

Sciences

TD

380

A1

C132

2,2

TD
380
A1
C132

les cahiers de centreau



CENTREAU
Centre de recherches sur l'eau



3 2356 00307 6880

UNIVERSITÉ LAVAL
Québec, Canada



DÉBITS EXTRÊMES DES COURS D'EAU DU BASSIN MOYEN DU SAINT-LAURENT

José LLAMAS
Jean-Pierre TRIBOULET

SO

LES CAHIERS DE CENTREAU

LES CAHIERS DE CENTREAU constituent une collection d'études qui fait connaître les travaux des chercheurs de l'Université Laval dans le domaine de l'eau et qui s'adresse à la fois aux scientifiques et aux praticiens intéressés aux richesses naturelles et à leur conservation. Ils traitent chacun de sujets particuliers et apportent des conclusions ou des recommandations susceptibles non seulement d'augmenter les connaissances, mais de fournir aussi des solutions à de nombreux problèmes concernant la gestion et l'aménagement des ressources. Les études présentées ont été préalablement soumises à un comité d'appréciation, composé à la fois des analystes du comité de rédaction et de membres extérieurs au Centre de Recherches sur l'Eau.

Au moyen de cette revue scientifique bimestrielle, le CENTRE DE RECHERCHES SUR L'EAU de l'Université Laval désire mettre en évidence l'importance des sciences hydriques à cette institution et promouvoir des échanges à l'échelle nationale et internationale.

Ces cahiers sont adressés gratuitement sur demande. Les textes publiés sont sous la responsabilité de leurs auteurs et demeurent leur propriété. Leur reproduction est permise à condition d'en obtenir l'autorisation expresse du directeur de CENTREAU.

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Canada

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec

Pour tout renseignement, s'adresser à:

José Llamas, Ph.D., directeur

CENTREAU
Pavillon Pouliot
Université Laval,
Québec, P.Q.
Canada, G1K 7P4

COMITÉ DE RÉDACTION
Analyse: Guy Moreau, D. Sc.
Michel Cescas, Ph.D.
Documentation: Andrée Tardif, L.L.
Édition: G.-Oscar Villeneuve, Ph.D.

© 1977 CENTREAU, UNIVERSITÉ LAVAL

DÉBITS EXTRÊMES DES COURS D'EAU DU BASSIN MOYEN DU SAINT-LAURENT

José LLAMAS
Jean-Pierre TRIBOULET

Le présent travail a été confié en 1973-74 au Centre de Recherches sur l'Eau de l'Université Laval par le Comité de l'Entente Canada-Québec pour l'étude de la qualité du fleuve Saint-Laurent. Le ministère des Richesses naturelles du Québec a fourni les données hydrométriques alors que Rénald Naud et André Plamondon, professeurs à la faculté de Foresterie et de Géodésie, avaient antérieurement traité de la climatologie et de la géomorphologie du bassin.

LLAMAS, José: Professeur titulaire à la faculté des Sciences et de Génie de l'Université Laval, José Llamas est ingénieur diplômé de l'École Supérieure des Travaux Publics de Madrid, Espagne, depuis 1958. Après avoir été à l'emploi du ministère des Richesses naturelles du Québec, d'abord comme ingénieur, ensuite comme directeur du Service de l'Aménagement hydraulique, il poursuit ses études à l'Université d'État du Colorado et obtient son doctorat (Ph.D.) en 1968. Il est actuellement responsable du programme des cours d'hydrologie à l'Université Laval et directeur depuis 1975 du Centre de Recherches sur l'Eau de cette institution.

TRIBOULET, Jean-Pierre: Actuellement à l'emploi de la division de l'Hydrologie, Direction des Projets de Centrales de l'Hydro-Québec, Jean-Pierre Triboulet est ingénieur diplômé de l'École catholique d'Arts et Métiers de Lyon, France, en 1969 et ingénieur hydraulicien diplômé de l'Université de Grenoble, France, en 1970. Après deux années à la Direction générale des Eaux du ministère des Richesses naturelles du Québec, il a collaboré aux travaux en hydrologie du Centre de Recherches sur l'Eau de l'Université Laval et obtenu en 1975 une maîtrise ès Sciences de cette institution.

RÉSUMÉ

Le bassin versant du Saint-Laurent moyen, entre Montréal et la région de Québec, s'étend au nord, de la rivière l'Assomption à la rivière Sainte-Anne-du-Nord, et au sud, du Richelieu à la rivière du Sud. Un survol des caractéristiques physiographiques et climatologiques permet d'introduire et d'expliquer assez simplement le régime hydrologique mensuel des principaux affluents et du Saint-Laurent lui-même tout au long du tronçon. Les débits de crue nivale au printemps font l'objet d'une attention particulière au point de vue fréquence, intervalle de confiance et date d'occurrence. Il est possible de construire un hydrogramme-type de crue du Saint-Laurent en différentes sections du tronçon en tenant compte du déphasage des crues des affluents. Les débits d'étiage d'été sont aussi analysés. Le débit minimum moyen de sept jours consécutifs est retenu comme paramètre significatif et est cartographié.

Bien que relativement incomplète, cette étude est un essai de synthèse hydrologique à l'échelle d'une région économiquement développée autour d'un grand axe fluvial.

ABSTRACT

Geographically this study deals with the middle part of the St. Lawrence River basin between Montreal and Quebec City. The area under study is limited on the north shore by the l'Assomption river basin to the West and the Ste-Anne-du-Nord river basin to the East while on the south shore, the limits are, the Richelieu river basin to the West and the Rivière du Sud basin to the East. In order to explain the hydrological regime of the St. Lawrence river and its main tributaries on a monthly basis, physiographic and climatic characteristics have been considered. Freshet streamflows are analysed in terms of frequency, confidence interval and date of occurrence.

Standard hydrographs for various sections of the St. Lawrence, taking into account the phase differences in peak contributions by its tributaries, are obtained. Minimum summer streamflows are analysed and the mean of low flows for a

drought sequence of seven consecutive days has been retained as a significant parameter and mapped.

Although relatively incomplete, this study represents a useful hydrological synthesis for a wide and well developed region along the axis of a major river.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
I - <u>INTRODUCTION</u>	1
II - <u>DESCRIPTION DU BASSIN MOYEN</u>	3
A) <u>PHYSIOGRAPHIE</u>	3
B) <u>CLIMATOLOGIE</u>	4
C) <u>RÉGIME HYDROLOGIQUE DES AFFLUENTS</u>	7
D) <u>RÉGIME HYDROLOGIQUE DU FLEUVE</u>	8
E) <u>DÉBITS DE CRUE NIVALE</u>	11
III - <u>ANALYSE DE FRÉQUENCE</u>	11
IV - <u>CHRONOLOGIE DES CRUES NIVALES</u>	25
V - <u>HYDROGRAMME-TYPE DE CRUE DU SAINT-LAURENT</u>	28
VI - <u>DÉBITS D'ÉTIAGE D'ÉTÉ</u>	31
VII - <u>CONCLUSION</u>	33
VIII - <u>RÉFÉRENCES</u>	37
<u>APPENDICE</u> : <u>RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
<u>ADDENDA ANNUEL</u>	39

DÉBITS EXTRÊMES DES COURS D'EAU
DU BASSIN MOYEN DU SAINT-LAURENT

I - INTRODUCTION

Le bassin du Saint-Laurent, qui s'étend en partie aux Etats-Unis et en partie au Canada, peut être divisé en trois grandes unités géographiques: le secteur des Grands Lacs ou le Saint-Laurent *supérieur*, le secteur du fleuve proprement dit, et le secteur de l'estuaire (fig. 1). Le secteur fluvial et le bassin versant correspondant sont dénommés ci-après *moyens* selon la terminologie de Lasserre (1970) et font l'objet de cette étude.

En aval de la région métropolitaine de Montréal, la vallée du Saint-Laurent connaît un important développement économique (industriel, agricole, touristique) qui exige une connaissance de plus en plus approfondie de la disponibilité et de la variabilité des ressources en eau et, en particulier, des conditions extrêmes de crues et d'étiages. De plus, dans le cadre des programmes de connaissance et de conservation de la qualité des eaux du Saint-Laurent, il est aussi nécessaire d'évaluer les apports directs de ses affluents.

Au cours de l'année hydrologique, les crues nivales du

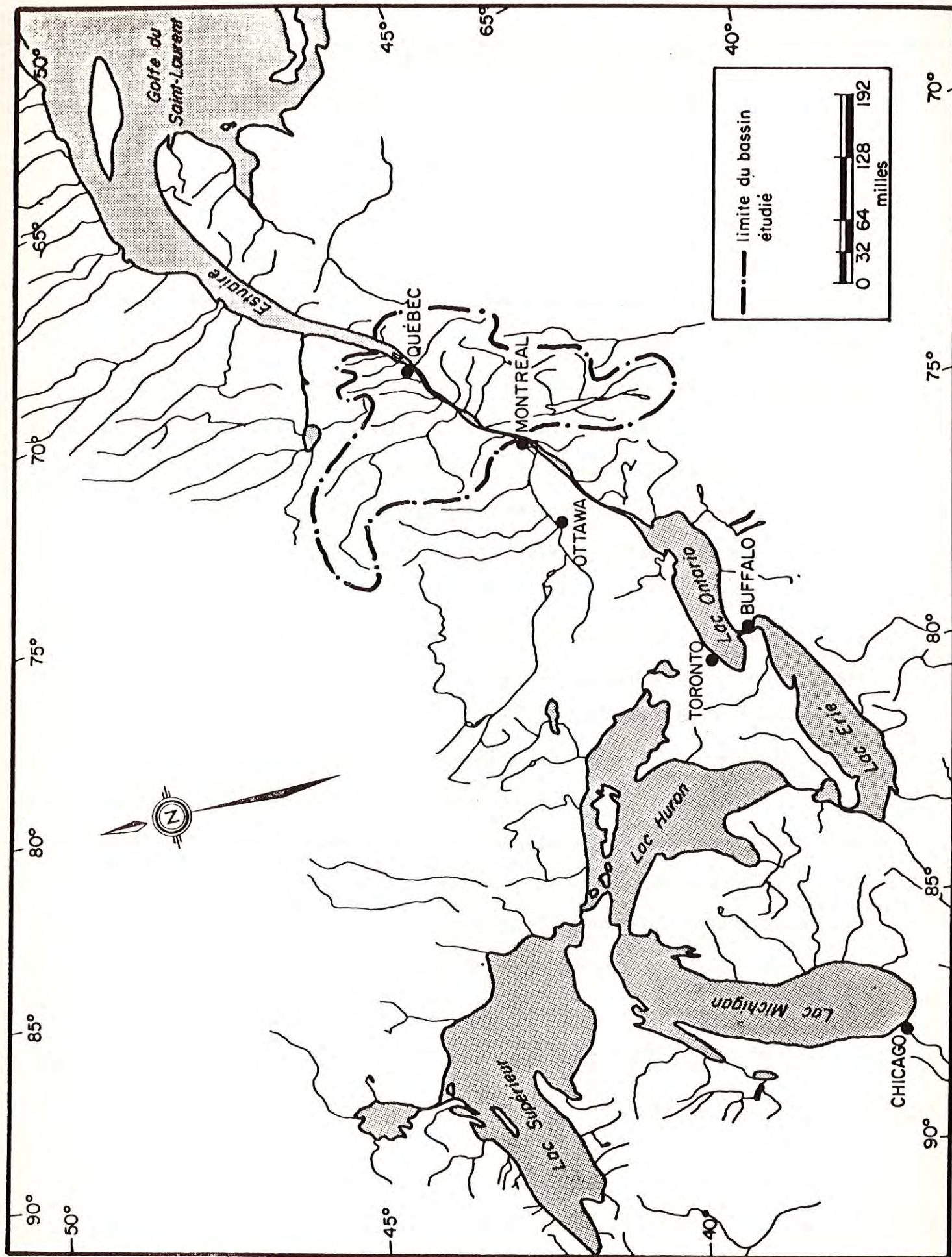


Fig. - RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE DU ST-LAURENT ET LIMITES DU SECTEUR D'ÉTUDE.

printemps sont celles dont le volume et le débit de pointe sont les plus importants, du moins pour les moyens et grands bassins. Les étiages du mois de février sont généralement plus sévères que ceux de l'été, mais ces derniers sont économiquement plus critiques que les premiers étant donné qu'ils coïncident avec la pointe de la demande en eau.

