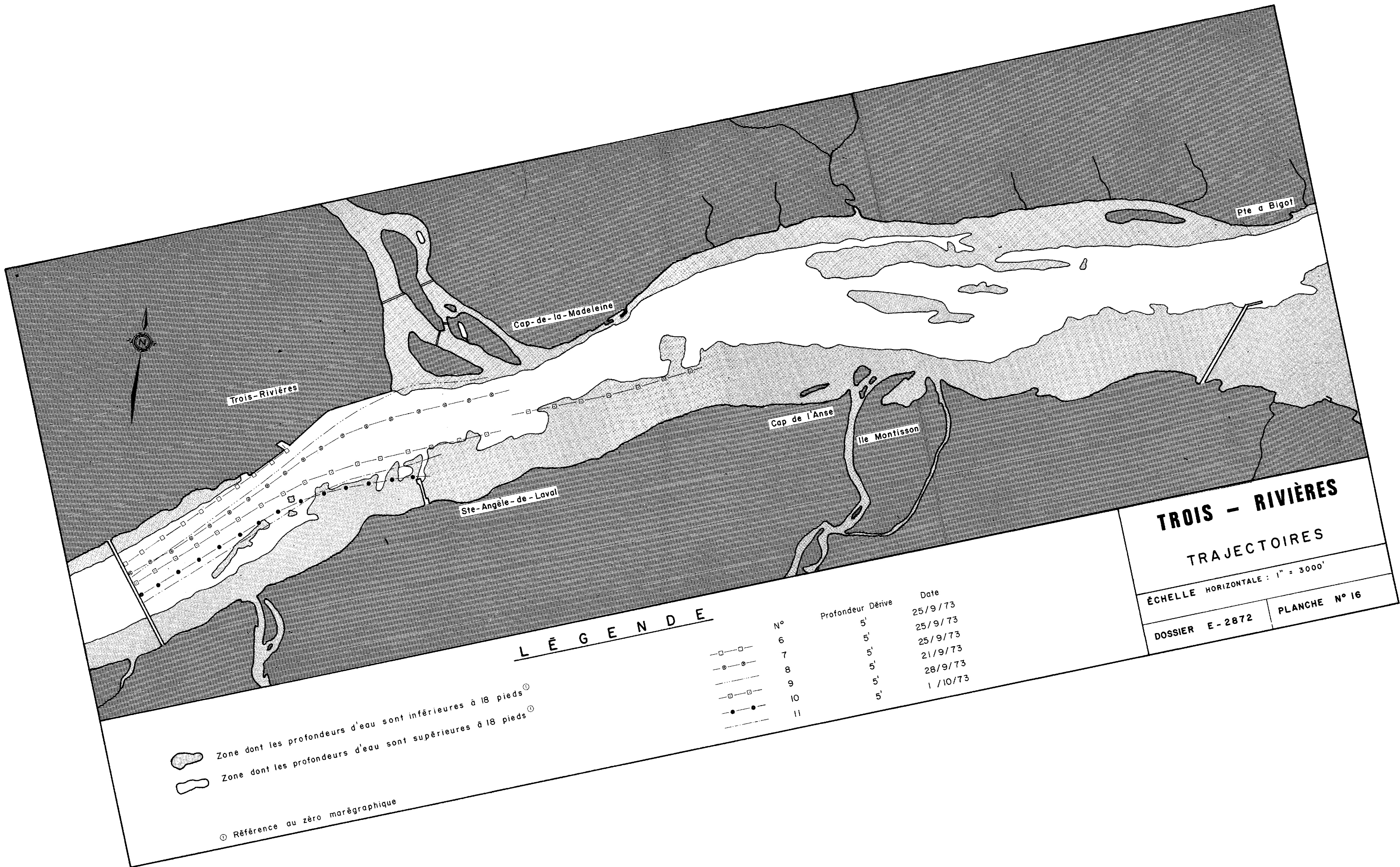
① Référence au zéro marégraphique

N°	Profondeur	Dérive	Date
1	25'		25/9/73
2	25'		27/9/73
3	25'		28/9/73
4	25'		28/9/73
5	25'		25/9/73

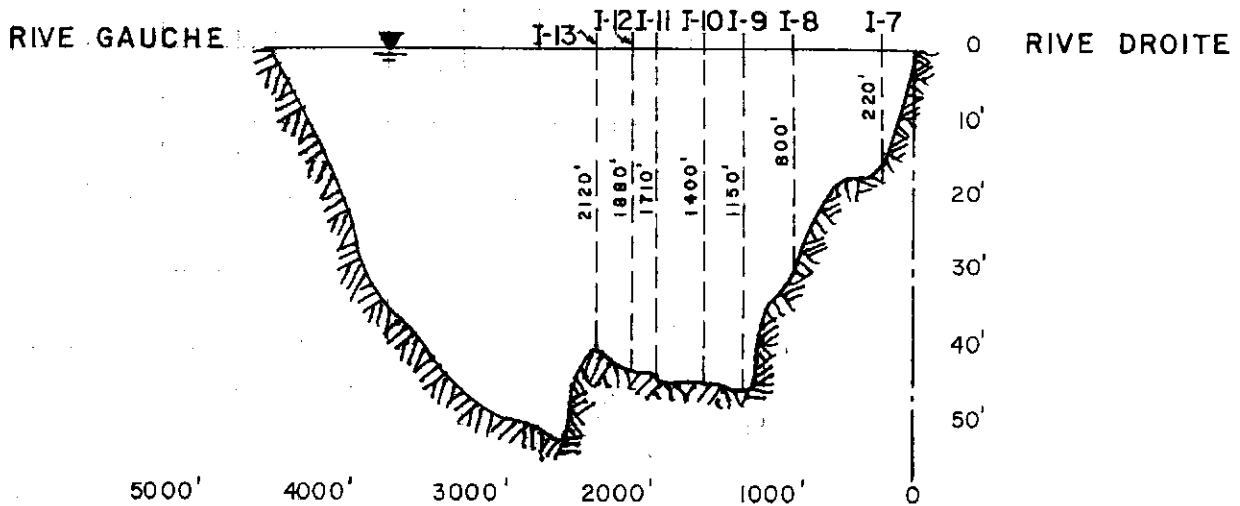
TROIS - RIVIÈRES
TRAJECTOIRES

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'

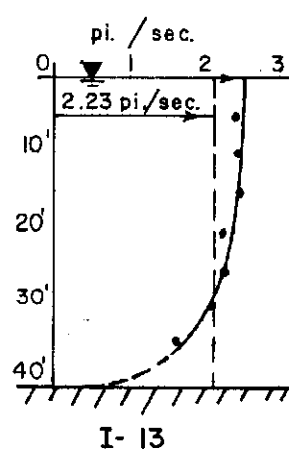
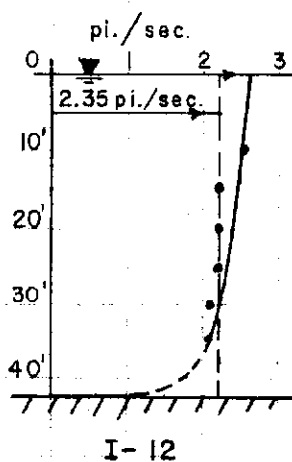
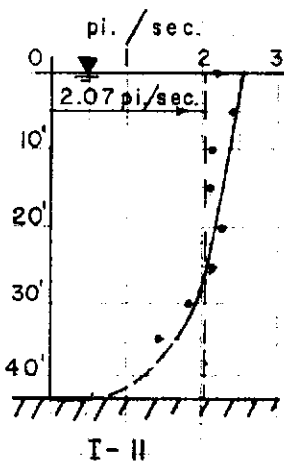
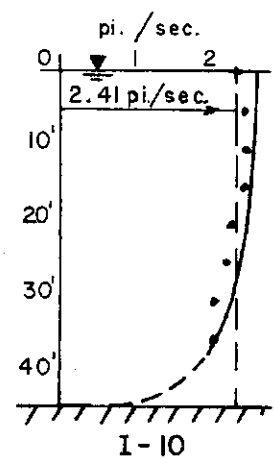
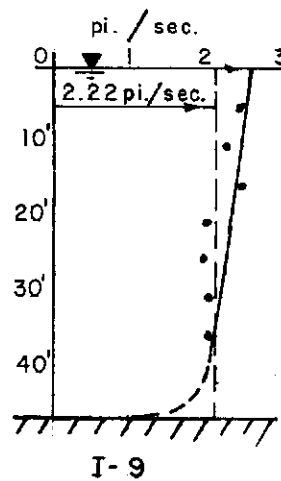
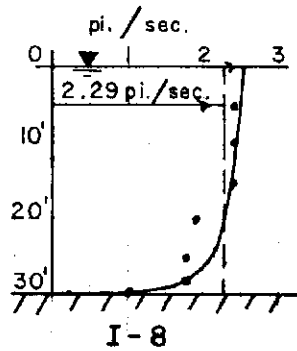
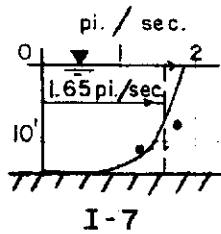
DOSSIER E - 2872 PLANCHE N° 15