Les chapitres qui suivent présentent les principales caractéristiques de ces deux types d'évènements extrêmes et les méthodes utilisées pour les déterminer. Cependant, avant que ces cas particuliers ne soient abordés, il est utile de décrire succinctement la physiographie du territoire et les grandes caractéristiques hydroclimatologiques qui y sont observées.

II - DESCRIPTION DU BASSIN MOYEN

A) PHYSIOGRAPHIE

A l'extrémité amont du tronçon, le bassin du Saint-Laurent a une superficie de $924\ 000\text{ km}^2$ ($357\ 100\text{ mi}^2$). Les versants nord et sud du bassin moyen couvrent respectivement $65\ 650\text{ km}^2$ ($25\ 356\text{ mi}^2$) et $57\ 350\text{ km}^2$ ($22\ 143\text{ mi}^2$). Cette superficie additionnelle de $123\ 000\text{ km}^2$ ($47\ 500\text{ mi}^2$) porte le bassin total du Saint-Laurent à l'extrémité aval à $1\ 047\ 000\text{ km}^2$ ($404\ 600\text{ mi}^2$). Trois affluents ont un bassin supérieur à $10\ 000\text{ km}^2$ et 10 autres drainent plus de $1\ 000$

km² (fig. 2).

Ce territoire est très étiré en latitude (de 43°20' à 49°10' de latitude nord) puisqu'il comprend du nord au sud une partie du massif laurentien et du bouclier précambrien, la plaine des Basses Terres du Saint-Laurent et une partie des contreforts des Appalaches. Une étude détaillée (Llamas et al., 1974) des caractéristiques physiographiques quantifiables mesurées pour 52 sous-bassins jaugés et 18 bassins complets montre que ce territoire varié peut être découpé en six zones homogènes correspondant à diverses morphologies de bassins et de cours d'eau, de la jeunesse à la maturité. Globalement, le versant nord est boisé à 80 pour cent, tandis que le versant sud l'est à 50 pour cent environ. Sur le versant nord la pente du terrain varie de très élevée (19%) à très faible (4%). Sur le versant sud, l'écart est moins prononcé. La pente des cours d'eau varie de forte (8%) à moyenne (2%) sur le versant nord, et de moyenne (2%) à faible (0.2%) sur le versant sud.

B) CLIMATOLOGIE

Selon la classification de Kaigorodov, le climat du bassin se range dans le type continental modéré à été tempéré. La circulation générale des systèmes météorologiques s'établit suivant l'axe du Saint-Laurent, soit suivant la di-

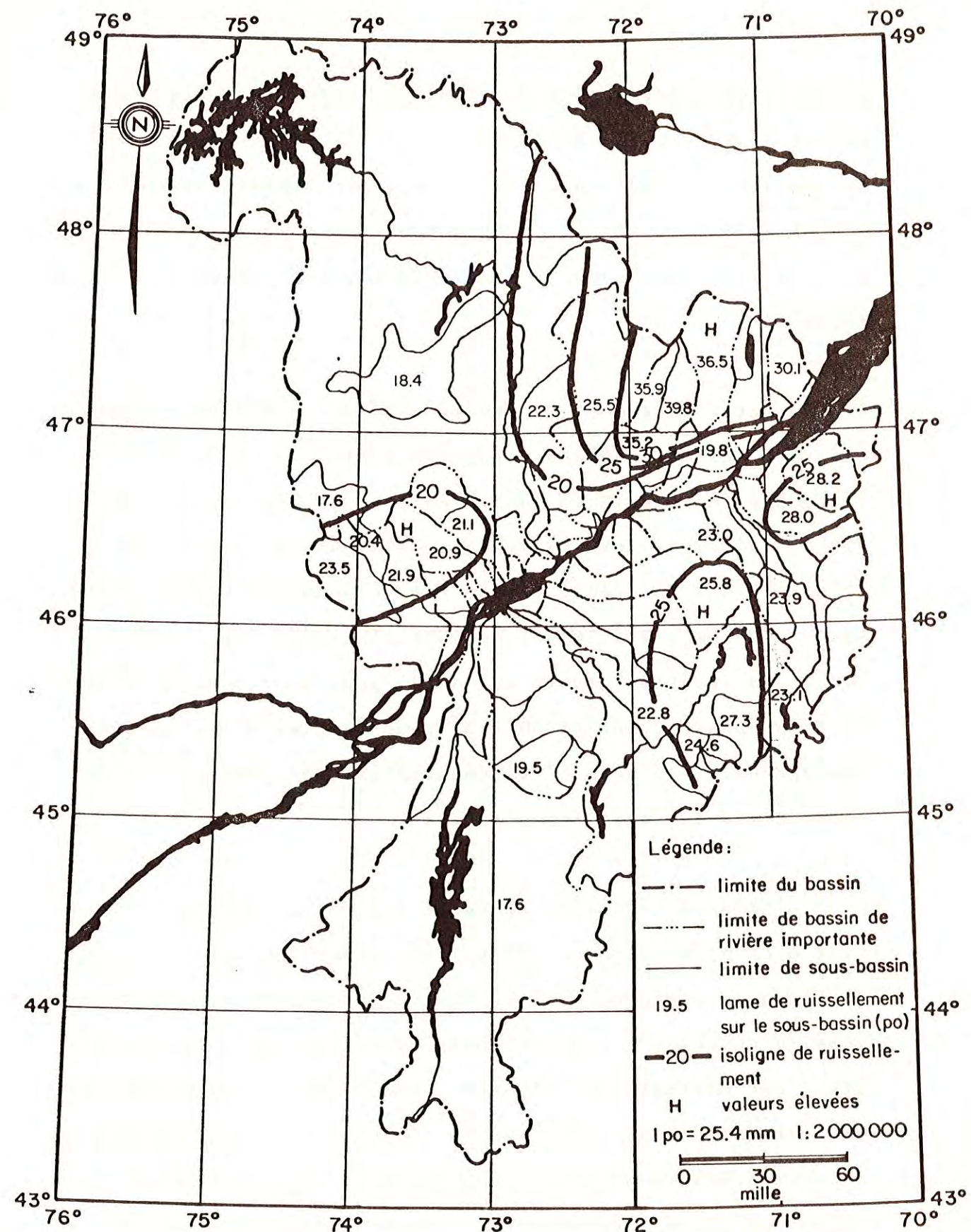


Fig. 2- LAME DE RUISSELLEMENT MOYENNE INTERANNUELLE.

rection sud-ouest/nord-est. Les masses d'air tropical maritime venant du golfe du Mexique et d'air continental arctique venant du nord canadien s'installent respectivement en été et en hiver, et alternent durant les saisons de transition, créant ainsi une grande variabilité (Llamas et al., 1974).

Entre le sud et l'extrême nord de la région, la température maximale moyenne annuelle diminue de 12°C à 5°C , la température minimale quotidienne de janvier de -4°C à -10°C , la température maximale quotidienne de juillet de 27°C à 20°C . La précipitation totale annuelle varie de 810 mm à 1 420 mm (32 à 56 po) suivant l'altitude et l'exposition. La fraction nivale est de 25 pour cent dans la vallée du Saint-Laurent, et de 30 à 35 pour cent dans les massifs montagneux. Les mois d'été connaissent les précipitations convectives les plus importantes.

La chute de neige annuelle moyenne s'échelonne entre 1.52 m et 5.10 m (60 et 200 po) selon les secteurs. La progression du manteau nival et de son équivalent en eau varie aussi d'un point à l'autre, mais dans l'ensemble le manteau nival est maximal à la mi-mars, tandis que l'équivalent en eau est extrême au début avril. En outre, la variabilité des températures maximales quotidiennes de printemps et les chutes de pluie survenant fréquemment à cette époque ren-

dent les phénomènes de fonte plus ou moins complexes et fort différents d'une année à l'autre.

C) RÉGIME HYDROLOGIQUE DES AFFLUENTS

L'étude du régime hydrologique annuel des affluents a été effectuée à partir des débits naturels moyens mensuels à 32 stations de jaugeage réparties sur les deux versants du bassin. La période de base a porté sur 35 années (1937-71). Les débits manquants ont été estimés par régression multiple à l'aide du modèle HEC-4 (Beard, 1972) modifié afin de sélectionner les variables selon la méthode "Stepwise Regression".

La hauteur de la lame de ruissellement moyenne interannuelle (fig. 2) a une distribution semblable à celle des précipitations. Les centres de ruissellement élevé correspondent aux zones montagneuses avec des maxima de 635 à 1 016 mm (25 à 40 po). Les zones de faibles précipitations de la plaine du Saint-Laurent ne sont malheureusement pas reflétées par la carte de ruissellement, faute de données suffisantes sur les réserves aquifères qui pondèrent les variations de l'écoulement. Les modules spécifiques interannuels s'échelonnent de 14.2 l/s km^2 ($1.3 \text{ pi}^3/\text{s mi}^2$) à 30.6 l/s km^2 ($2.8 \text{ pi}^3/\text{s mi}^2$) pour les bassins jaugés. Pour les grands bassins de la rive sud, les débits ne sont connus qu'en quelques points et il est possible que des débits spé-

cifiques plus faibles que ceux indiqués soient atteints localement.

La lame d'eau ruisselée en moyenne se répartit d'une façon saisonnière très marquée et assez uniformément sur tout le territoire. Ainsi 40 à 55 pour cent du ruissellement total annuel a lieu au printemps, durant la fonte de la neige. Celle-ci se produit en avril et mai au sud-est, de mars à mai au sud-ouest, en avril et mai également au nord-ouest et d'avril à juin dans les montagnes du parc des Laurentides. La productivité hydrologique des mois d'été et d'automne est faible; elle est respectivement de cinq à sept pour cent et de sept à huit pour cent par mois. Cependant, on remarque que les zones montagneuses restent plus humides que la plaine du Saint-Laurent. Pendant l'hiver, par contre, l'écoulement présente une uniformité caractéristique sur tout le bassin. Les mois de décembre, janvier et février représentent respectivement six, quatre et trois pour cent sur la plupart des bassins. L'étiage de février, avec deux pour cent seulement de l'écoulement annuel pour certains bassins, est assez sévère.