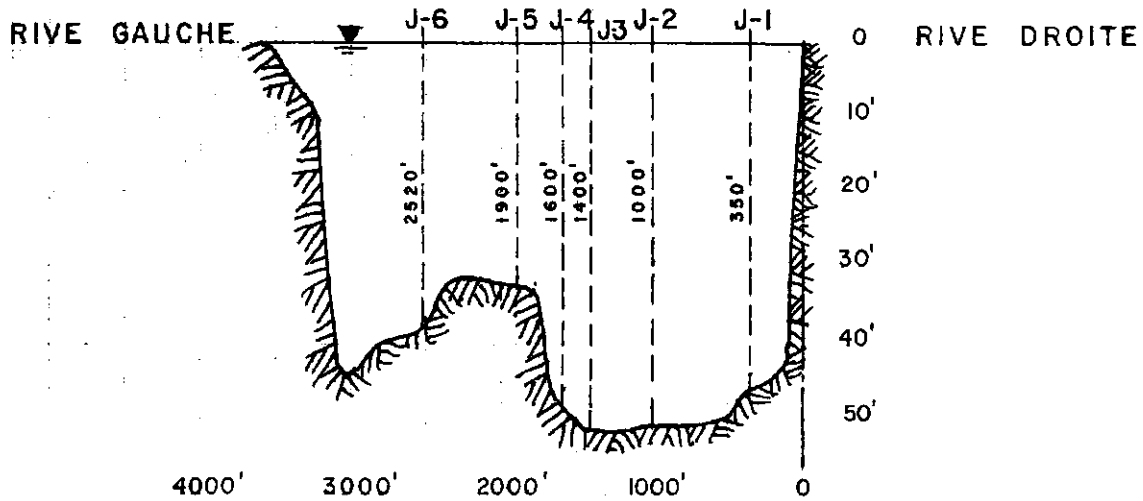
PROFIL DE LA SECTION I



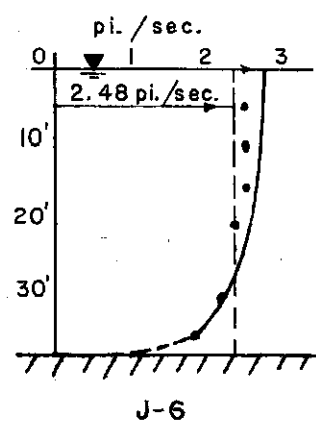
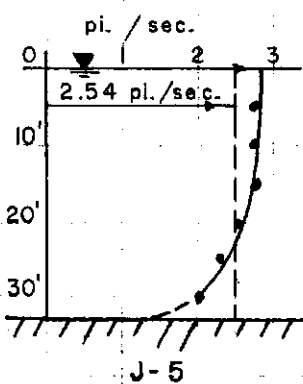
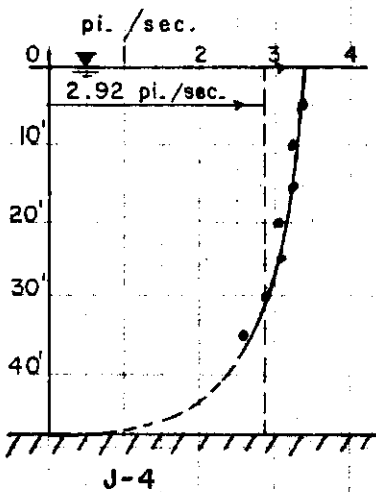
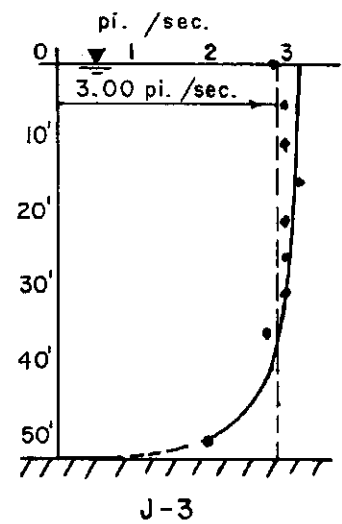
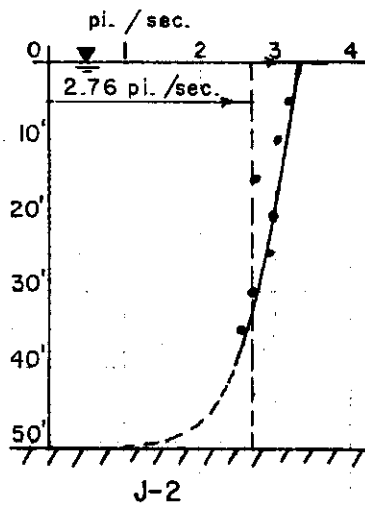
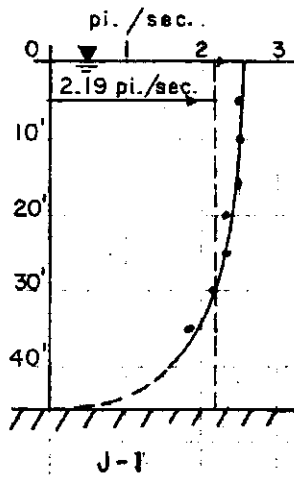
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



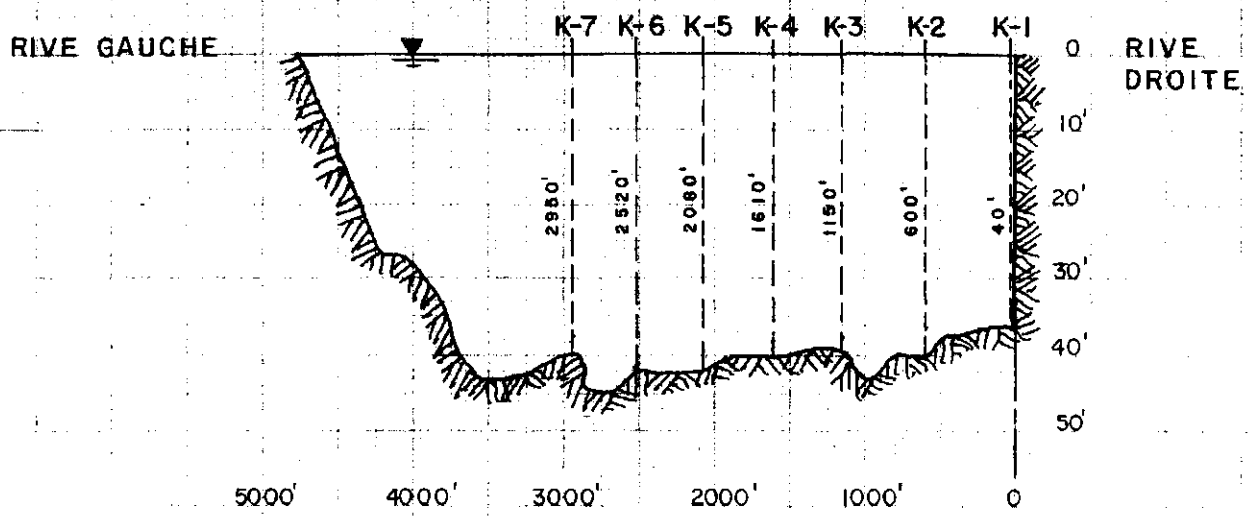
PROFIL DE LA SECTION J



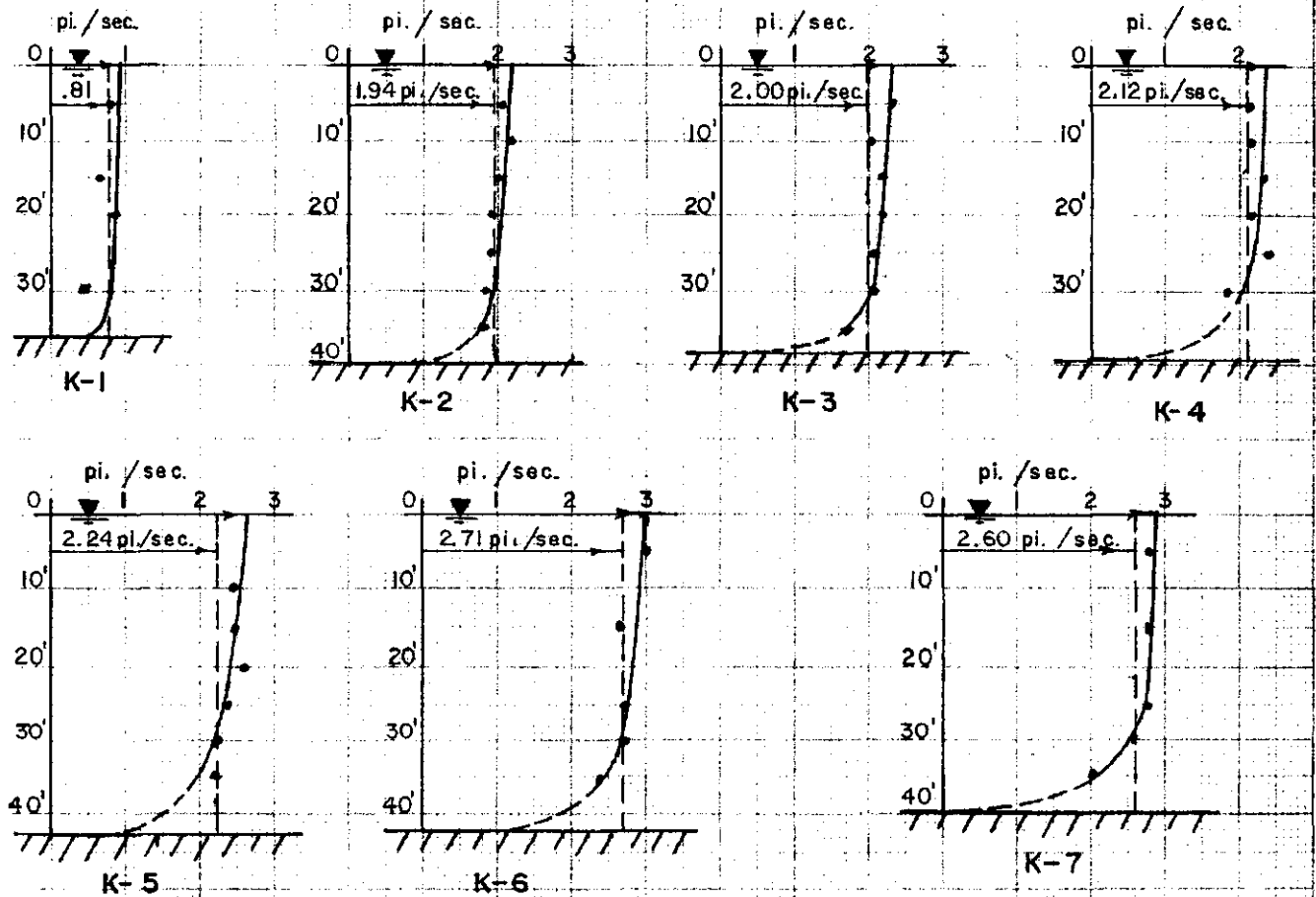
DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



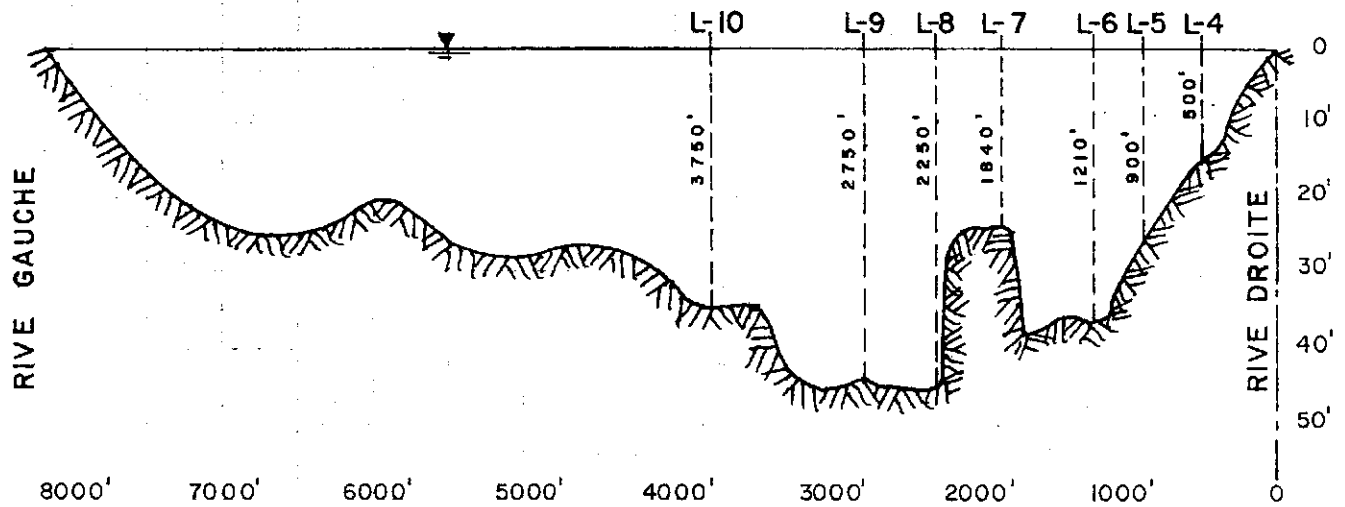
PROFIL DE LA SECTION K



DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



PROFIL DE LA SECTION L



DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE

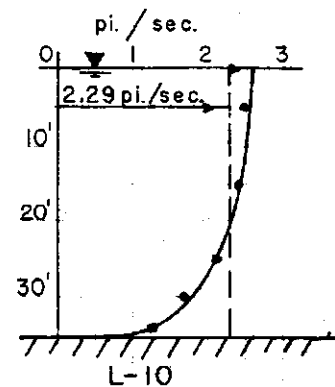
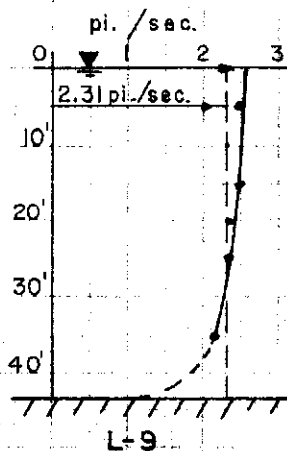
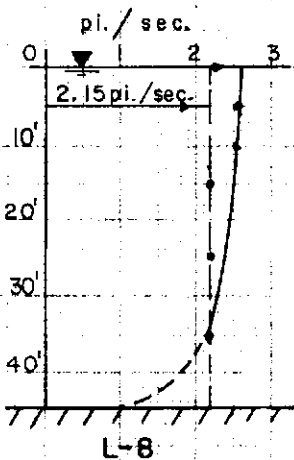
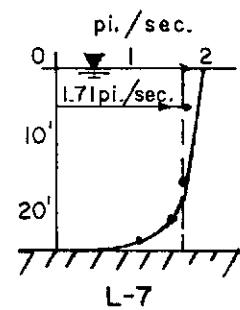
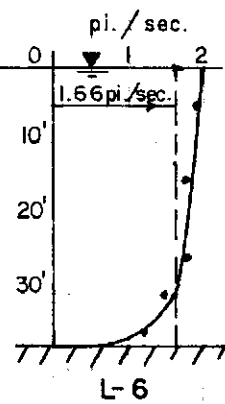
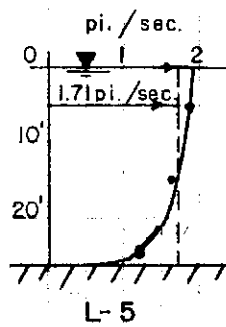
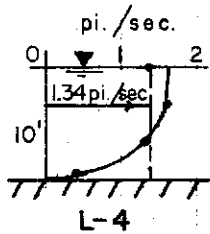
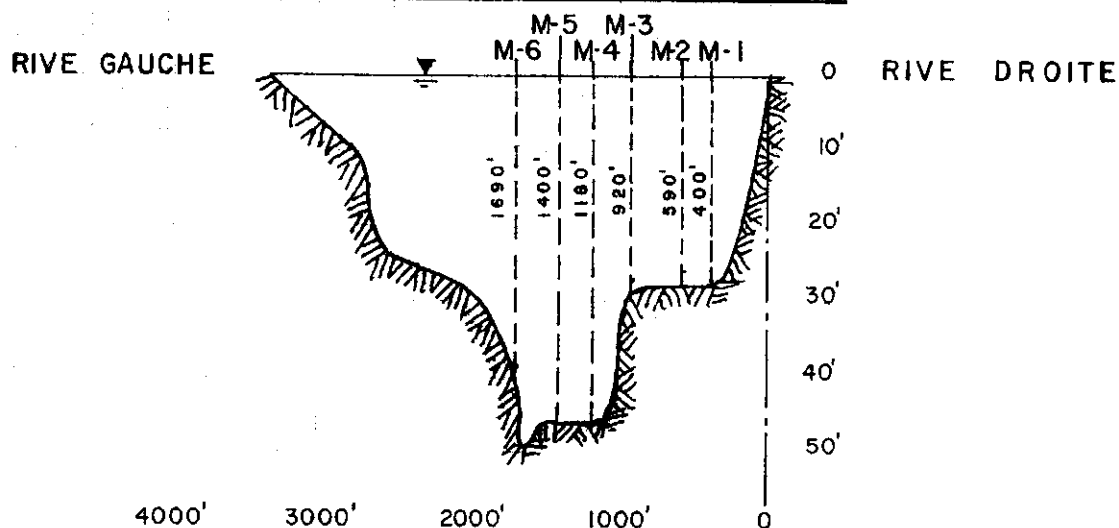


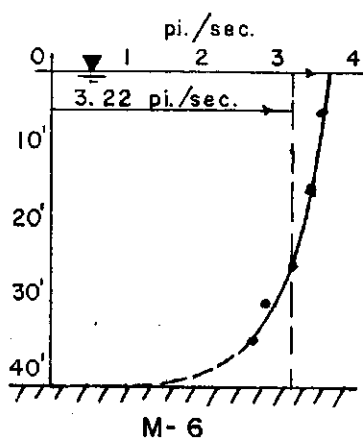
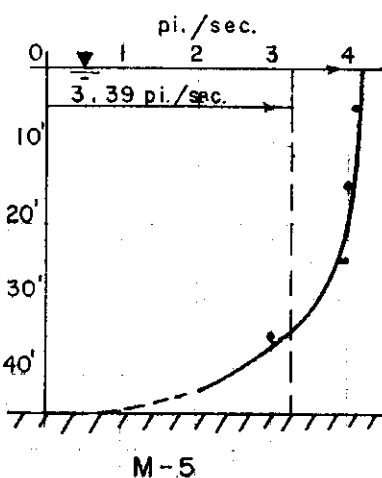
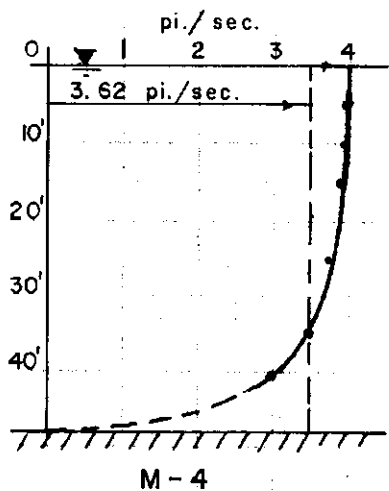
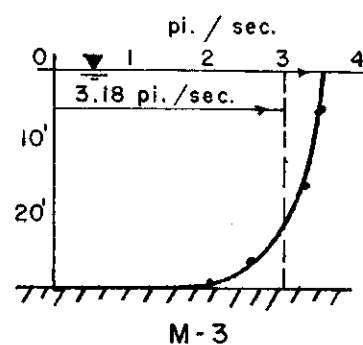
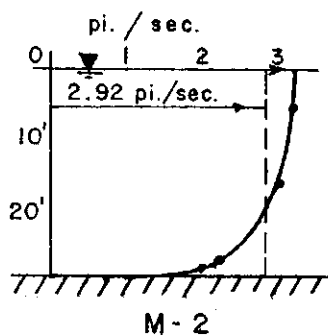
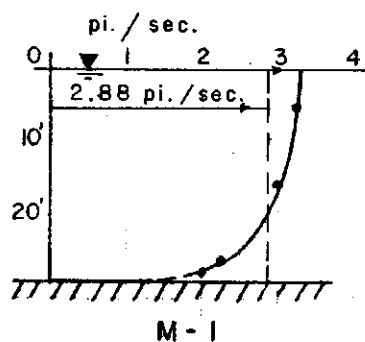
PLANCHE N° 20