D) RÉGIME HYDROLOGIQUE DU FLEUVE

La dernière station hydrométrique enregistrant le débit du fleuve lui-même avant l'océan est située à Montréal,

à la tête des rapides de Lachine. Ce débit mesuré comprend une partie du débit de l'Outaouais, l'autre partie étant dérivée ou acheminée à l'aval de ce point de mesure par les rivières des Prairies et des Mille-Iles. Le débit à l'aval du confluent, qui est le débit d'entrée du tronçon étudié ici, est obtenu à l'échelle mensuelle par sommation des débits des trois branches. Le module interannuel (1950-71, 22 années) est $9\,180\text{ m}^3/\text{s}$ ($324\,000\text{ pi}^3/\text{s}$), et les écarts des débits mensuels moyens par rapport à ce module se rangent entre -8 pour cent et +24 pour cent, fourchette relativement étroite qui témoigne de la régularité du fleuve à la sortie du système des Grands Lacs (fig. 3).

L'addition, sur une base mensuelle, des débits des affluents des versants nord et sud permet de reconstituer l'hydrogramme moyen mensuel à l'extrémité aval du tronçon (fig. 3). Le module interannuel est $11\,300\text{ m}^3/\text{s}$ ($399\,000\text{ pi}^3/\text{s}$) et les écarts mensuels varient en moyenne de -14 pour cent en février à +44 pour cent en avril. Cette plus grande variabilité du débit provient de celle des affluents et de la forte productivité hydrologique du bassin moyen. En effet, alors que la superficie du bassin versant représente 12 pour cent de la superficie totale drainée, ce bassin contribue au minimum pour 13 pour cent au débit de février et au maximum pour 30 pour cent pendant la crue nivale en avril et mai.

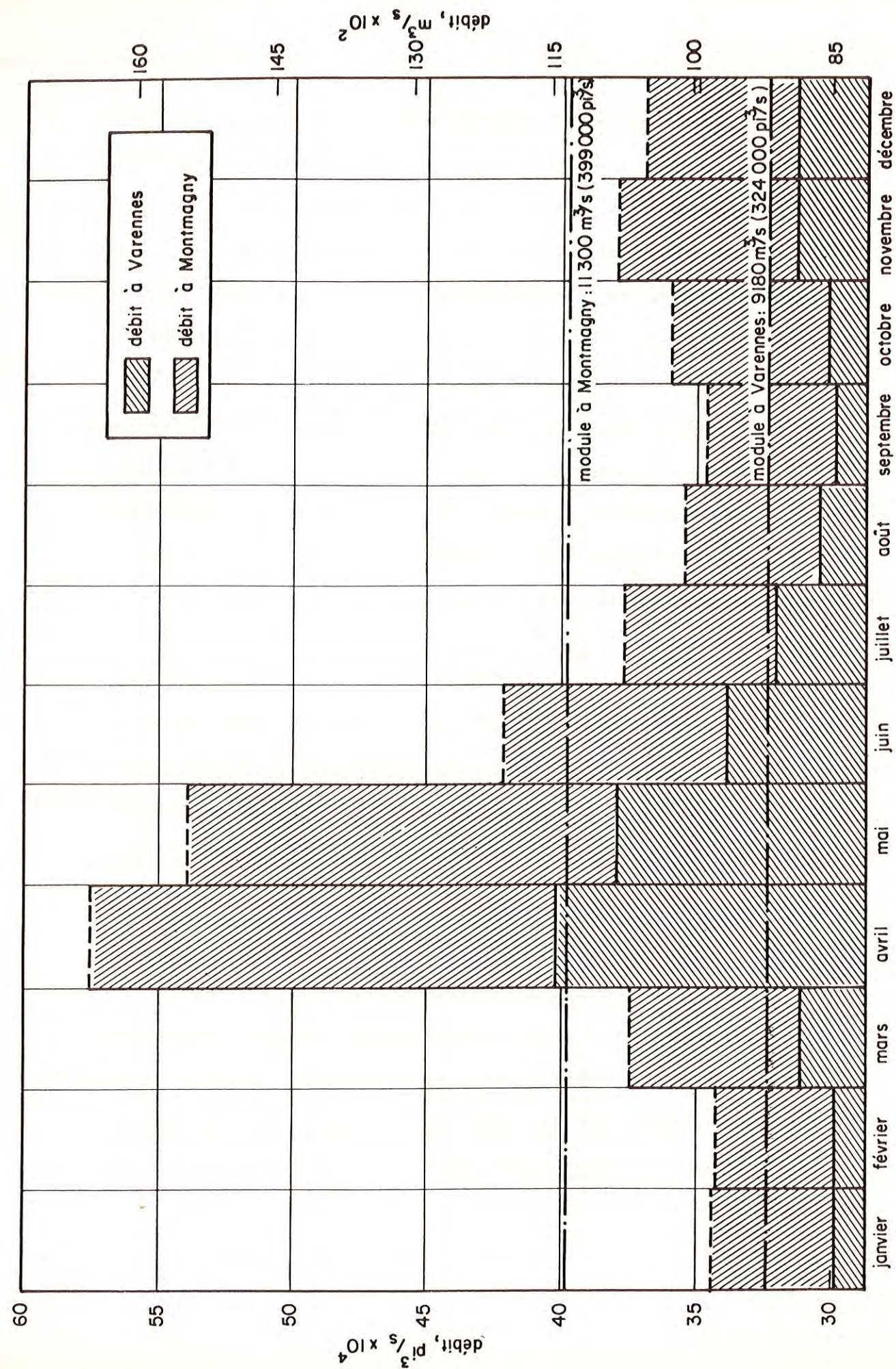


Fig. 3 - HYDROGRAMMES MENSUELS MOYENS DU ST-LAURENT À L'AVAL DE MONTRÉAL (VARENNES) ET À L'AVAL DE QUÉBEC (MONTMAGNY).

E) DÉBITS DE CRUE NIVALE

Une bonne connaissance des débits extrêmes des rivières jaugées dans le bassin est déjà acquise grâce à de nombreux travaux (Villeneuve et al., 1971). L'évaluation des débits caractéristiques accompagnés de leur intervalle de confiance est présentée ici d'une façon très homogène, tant par la période de base commune que par la technique d'analyse, afin d'évaluer, dans une seconde phase, les apports dans le Saint-Laurent. Les stations de jaugeage ont en effet été installées pour répondre, autrefois et encore à l'heure actuelle, à des besoins à l'intérieur des bassins des tributaires. Les débits aux embouchures doivent alors être obtenus par extrapolation. Il faut signaler que bon nombre de ces stations, et des plus anciennes, fournissent des débits influencés par l'opération de barrages. Cette information n'est pas utilisable pour une analyse de fréquences des débits journaliers réels, mais on doit en tenir compte pour établir le bilan des apports dans le fleuve. En plus de quantifier les débits de crue, on peut tenter de définir, à une échelle plus fine que le mois, la chronologie des crues.

III - ANALYSE DE FRÉQUENCE

La période de base pour l'analyse de fréquence du débit moyen journalier maximum annuel s'étend sur 35 années (1937-71). Lorsqu'une station présente certaines disconti-

nuités avec quelques maxima journaliers annuels manquants, ceux-ci sont estimés par régression simple avec la station voisine la plus fortement corrélée si les critères de la théorie de l'information sont remplis (Fiering, 1962). Pour un échantillon de débit journalier maximum annuel rattaché à une station, on calcule les estimateurs m de la moyenne, s de l'écart-type et C_S du coefficient d'asymétrie. Le débit Q_T de récurrence T est estimé par l'équation générale:

$$Q_T = m + K_T s \quad [1]$$

où K_T est le facteur de fréquence associé au type de loi retenu pour l'approximation de la fonction de distribution empirique. Pour tous les échantillons étudiés, la loi Pearson III a été adoptée. L'utilisation de cette loi n'est théoriquement pas justifiée par rapport à l'emploi d'une autre également non symétrique. Cependant, une technique développée récemment (Bobée, 1973) pour déterminer l'intervalle de confiance associé à l'ajustement Pearson III crée un intérêt particulier pour cette loi. D'autre part, dans la zone centrale des récurrences entre $T = 2$ et $T = 100$, la courbe de fréquence Pearson III s'ajuste relativement bien aux points expérimentaux comparativement à la droite de Gumbel par exemple (fig. 4).

Le facteur K_T relié à la probabilité de non dépass-

sement P_T et dépendant du coefficient d'asymétrie C_S , a été tabulé par Harter (1969), mais le calcul peut toujours être fait sur ordinateur par intégration numérique de la fonction de densité des probabilités.

L'intervalle de confiance au niveau α du débit de récurrence T est estimé selon la méthode exposée par Bobée (1973):

$$\text{I.C.}_{T, \alpha} = t \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right) \tau_T \frac{s}{\sqrt{N}} \quad [2]$$

avec

$$\tau_T = \left\{ 1 + \frac{K_T^2}{2} \left(1 + \frac{3}{4} C_S^2 \right) + K_T C_S + 6 \left(1 + \frac{C_S^2}{4} \right) \left(\frac{\partial K_T}{\partial C_S} \right)_0 \left[\left(\frac{\partial K_T}{\partial C_S} \right)_0 \left(1 + \frac{5C_S^2}{4} \right) + \frac{K_T}{2} C_S \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad [3]$$

où $t \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right)$ = variate normale centrée réduite pour le niveau α

s = estimateur de l'écart-type

N = taille de l'échantillon

K_T = facteur de fréquence

C_S = estimateur du coefficient d'asymétrie

$\left(\frac{\partial K_T}{\partial C_S} \right)_0$ = pente de la courbe $K_T = f(C_S)$ calculée d'après les estimateurs m, s, C_S .