10 MM/CM

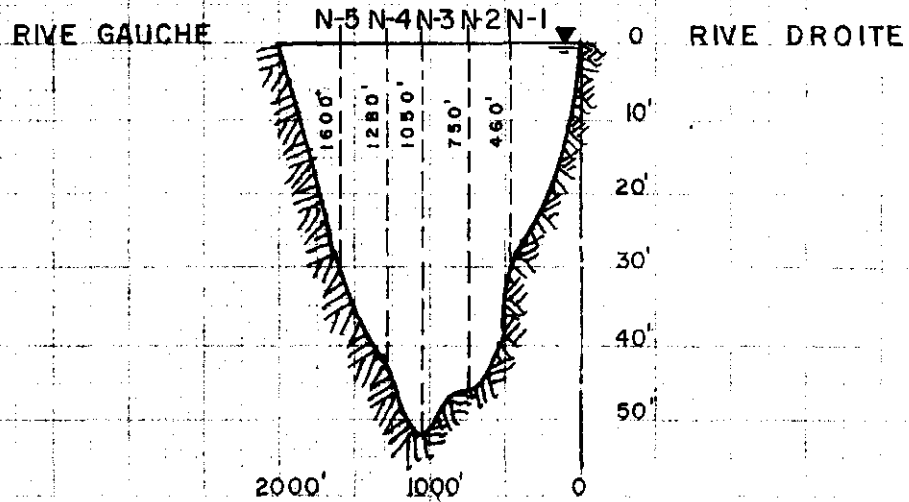
PROFIL DE LA SECTION M



DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE



PROFIL DE LA SECTION N



DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE

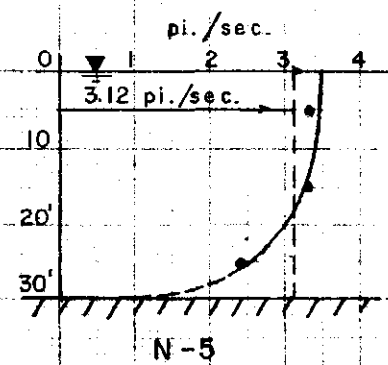
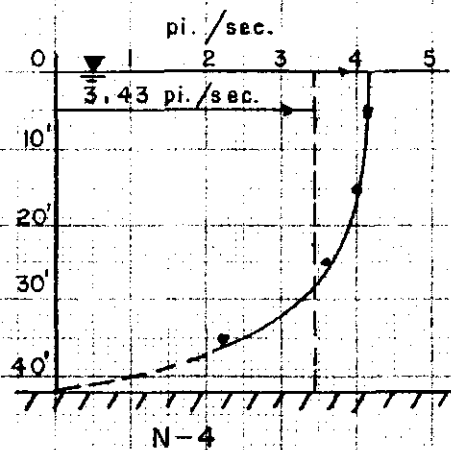
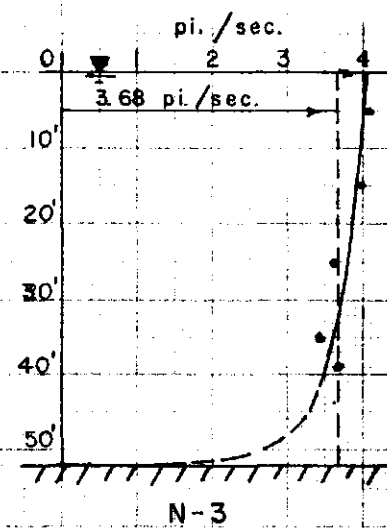
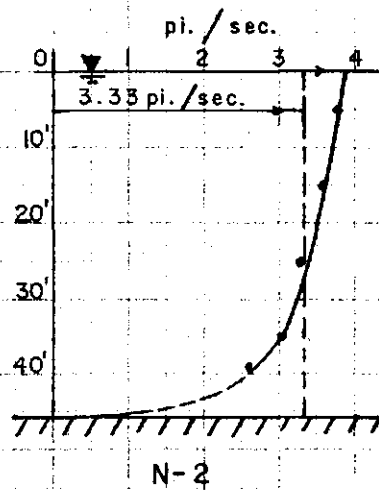
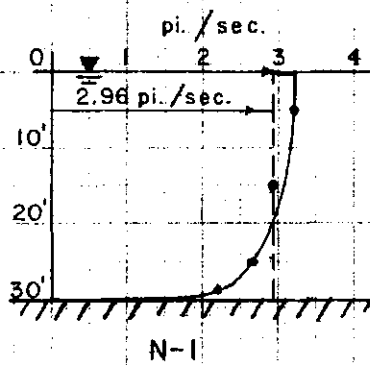
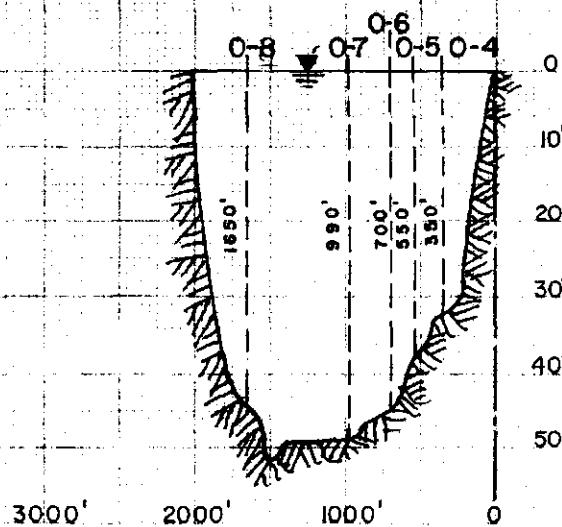
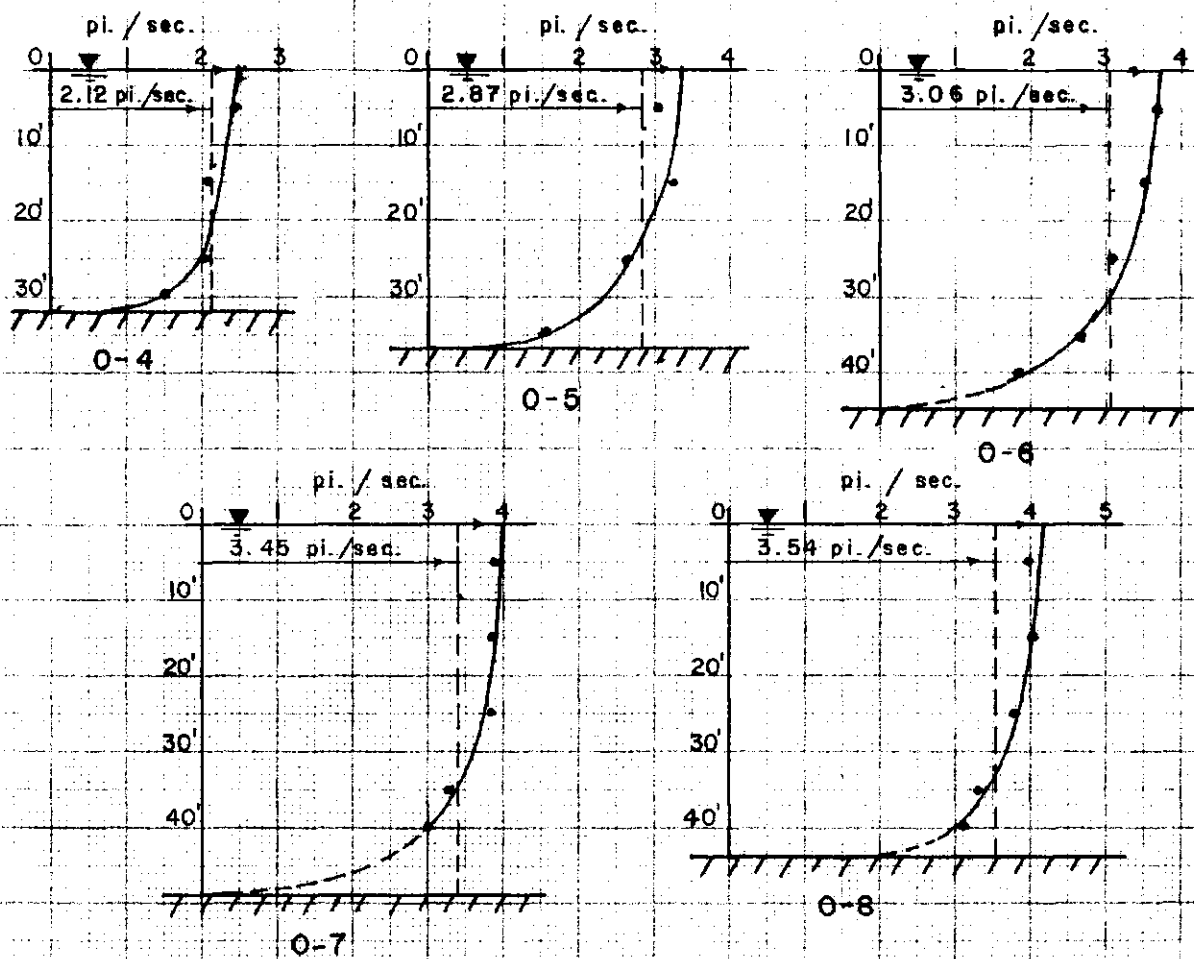