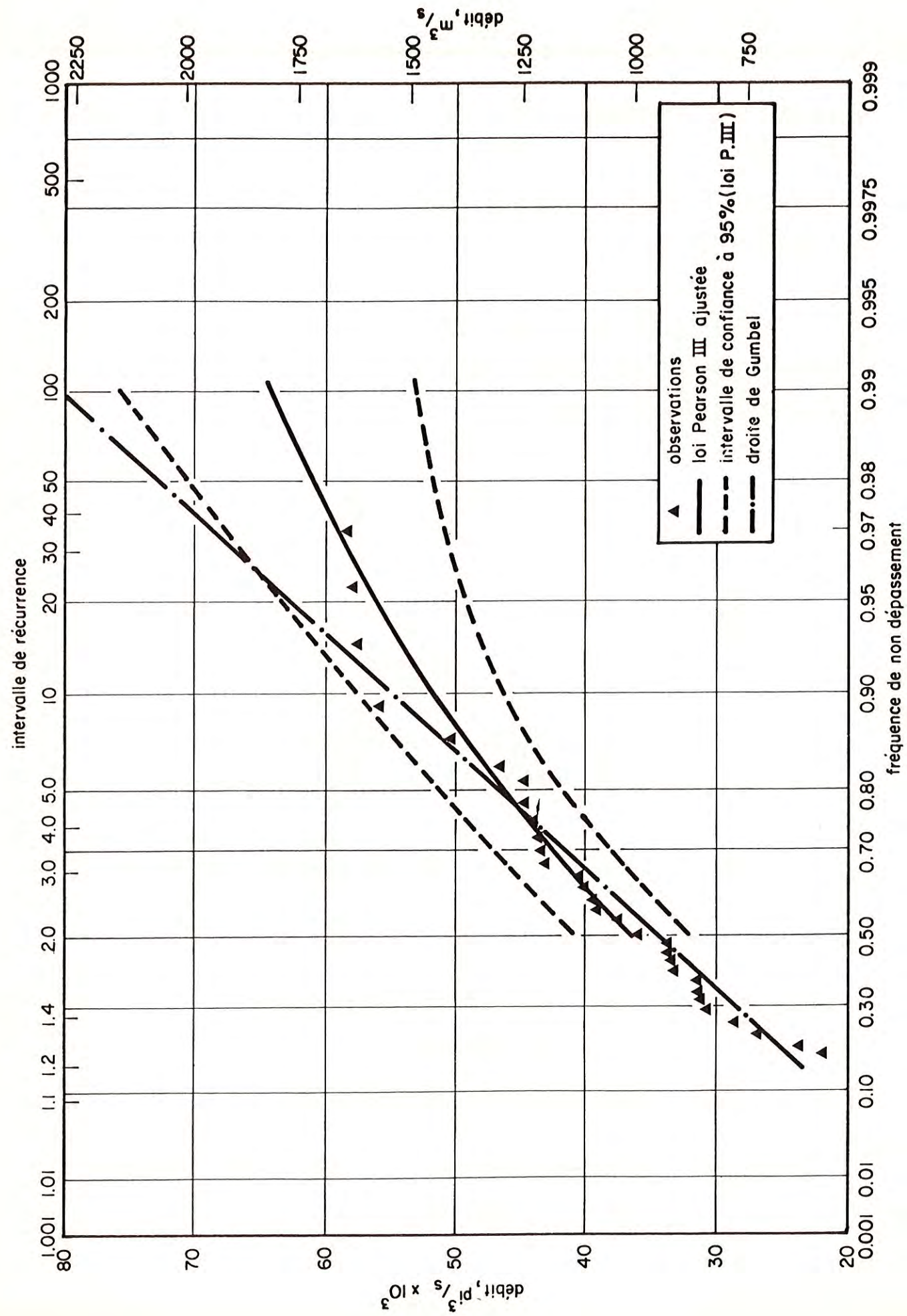


Fig. 4 — EXEMPLE DE COURBE DE FRÉQUENCE AVEC SON INTERVALLE DE CONFIANCE : LA CHAUDIÈRE
 A SAINT-LAMBERT (1937-71).

L'application de ces calculs est illustrée en figure 5. Le tableau I récapitule les trois paramètres statistiques du débit journalier maximum annuel de crue de fonte de neige nécessaires au calcul de la courbe de fréquence à toutes les stations documentées du bassin. La figure 5 illustre la distribution géographique du débit spécifique journalier maximum moyen interannuel. Sa variabilité spatiale est semblable à celle du ruissellement total annuel puisque l'eau de fonte en est la principale composante.

Afin de connaître les débits de crue pour différentes récurrences en d'autres points non jaugés du bassin et, en particulier, aux embouchures des affluents dans le Saint-Laurent, il est nécessaire d'estimer m et s en ces points. La méthode de régionalisation exposée par Cruff et Rantz (1965), appliquée ici dans ce but, conduit à une relation entre les valeurs de ces paramètres et les caractéristiques du bassin. La superficie A de ce dernier explique naturellement la plus grande partie de la variance. Le coefficient de corrélation entre m ou s et A est presque toujours, pour une région homogène, supérieur à 0.9. Cette corrélation est mise en évidence en figures 6 et 7 sur lesquelles on distingue, de plus, trois grandes zones qui sont, dans l'ordre de productivité décroissante, le massif des Laurentides à l'est du versant nord, le versant sud et le secteur ouest du versant nord. Le coefficient d'asymé-

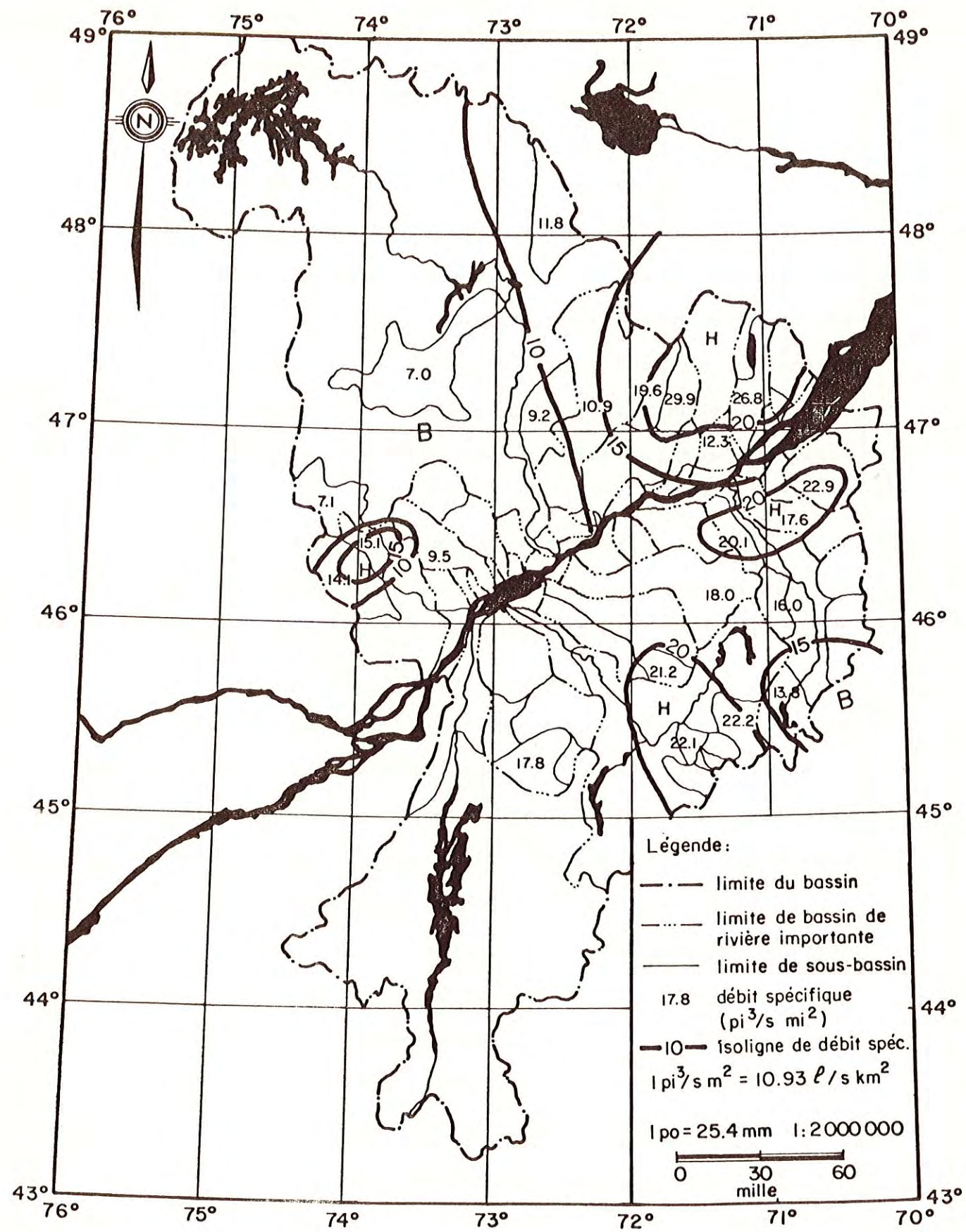


Fig. 5 - DÉBIT SPÉCIFIQUE JOURNALIER MAXIMUM ANNUEL MOYEN DE CRUE NIVALE.

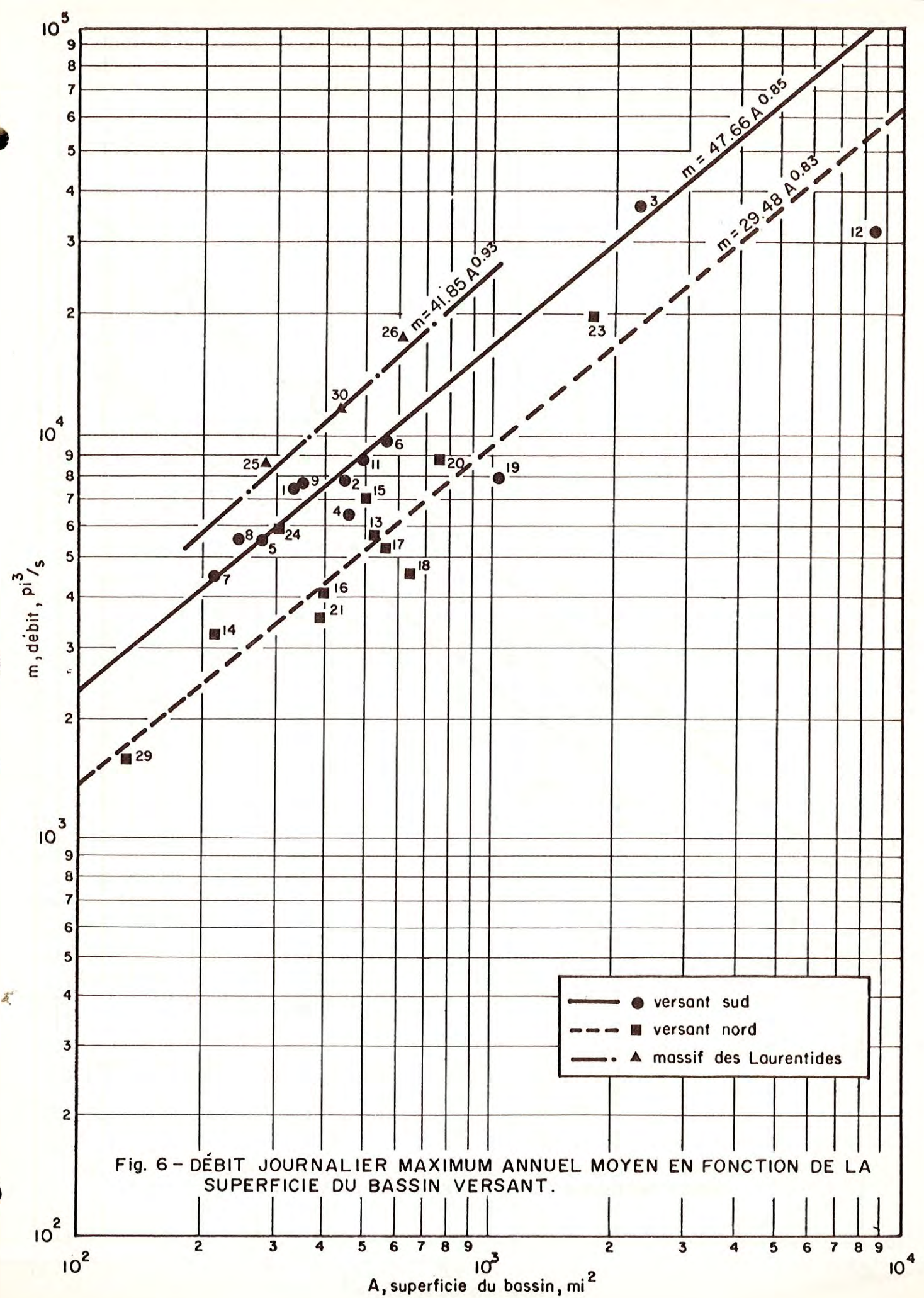


Fig. 6 - DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM ANNUEL MOYEN EN FONCTION DE LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT.