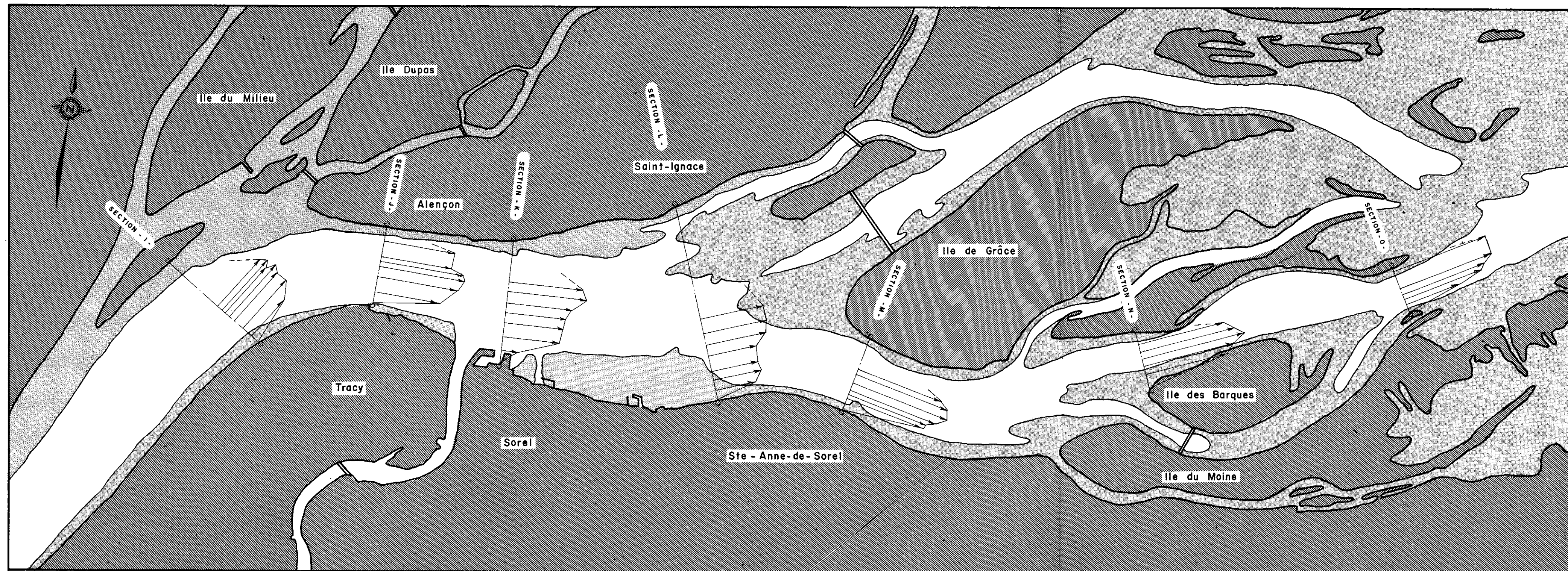
PLANCHE N° 22

PROFIL DE LA SECTION 0



DISTRIBUTIONS VERTICALES DE LA VITESSE





L É G E N D E

-  Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds^①
-  Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds^①

① Référence au zéro marégraphique

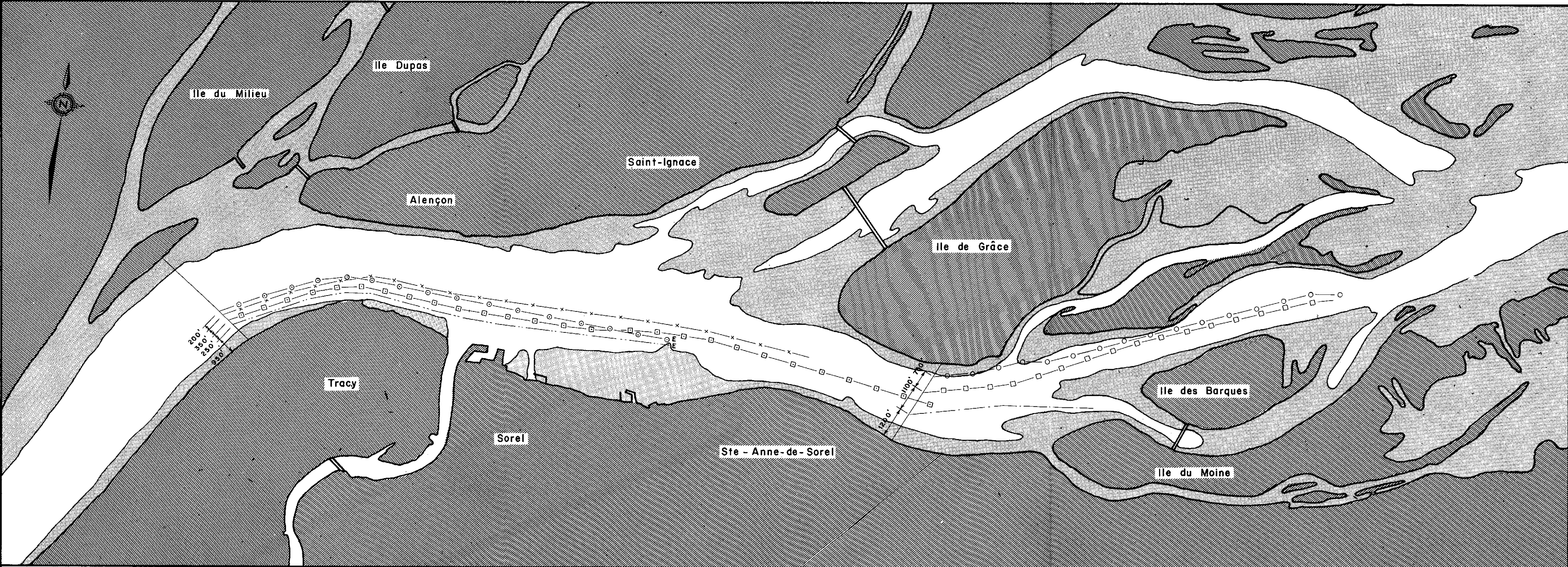
SOREL

DISTRIBUTIONS TRANSVERSALES DE LA VITESSE

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'
VITESSE : 1" = 2.5 pi./sec.

DOSSIER E - 28 72

PLANCHE N° 24



L É G E N D E

- Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds^①
- Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds^①

① Référence au zéro marégraphique

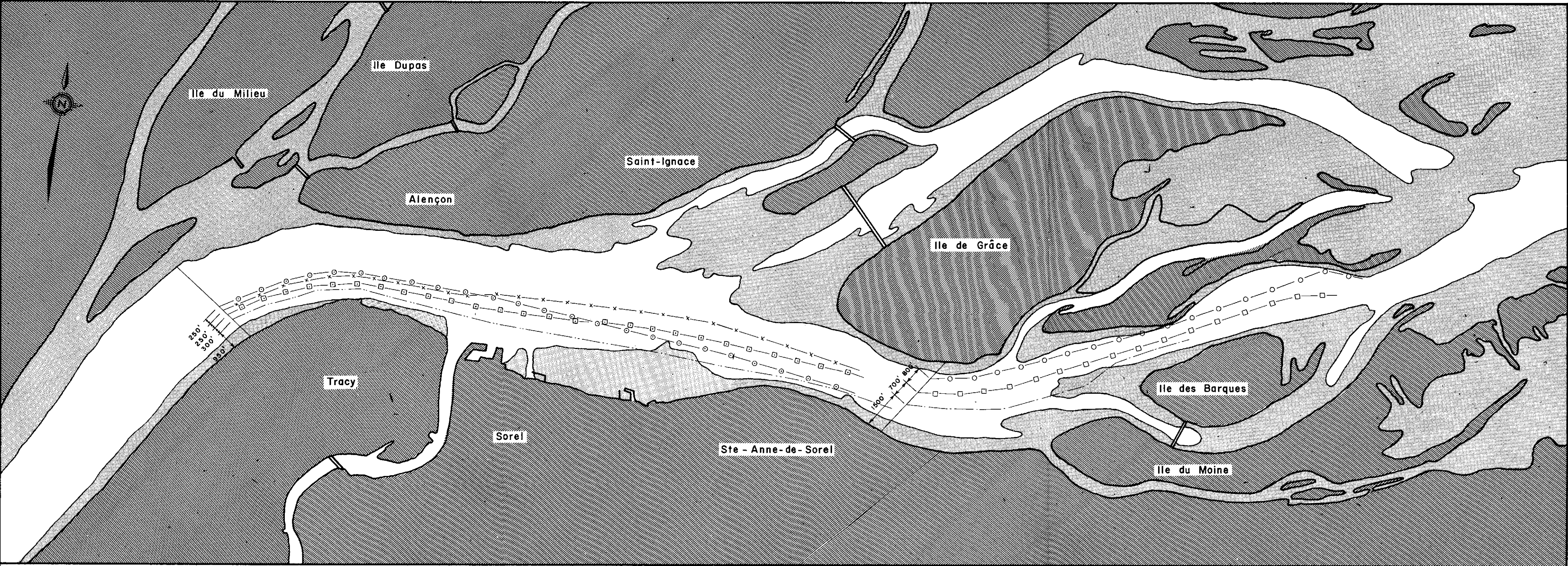
	N°				
	4	Trajectoire	moyenne	à	25'
	3	Trajectoire	moyenne	à	25'
	2	Trajectoire	moyenne	à	25'
	1	Trajectoire	moyenne	à	25'
	7	Trajectoire	moyenne	à	25'
	6	Trajectoire	moyenne	à	25'
	5	Trajectoire	moyenne	à	25'

SOREL
TRAJECTOIRES

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'

DOSSIER E - 2872

PLANCHE N° 25



L É G E N D E

- Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds^①
- Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds^①

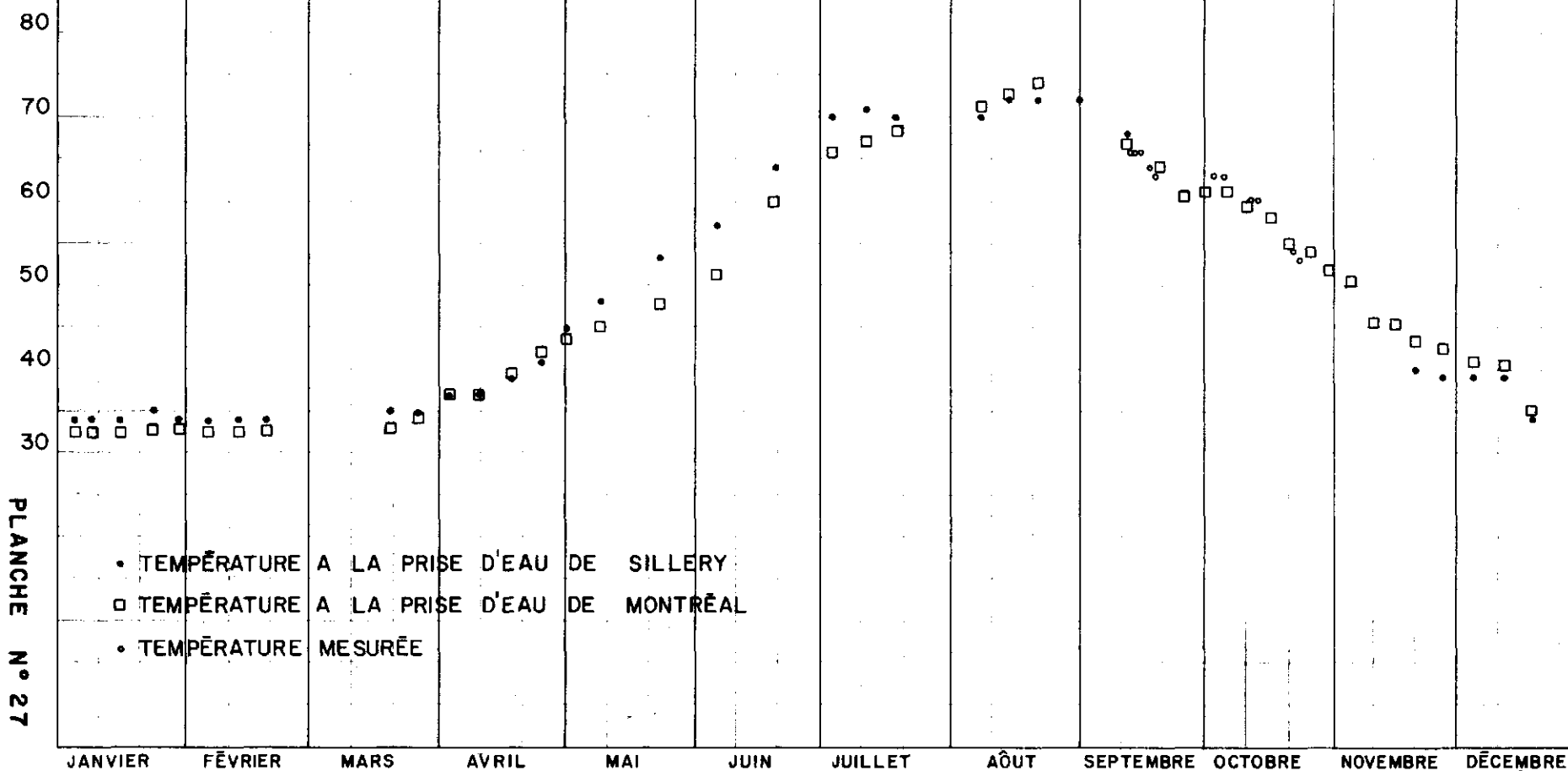
① Référence au zéro marégraphique

N°				
4		Trajectoire	moyenne	à 5'
3		Trajectoire	moyenne	à 5'
2		Trajectoire	moyenne	à 5'
1		Trajectoire	moyenne	à 5'
7		Trajectoire	moyenne	à 5'
6		Trajectoire	moyenne	à 5'
5		Trajectoire	moyenne	à 5'

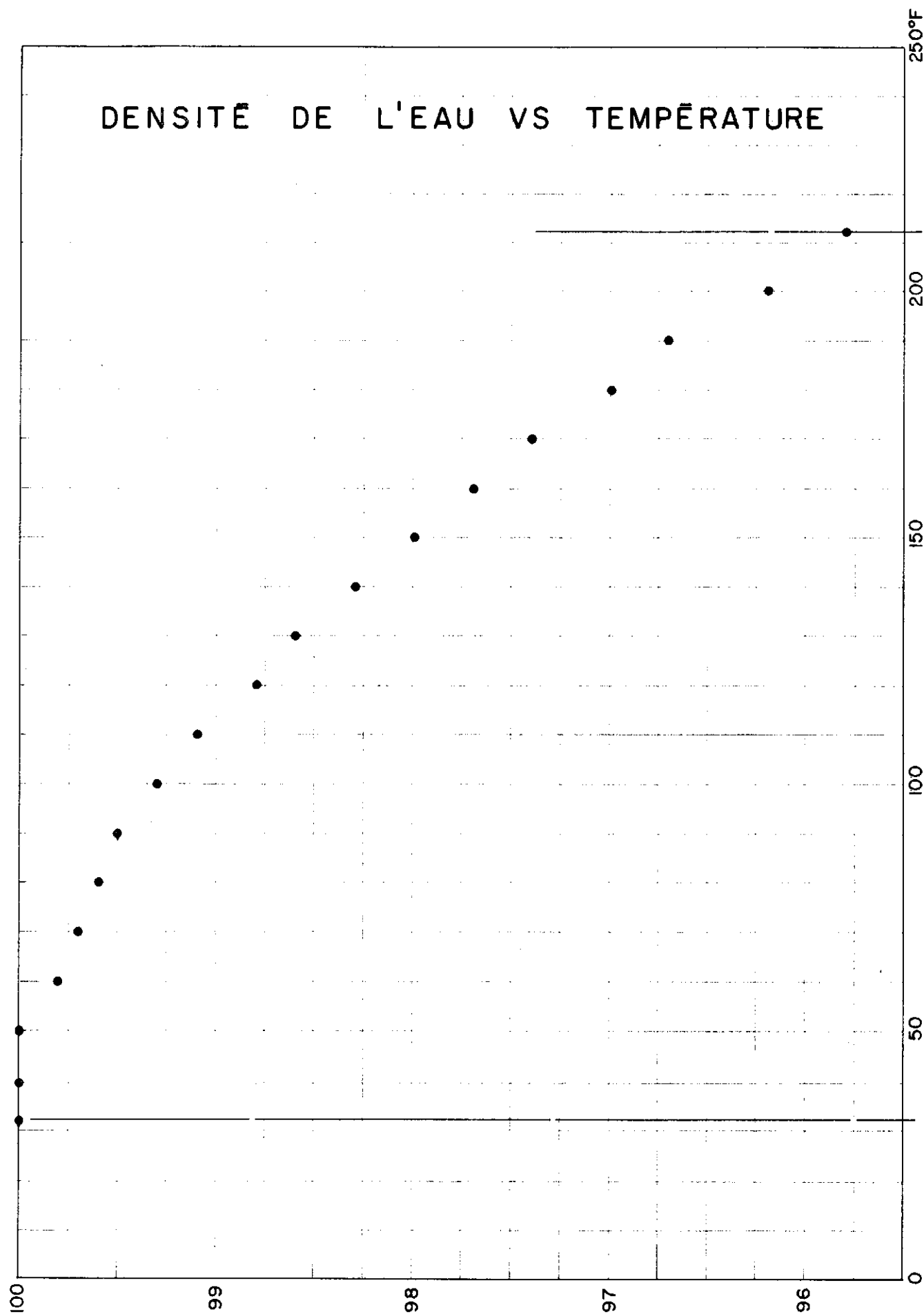
SOREL
TRAJECTOIRES

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'