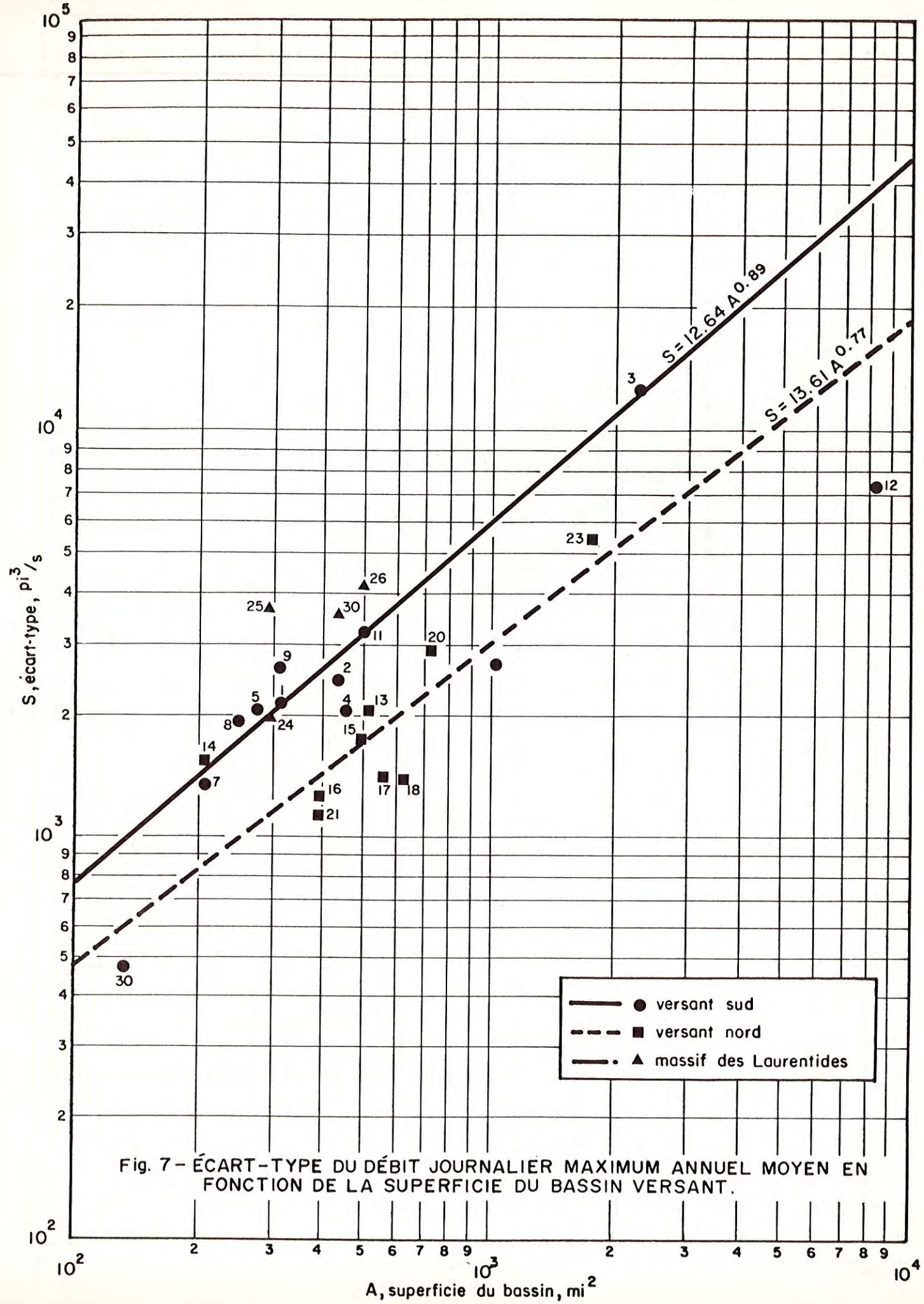


TABLEAU I - PARAMÈTRES STATISTIQUES DU DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM

ANNUEL DE CRUE NIVALE

N° ÉTUDE	RIVIÈRE	N° STATION	NOMBRE ANNÉES	BASSIN VERSANT (mi ²)	MOYENNE (pi ³ /s)	ÉCART TYPE	COEFFICIENT ASYMÉTRIE	MOYENNE SPÉCIFIQUE (pi ³ /s mi ²)
1	du Sud	02 3106	35*	319	7320	2120	-0.68	22.9
2	Etchemin	02 3301	35	438	7730	2430	-0.14	17.6
3	Chaudière	02 3402	35	2250	36060	12490	-0.10	16.0
4	Chaudière	02 3403	35	453	6240	2060	0.33	13.8
5	Beaurivage	02 3401	35	273	5480	2090	0.39	20.1
6	Bécancour	02 4001	35/3 ^c	545	9790	4630	0.44	18.0
7	Nicolet	03 0101	35	210	4460	1330	-0.38	21.2
8	Eaton	03 0234	35	248	5480	1930	0.28	22.1
9	Au Saumon	03 0219	35/2 ^c	324	7200	2550	-0.12	22.2
10	St-François ⁱ	03 0203	35	3710	44400	11150	-0.20	- ns
11	Yamaska	03 0302	24	491	8720	3190	0.87	17.8
12	Richelieu ⁱⁱ	03 0401	35	8510	32600	7230	-0.79	-

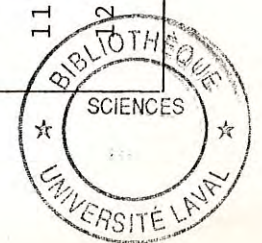


TABLEAU I - PARAMÈTRES STATISTIQUES DU DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM
ANNUEL DE CRUE NIVALE (suite)

N° ÉTUDE	RIVIÈRE	N° STATION	NOMBRE ANNÉES	BASSIN VERSANT (mi ²)	MOYENNE (pi ³ /s)	ÉCART TYPE	COEFFICIENT ASYMÉTRIE	MOYENNE SPÉCIFIQUE (pi ³ /s mi ²)
13	L'Assomption	05 2219	35	516	5650	2090	0.96	10.9
14	L'Assomption	05 2201	35	211	3270	1540	1.03	15.5
15	Ouareau	05 2212	35	492	6950	1780	0.15	14.1
16	Maskinongé	05 2601	35	397	4180	1240	0.08	10.5
17	du Loup	05 2802	35	551	5230	1410	0.21	9.5
18	Mattawin	05 0119	35	637	4550	1390	1.48	7.1
19	Vermillon	05 0116	35	1030	7220	2680	0.90	7.0
20	Croche	05 0117	35	713	8390	2900	1.59	11.8
21	Mékinac	05 0118	35/1 ^c	385	3540	1120	0.42	9.2
22	St-Maurice ⁱ	05 0115	35	16300	81470	30000	1.23	-
23	Batiscan	05 0301	35	1770	19260	5470	0.56	10.9
24	Ste-Anne B.N.	05 0403	22	295	5790	1990	0.62	19.6

TABLEAU I - PARAMÈTRES STATISTIQUES DU DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM
ANNUEL DE CRUE NIVALE (suite)

N° ÉTUDE	RIVIÈRE	N° STATION	NOMBRE ANNÉES	BASSIN VERSANT (mi ²)	MOYENNE (pi ³ /s)	ÉCART TYPE	COEFFICIENT ASYMÉTRIE	MOYENNE SPÉCIFIQUE (pi ³ /s mi ²)
25	Ste-Anne	05 0423	20	283	8470	3650	1.02	29.9
26	Ste-Anne	05 0408	6	599	17170	4050	- #	28.6
27	Ste-Anne ⁱ	05 0401	35	695	14940	4820	1.22	-
28	J. Cartier ⁱ	05 0801	22	775	17350	3960	1.12	-
29	St-Charles	05 0903	19	130	1600	490	0.30	12.3
30	Montmorency	05 1001	21**	425	11400	3500	0.62	26.8
31	Ste-Anne du N ⁱ	05 1201	33	376	8060	3480	1.26	-

* - nombre d'années sur la période de base 1937-1971
 ** - période de 1924-39 et 1965-71 exceptionnellement
 # - nombre d'années trop faible pour estimer le coefficient d'asymétrie
 ns - débit spécifique non significatif en raison du régime influencé
 c - nombre d'années complété par corrélation
 i - débit influencé mensuellement par l'opération de barrage
 ii - débit influencé mensuellement par le lac Champlain

trie par contre ne révèle aucune liaison avec la superficie ni aucune homogénéité régionale (fig. 8).

A l'aide des équations régionales, les paramètres m et s sont estimés aux embouchures des cours d'eau. Les valeurs de m , apports maxima moyens, sont visualisées en figure 9. Il est important de rappeler qu'elles ne sont pas simultanées. Les autres débits caractéristiques pour $T = 2, 5, 10, \dots, 100$ ans peuvent être estimés par l'équation [1] dans laquelle K_T correspond à une valeur moyenne régionale de C_S .

Une analyse identique appliquée aux débits maxima moyens de plusieurs jours consécutifs (3, 7, 15, 30, 60, 90 jours) permet de connaître la fréquence du volume de crue et d'établir avec plus de précision les conséquences de la crue. En effet, un débit moindre que le maximum pour un jour, mais qui s'écoule pendant quinze (15) jours consécutifs, peut être plus dommageable que le maximum. Cela revient à définir en termes de probabilité un hydrogramme-type de crue.

La distribution géographique des volumes est identique à celle des maxima et la régionalisation des paramètres permet d'extrapoler les apports en volume dans le Saint-Laurent. Ceux-ci sont en particulier très utiles pour estimer les apports de sédiments en provenance des bassins.