TÉMPÉRATURE DE L'EAU DU ST. - LAURENT A MONTRÉAL ET QUÉBEC 1973

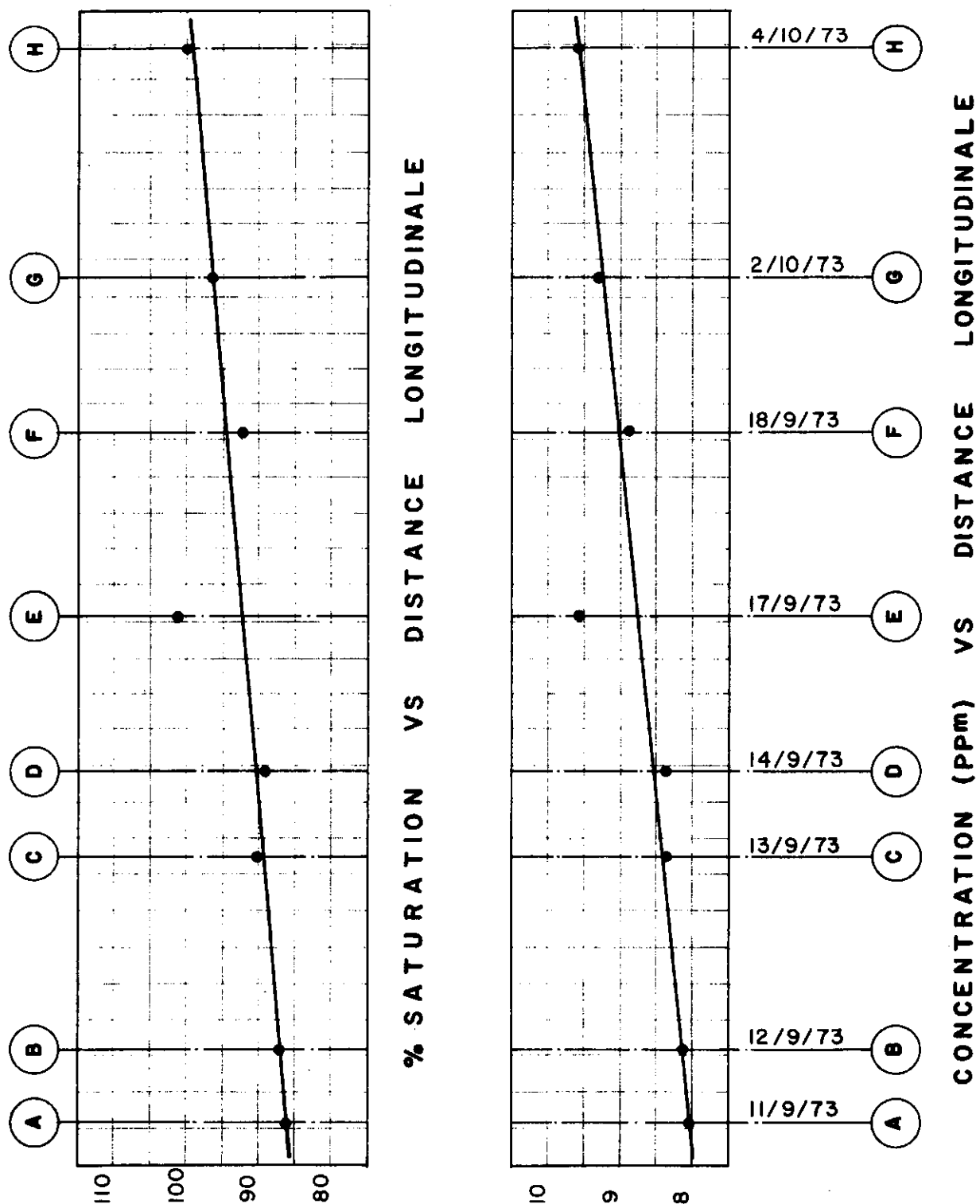


DENSITÉ DE L'EAU VS TEMPÉRATURE



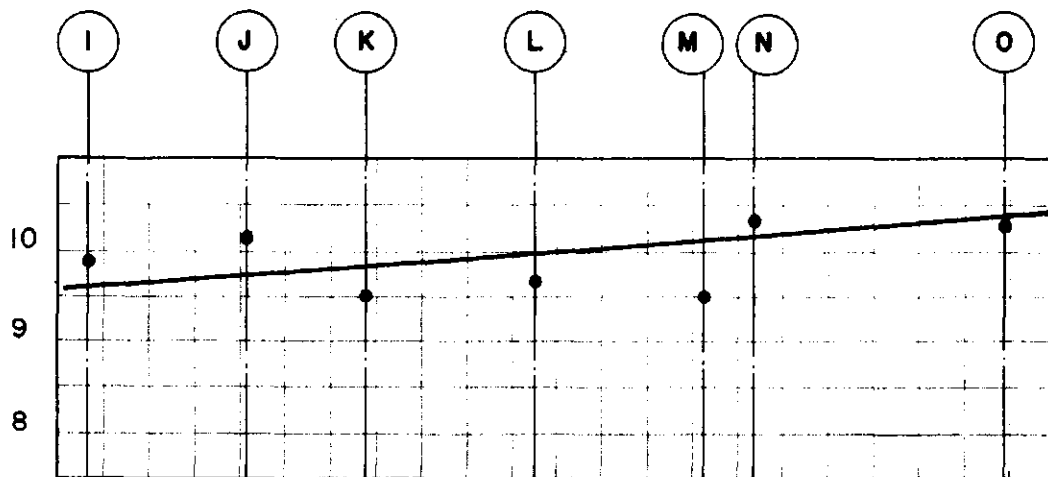
SECTION	VALEUR MINIMUM	PROF.		T°	%	VALEUR MAXIMUM	PROF.		T°	%	VALEUR	VALEUR	NOMBRE
	ABSOLUE OBSERVÉE	PROF.	TOT.	°C	SATUR.	ABSOLUE OBSERVÉE	PROF.	TOT.	°C	SATUR.	ABS. MOY.	SAT. MOY.	D'OBSERV.
	ppm					ppm							
A	6.9	45	48	19.2	74.5	9.0	5	63	19.2	97.0	8.07	86.9	59
B	5.8	60	64	19.1	62.3	8.9	5	20	18.9	95.5	8.11	87.3	61
C	7.9	44	45	19.3	85.0	8.7	5	50	19.0	94.0	8.37	90.34	67
D	8.0	6	8	18.0	84.0	8.8	5	47	19.3	94.0	8.36	89.4	46
E	9.2	28	30	17.5	96.0	9.9	5	40	18.8	106.0	9.54	101.51	33
F	8.6	11	13	17.0	88.7	9.1	5	25	18.0	96.0	8.9	92.9	27
G	9.0	24	25	17.0	94.0	9.6	5	40	17.0	100.0	9.3	96.7	9
H	9.6	44	45	17.0	100.0	9.6	5	45	17.0	100.0	9.6	100.0	3

DISTRIBUTION LONGITUDINALE DE L'OXYGÈNE DISSOUS AUX TROIS - RIVIÈRES

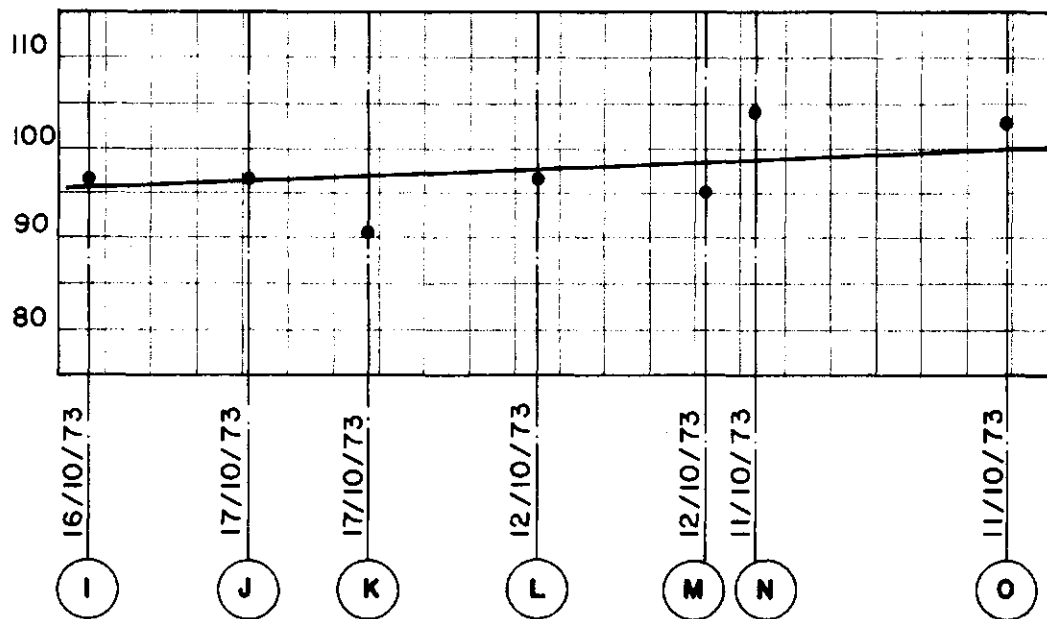


SECTION	VALEUR MINIMUM	PROF.		T°	%	VALEUR MAXIMUM	PROF.		T°	%	VALEUR	VALEUR	NOMBRE
	ABSOLUE OBSERVÉE	PROF.	TOT.	°C	SATUR.	ABSOLUE OBSERVÉE	PROF.	TOT.	°C	SATUR.	ABS. MOY.	SAT. MOY.	D'OBSERV.
	ppm												
	ppm												
I	9.6	35	43	15.0	94.0	10.2	5	44	14.9	99.5	9.9	96.3	44
J	10.0	35	37	12.3	93.0	10.5	5	49	14.0	101.0	10.12	96.6	45
K	9.3	30	35	11.8	85.5	9.6	5	40	14.0	92.2	9.47	90.1	43
L	9.4	24	26	15.3	93.0	9.9	5	45	16.0	100.0	9.66	96.9	29
M	9.2	27	28	15.8	92.0	10.5	5	47	16.0	106.0	9.49	95.4	26
N	9.8	29	30	16.0	99.0	11.0	5	42	16.1	111.1	10.31	104.2	22
O	9.6	40	44	16.0	97.0	10.4	5	44	16.0	105.0	10.27	103.2	23

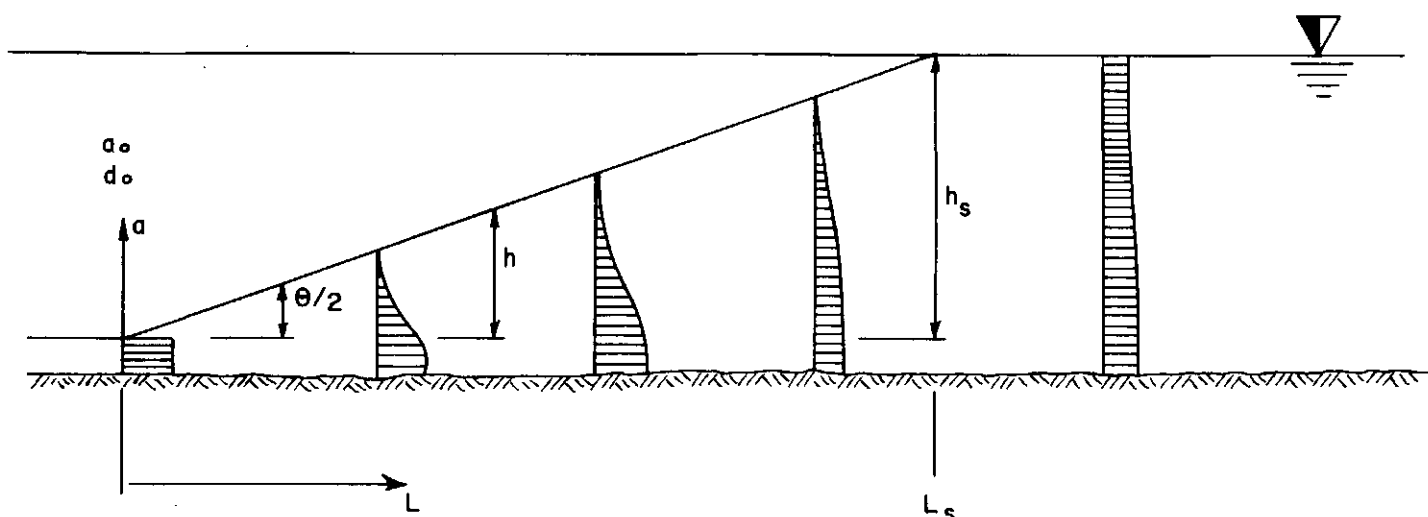
DISTRIBUTION LONGITUDINALE DE L'OXYGÈNE DISSOUS A SOREL



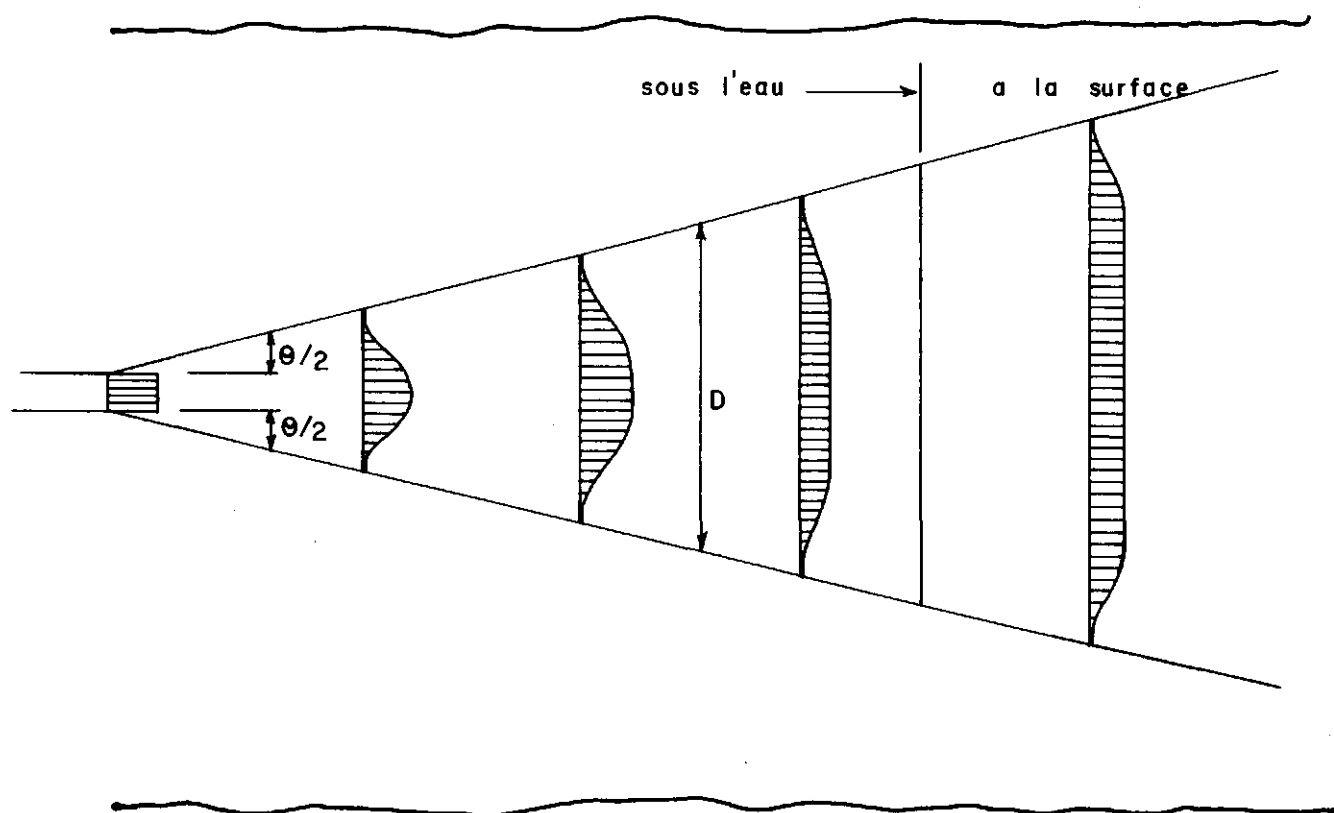
CONCENTRATION (PPm) VS DISTANCE LONGITUDINALE



% SATURATION VS DISTANCE LONGITUDINALE

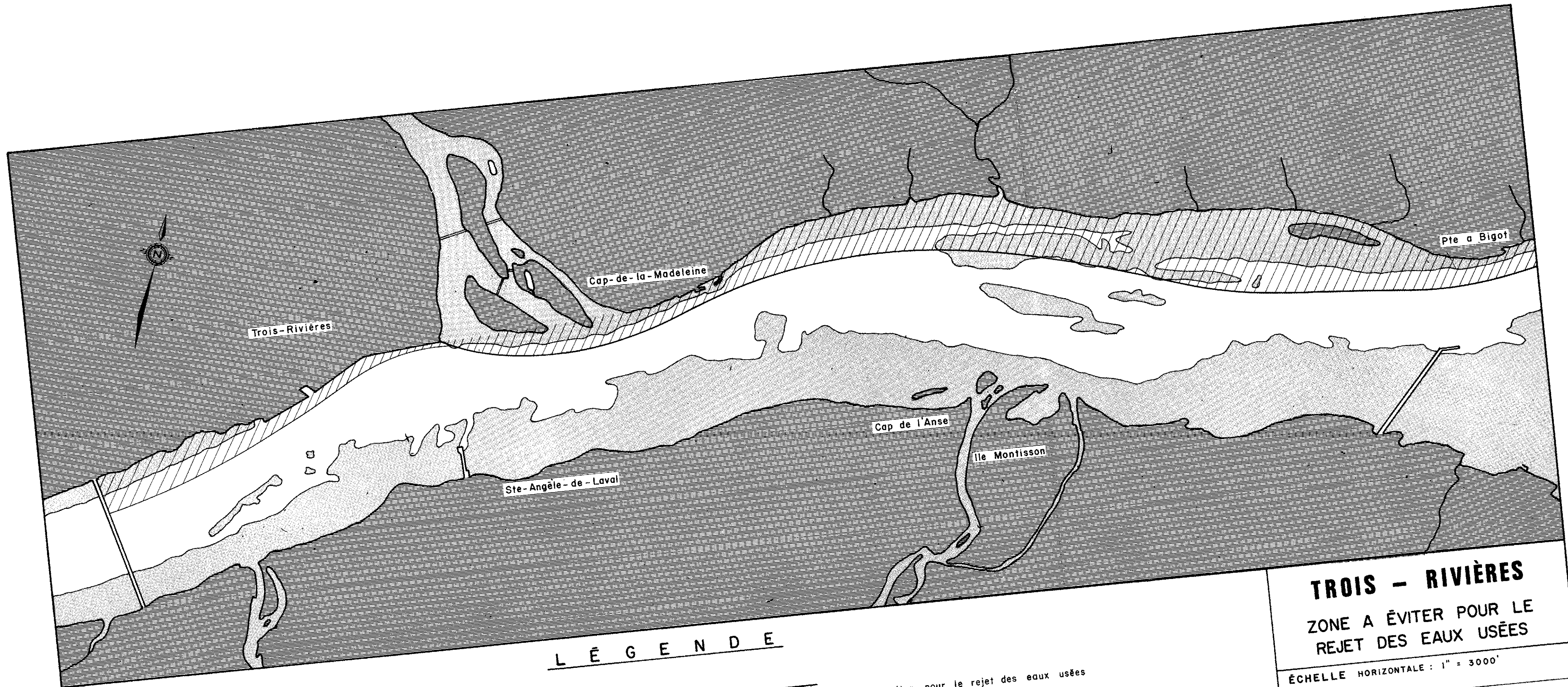


PROFIL



PLAN

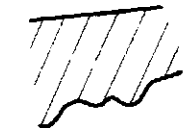
D I F F U S I O N
R E P R É S E N T A T I O N S C H É M A T I Q U E



L É G E N D E

- Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds^①
- Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds^①

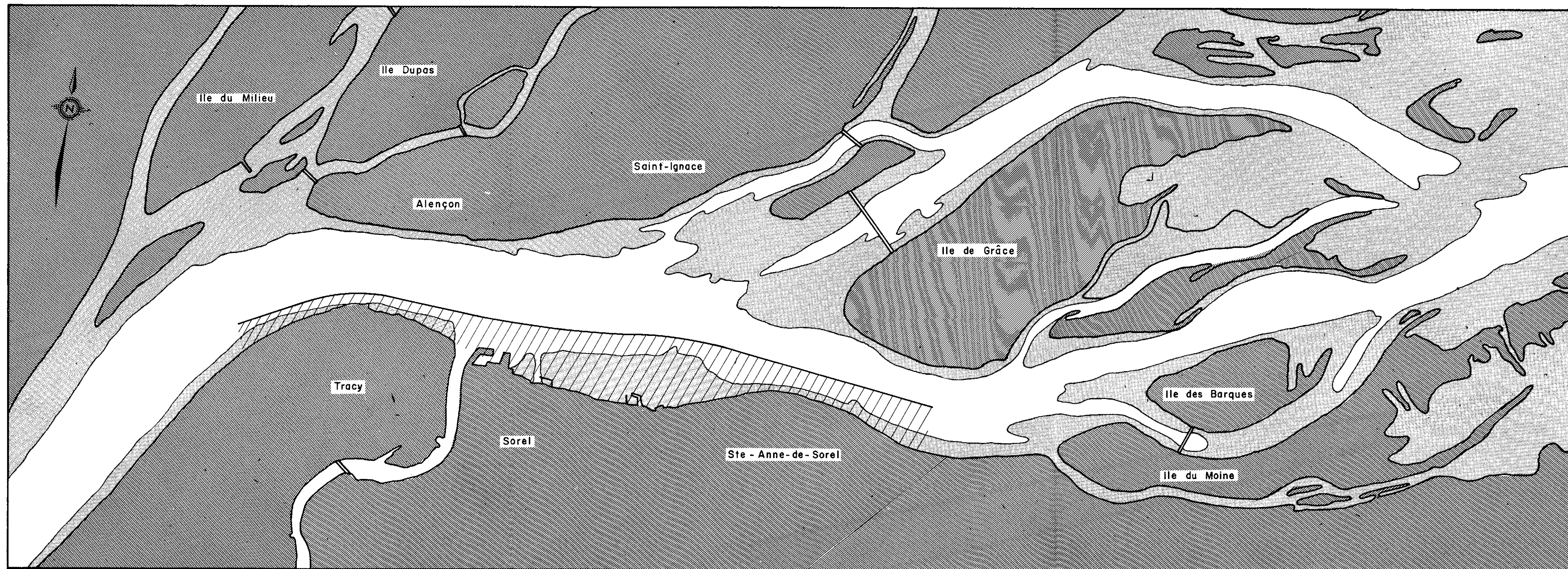
① Référence au zéro marégraphique

 Zone à éviter pour le rejet des eaux usées

TROIS - RIVIÈRES ZONE A ÉVITER POUR LE REJET DES EAUX USÉES

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'

DOSSIER E - 2872 PLANCHE N° 34



L É G E N D E

-  Zone dont les profondeurs d'eau sont inférieures à 18 pieds^①
-  Zone dont les profondeurs d'eau sont supérieures à 18 pieds^①

 Zone à éviter pour le rejet des eaux usées

① Référence au zéro marégraphique

SOREL

**ZONE A ÉVITER POUR LE
REJET DES EAUX USÉES**

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1" = 3000'

DOSSIER E - 28 7.2

PLANCHE N° 35