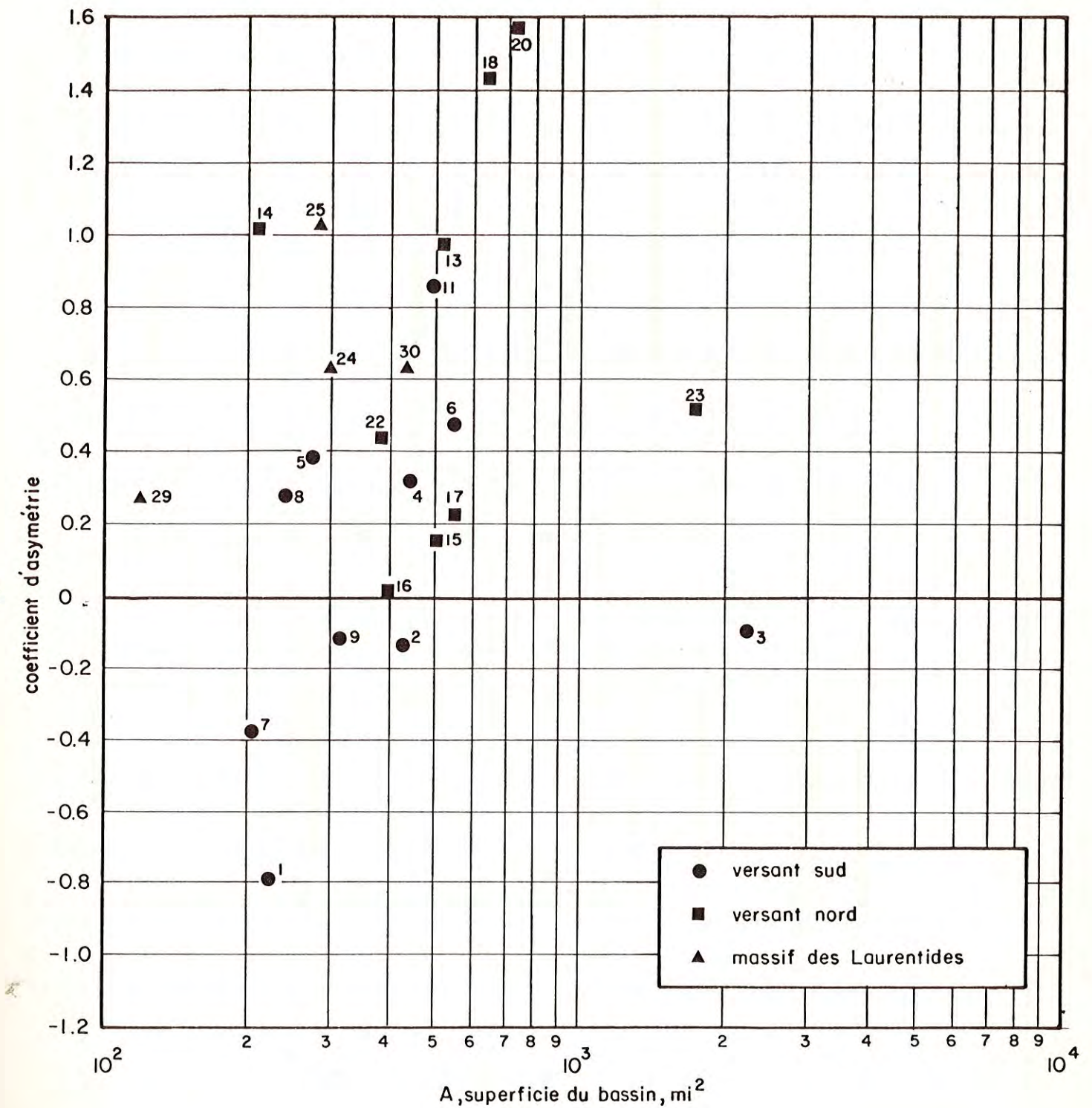


Fig. 8 - COEFFICIENT D'ASYMÉTRIE DU DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM ANNUEL MOYEN EN FONCTION DE LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT.

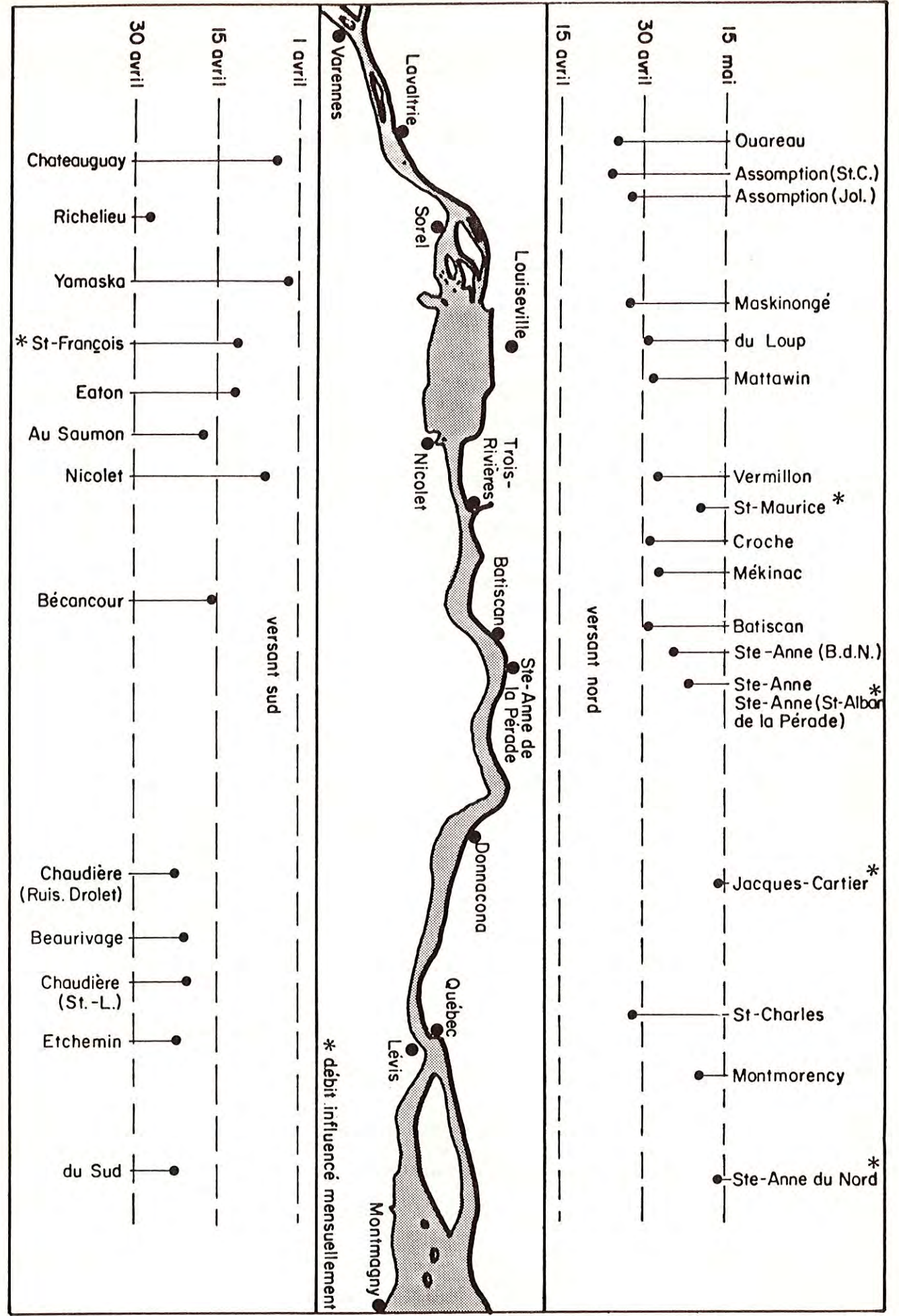


Fig. 10- DATE LA PLUS FRÉQUENTE EN 35 ANS (1937-71) DE LA POINTE DE CRUE NIVALE.

rapport au nord;

- alors que le débit de pointe a lieu sensiblement à la même date sur tout le versant nord, le versant sud montre plus d'hétérogénéité; trois sous-régions peuvent être considérées:

- . groupe sud-est: date moyenne le 22 avril;
- . groupe sud-centre: date moyenne le 11 avril;
- . rivière Richelieu: date moyenne le 29 avril.

Ces résultats sont en accord avec les caractéristiques physiques et climatologiques de la région. L'effet de la latitude, qui en fait représente l'ensoleillement, est mis en évidence par le décalage, non seulement entre les deux versants, mais aussi à l'intérieur de chacun d'eux, étant donné l'orientation sud-ouest/nord-est de l'axe du fleuve Saint-Laurent. L'effet orographique intervient de plus comme retardateur dans les régions élevées des Laurentides et des Appalaches. La date tardive de la crue de la rivière Richelieu, malgré la position méridionale de son bassin, s'explique tout d'abord par l'altitude élevée de la partie sud du bassin et, ensuite, par la capacité d'emmagasinement du lac Champlain dont le stockage est tel que le débit de la rivière Richelieu ne subit l'augmentation due à la fonte que 15 à 20 jours après les autres rivières de la région.

V - HYDROGRAMME-TYPE DE CRUE DU SAINT-LAURENT

Pour chaque rivière jaugée, on peut définir un hydrogramme moyen interannuel de crue de printemps à la station. Le débit de pointe moyen a été analysé en détail. Le débit moyen du $j^{\text{ième}}$ jour avant ou après la pointe est la moyenne des débits du $j^{\text{ième}}$ jour avant ou après la pointe des hydrogrammes annuels. L'hydrogramme moyen d'une rivière à son embouchure dans le Saint-Laurent est obtenu par transposition de celui calculé à la station la plus en aval majoré en proportion de la superficie additionnelle de bassin versant. Le déphasage des crues aux embouchures est considéré comme identique à celui noté aux stations indiquées en figure 10. La figure 11 présente la série des hydrogrammes moyens dans l'ordre où les affluents se jettent dans le Saint-Laurent le long du parcours. L'hydrogramme des apports cumulés à l'aval du tronçon présente une pointe atteignant $5\,950\text{ m}^3/\text{s}$ ($210\,000\text{ pi}^3/\text{s}$), approximativement le 8 mai et traduit l'influence prépondérante de la rivière Saint-Maurice.

La figure 12 représente l'évolution de l'hydrogramme moyen interannuel du Saint-Laurent pendant la crue de printemps après addition du débit des affluents avec le débit en provenance des Grands Lacs et de la rivière Outaouais. A l'aval du confluent de la région de Montréal, soit à Varennes, le maximum moyen journalier sur 22 ans est environ $12\,180\text{ m}^3/\text{s}$ ($430\,000\text{ pi}^3/\text{s}$) le 16 avril. Pour tenir compte

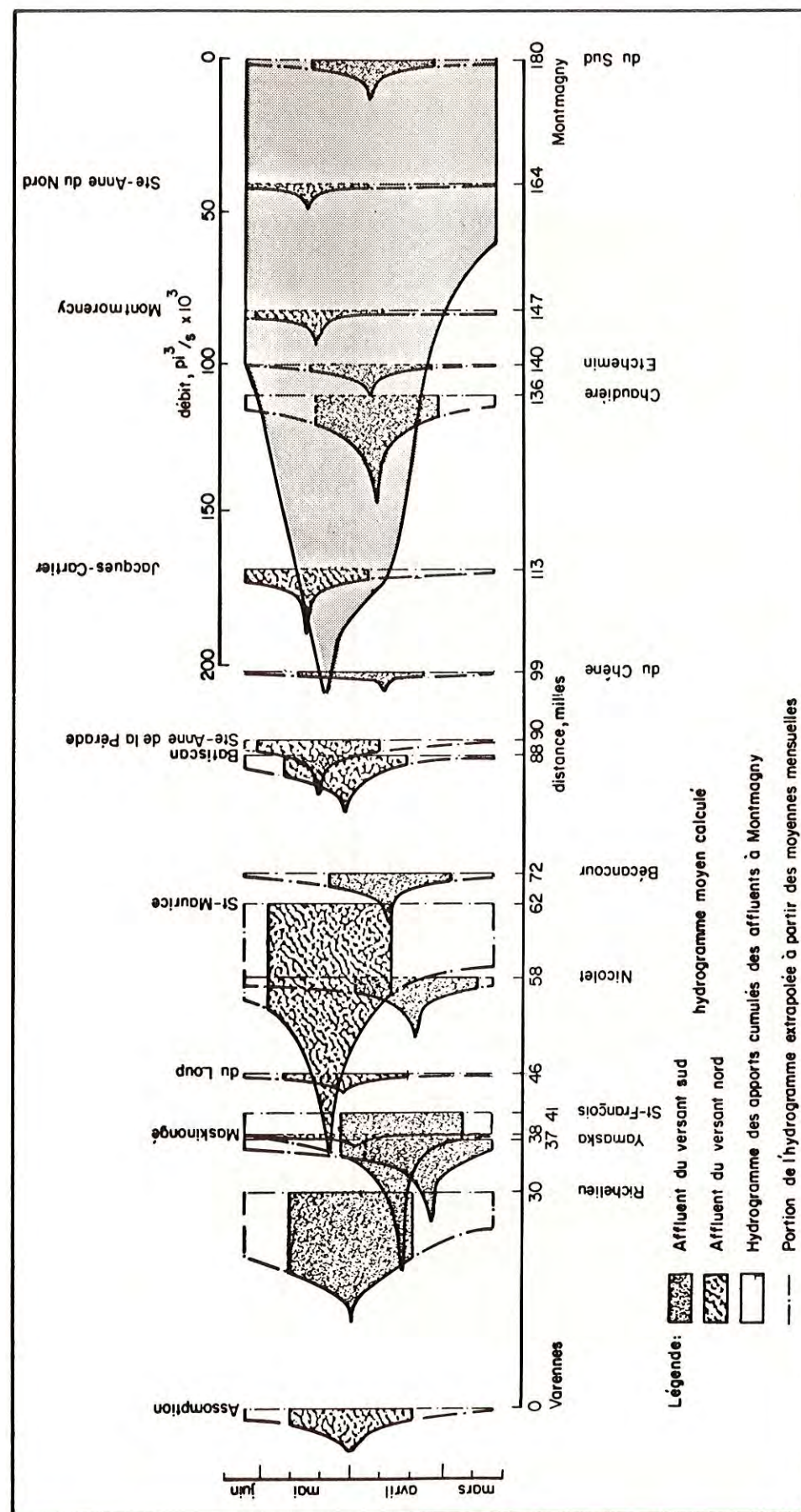


Fig. 11 - HYDROGRAMMES MOYENS DE CRUE NIVALE DES AFFLUENTS À LEUR EMBOUCHURE.

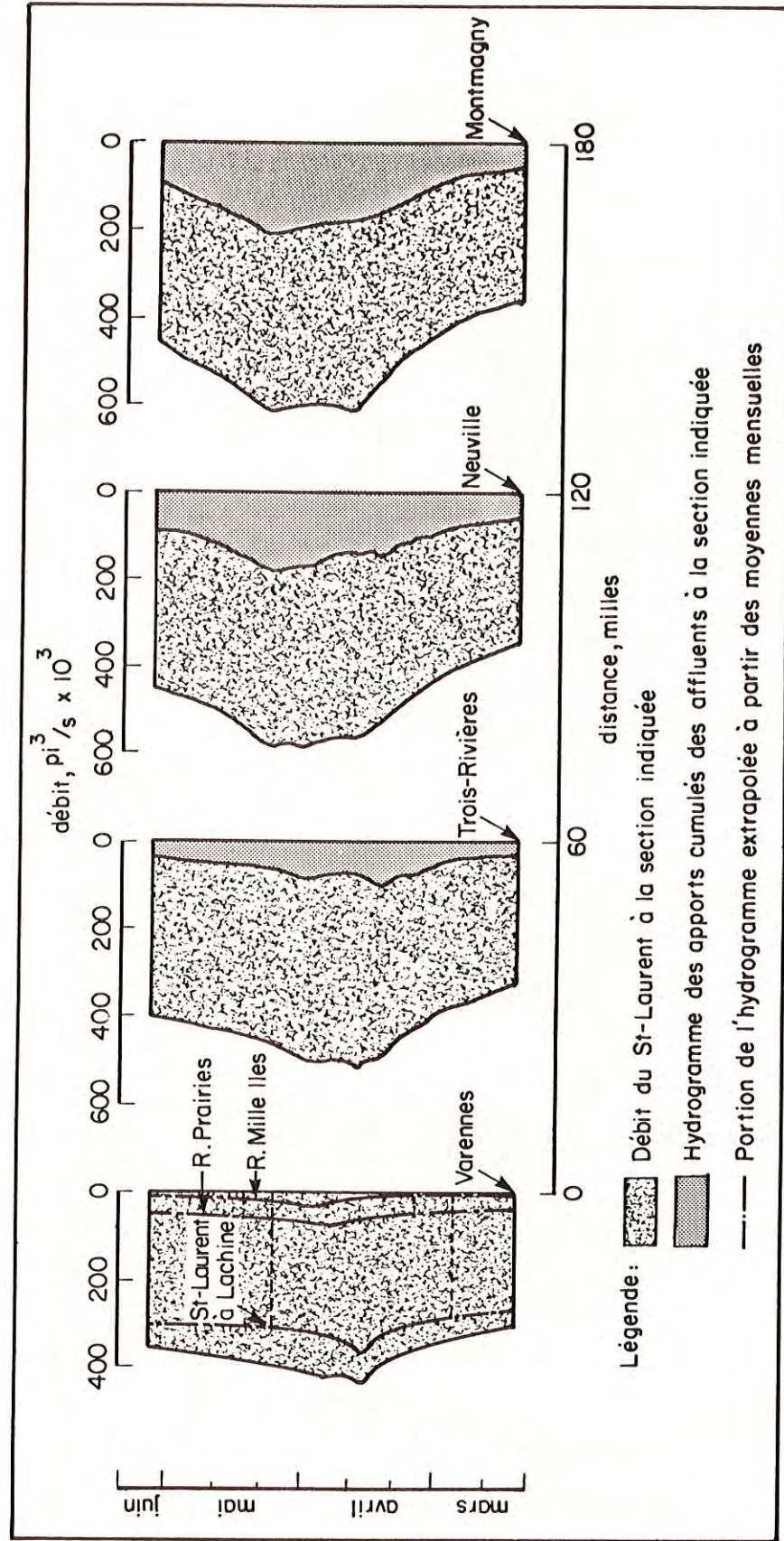


Fig. 12 - ÉVOLUTION DE L'HYDROGRAMME MOYEN DU ST-LAURENT ENTRE VARENNES ET MONTMAGNY.

du déphasage des crues des affluents, il faut évaluer le temps de parcours approximatif de l'eau se déplaçant en masse. Pour une vitesse moyenne de 1 m/s (3 pi/s) évaluée à l'aide de jaugeages et sections transversales, le temps de parcours total est de 3.5 jours pour 290 km (180 mi) entre Varennes et Montmagny. A l'extrémité aval du tronçon, l'hydrogramme moyen obtenu présente deux légères pointes à 17 560 m³/s (620 000 pi³/s) le 20 avril et le 9 mai. Le palier de 17 000 m³/s (600 000 pi³/s) et plus dure 21 jours. Ce débit n'est en fait que le débit fluvial ou d'eau douce; en effet, dans la dernière partie du tronçon se propage un débit instantané de marée de l'ordre de 55 000 m³/s (2 millions de pi³/s).

VI - DÉBITS D'ÉTIAGE D'ÉTÉ

Cette seconde série de débits extrêmes est moins bien connue que la première. Cette constatation reflète simplement le fait que les sécheresses rencontrées jusqu'à maintenant sur le territoire concerné n'ont encore eu que des conséquences économiques minimales par rapport aux dommages quasi annuels causés par les inondations. Cette tendance pourrait se renverser à brève échéance, d'une part parce que les efforts déployés pour combattre les inondations commencent à porter leurs fruits, et d'autre part parce que la demande à la consommation, croissant sans cesse, pourrait ainsi dépasser, avec des probabilités non négligeables, les disponibilités.

tés dans un avenir assez rapproché. La question des étiages n'est pas tant reliée, à l'impact des affluents sur le Saint-Laurent en été, qui est quantitativement faible, qu'aux problèmes de quantité et de qualité au niveau des bassins.

La date de la période de sécheresse la plus sévère de l'été n'est pas aussi concentrée sur une courte période que celle de la crue de fonte. La pluviosité est en effet très variable d'une année à l'autre. Ainsi, la période à l'intérieur de laquelle se produit l'étiage d'été s'étale entre le 1er juin et le 30 septembre pour le versant sud, et entre le 1er juillet et le 30 septembre pour le versant nord.

Les débits minima moyens de plusieurs jours consécutifs sur la période de base ont été calculés et soumis à une analyse de fréquence. La détermination des débits de récurrence entre 2 ans et 100 ans est assez satisfaisante par l'ajustement d'une loi log-Pearson. Cependant, ces résultats, surtout pour une récurrence de 100 ans et à plus forte raison au-delà, sont à prendre à titre d'indication, car les phénomènes d'étiage sont issus de la liaison très complexe précipitation-sol. Pour atténuer le risque d'erreur en ne considérant que le débit minimum d'un jour dans l'été, on utilise plutôt comme indice de sécheresse le débit minimum moyen de sept jours consécutifs. Les probabilités de non-dépassement sont alors plus significatives. Ce débit

caractéristique observé en moyenne sur 35 années est rapporté par unité de surface en figure 13. On suppose encore ici que, pour utiliser un débit spécifique, les propriétés du sol et la répartition de la pluie sont assez uniformes. Or, ces conditions sont souvent loin d'être remplies, mais les réseaux de mesures hydrométéorologiques ne permettent pas de travailler à une échelle plus petite.

Pour extrapoler le débit d'étiage de sept jours à un point non-jaugé du cours d'eau, il est possible de passer par la relation débit-superficie du bassin. Celle-ci n'est d'ailleurs pas linéaire, mais du type $q = KA^n$. En coordonnées logarithmiques on obtient ainsi les droites de la figure 14, définies pour les trois grandes zones homogènes. En figure 13, on remarque le manque d'information dans les Basses Terres du Saint-Laurent qui sont précisément les zones les plus critiques. On y relève, en effet, des valeurs moyennes de 1.8 l/s km^2 ($0.1 \text{ pi}^3/\text{s}$), alors que la région montagneuse et boisée des Laurentides fournit au-delà de 10 fois plus, soit 18 à 20 l/s km^2 comme minimum moyen durant sept jours consécutifs.

VII - CONCLUSION

Cette étude est une synthèse des conditions extrêmes de hautes eaux et d'étiage à l'échelle du bassin moyen du

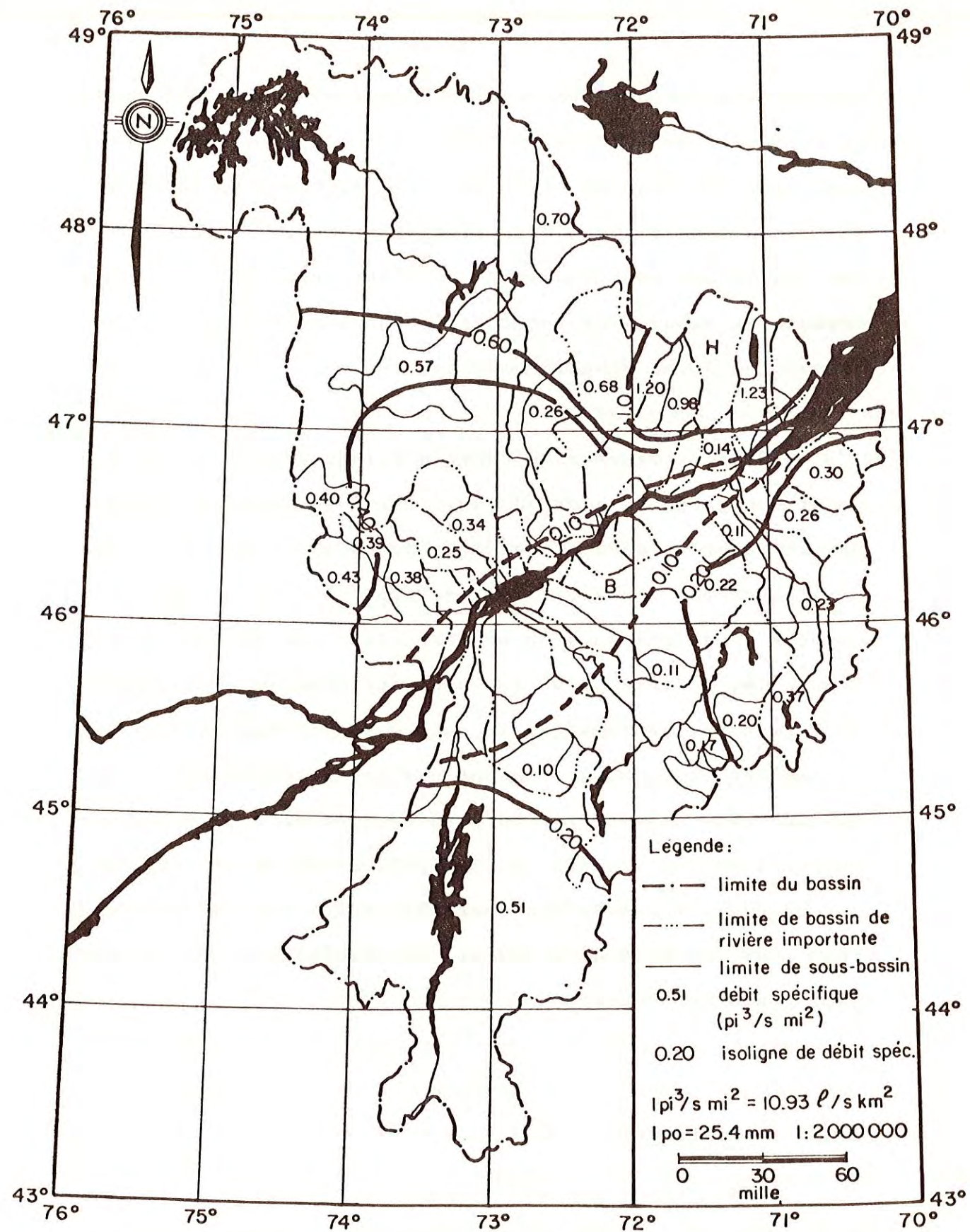


Fig. 13 - DÉBIT MINIMUM MOYEN DE 7 JOURS CONSÉCUTIFS EN ÉTÉ.

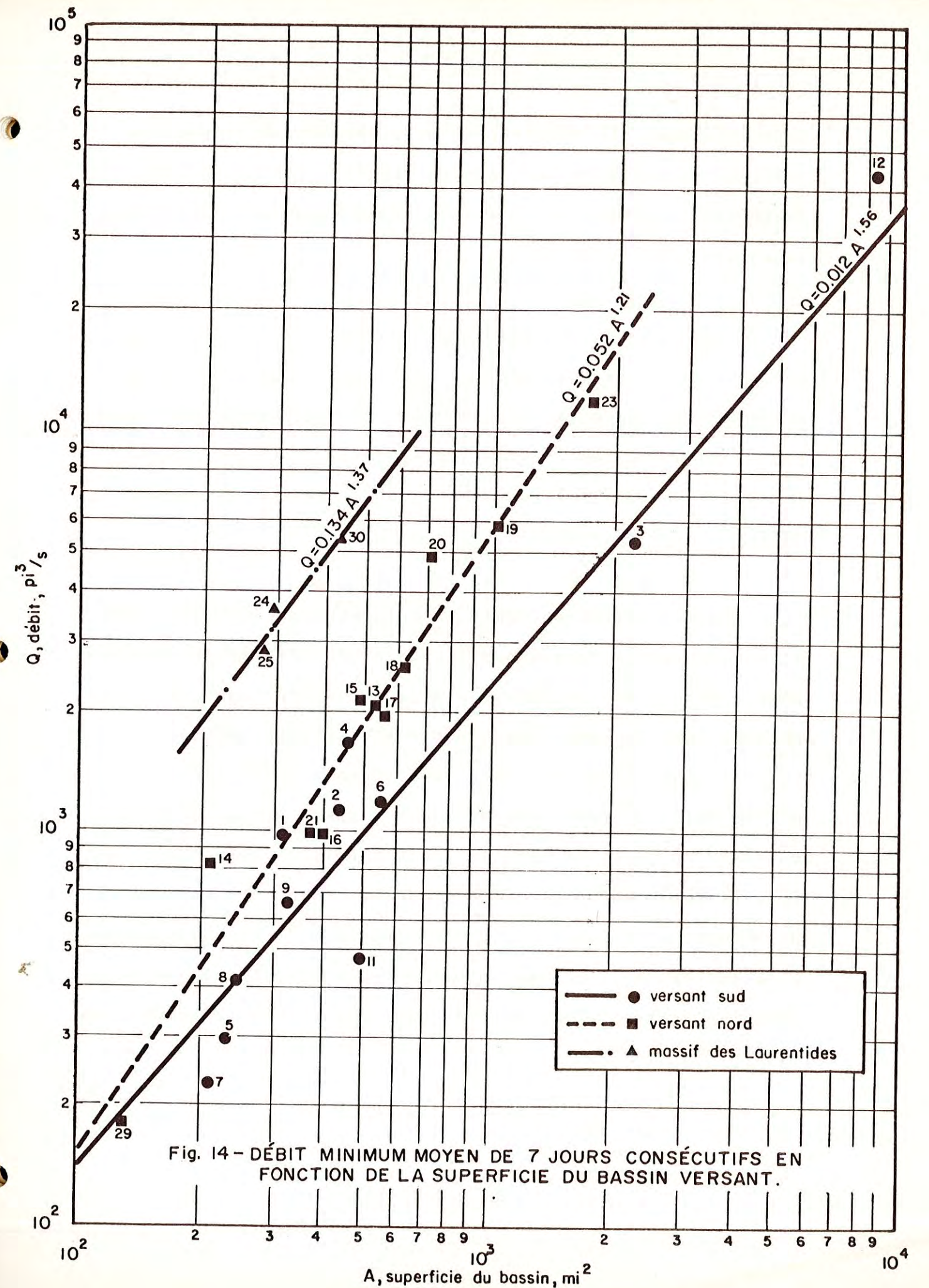


Fig. 14 - DÉBIT MINIMUM MOYEN DE 7 JOURS CONSÉCUTIFS EN FONCTION DE LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT.

Saint-Laurent. La variabilité de l'écoulement en période de fonte de neige et des faibles débits d'été s'explique relativement bien par la diversité physiographique: latitude, topographie, couverture du sol.

Dans toutes les sous-régions, la fonte de neige amène un excès d'eau qui est plus ou moins nuisible selon le degré de développement économique. En été, les Basses Terres du Saint-Laurent à vocation agricole, subissent des étiages assez sévères pour justifier à brève échéance des interventions de contrôle.

L'évaluation du débit du Saint-Laurent dans les conditions moyennes interannuelles de crue printanière est faite à l'aide d'une technique simple qui tient compte du déphasage dans le temps des crues des différents affluents. Ceux-ci contribuent de façon importante à augmenter le débit du Saint-Laurent provenant des Grands Lacs et de l'Ouataouais: en avril et mai, le débit fluvial à Québec est une fois et demie le débit à l'aval de Montréal. La crue de printemps du fleuve Saint-Laurent est donc très perceptible. Elle influence le régime annuel au point que le module interannuel s'accroît entre Montréal et Québec de 23 pour cent environ.

VIII - RÉFÉRENCES

- BEARD, J.R., 1972. *Hydrologic Data Management*. Hydrologic Engineering Methods for Water Resources Development, Vol. 2, HEC, Corps of Engineers, U.S. Army, Davis, California.
- BOBÉE, B., 1973. *Sample Error of T-year Events computed by Fitting a Pearson Type 3 Distribution*. Water Resour. Res., Vol. IX (5): 1264-1270.
- CRUFF, R.W. and S.W. RANTZ, 1965. *A Comparaison of Methods used in Flood Frequency Studies for Coastal Basins in California*. U.S., Geol. Surv., Water-Supply Pap. 1580-E, 56 p.
- FIERING, M.B., 1962. *On the Use of Correlation to Augment Data*. Amer. Statis. Ass. J., March, pp. 20-32.
- HARTER, L., 1969. *A New Table of Percentage Points of the Pearson Type III Distribution*. Technometrics, Vol. II (1): 177-187.
- LASSERRE, J.C., 1970. *Commentaires sur l'essai "Les Grandes divisions du Saint-Laurent" par C. Laverdière*. Rev. Géogr. Montréal, Vol. XXIV (3): 283-303.
- LLAMAS, J. et al., 1974. *Hydrologie du bassin du fleuve Saint-Laurent entre Varennes et Montmagny*. Rapport préparé par le Centre de Recherche sur l'Eau pour le Comité de l'Entente Canada-Québec sur le Saint-Laurent, Université Laval, Québec, 145 p., 2 ann.
- VILLENEUVE, J.P. et al., 1971. *Rationalisation du réseau hydrométrique du Québec*. Centre Québécois des Sciences de l'Eau, INRS, Université du Québec.

A P P E N D I C E

RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUEPremier addenda

LES CAHIERS DE CENTREAU ont présenté en volume I, No 2, mars 1976, un RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE qui fait état des activités du Centre de Recherches sur l'Eau depuis sa fondation jusqu'à 1976 et montre l'orientation chronologique de ses disciplines fondamentales. Il est d'intérêt pour les chercheurs que soit apporté un addenda annuel à ce rappel bibliographique. En effet, le supplément périodique constitue une suite logique à la série déjà parue des références sur les communications orales ou écrites des scientifiques et permet de réparer les oublis éventuels. Ces références sont signalées d'après les mêmes critères et présentées par ordre alphabétique des noms d'auteurs. Comme dans le premier rappel, on mentionne sur la liste tous les noms des co-auteurs avec renvoi à la citation originale.

BIBLIOGRAPHIE 1970

GAUTHIER, B. (LAVOIE, V. et B. GAUTHIER, 1970)

LAVOIE, V. et B. GAUTHIER, 1970. *Étude phyto-écologique du littoral de l'île aux Grues, des îles avoisinantes et de Montmagny*. Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport technique, 30 p. (03)

BIBLIOGRAPHIE 1972

BÉDARD, J. (GAUTHIER, B., J. BÉDARD et J.G. BERNARD, 1972)

BERNARD, J.G. (GAUTHIER, B., J. BÉDARD et J.G. BERNARD, 1972)

GAUTHIER, B. (PAYETTE, S. et B. GAUTHIER, 1972)

GAUTHIER, B., J. BÉDARD et J.G. BERNARD, 1972. *Essai en vue de l'implantation d'un marais advenant la fermeture du Bras-Nord de l'île d'Orléans*. Centre de Recherches

sur l'Eau, Université Laval. Rapport technique, 20 p. (03)

PAYETTE, S. et B. GAUTHIER, 1972. *Les structures de végétation: interprétation géographique et écologique, classification et application*. Naturaliste can., Vol. 99: 1-26. (02)

BIBLIOGRAPHIE 1975

ABDELNOUR, R. (MICHEL, Bernard and R. ABDELNOUR, 1975)

BÉRENGER, D. (MICHEL, Bernard and D. BÉRENGER, 1975)

EUBANKS, Pierre, 1975. *Stabilité de la couche protectrice et transmission des vagues par suite de franchissement en crête*. Thèse de maîtrise ès sciences, département de Génie civil, Université Laval, sous la direction de Y. Ouellet. (04)

FRENETTE, M., Y. OUELLET, A. POIRÉ and J.L. VERRETTE, 1975. *Principle of Management of Degenerated Inlets and Estuaries*. Journal of Waterways, Harbors and Coastal Engineering, Sept. 1975: 315:334. (01)

FRENETTE, M., C. RAE et B. TÉTREAUULT, 1975. *La création de fosses artificielles à saumon*. The Atlantic Salmon Journal, no. 3, July 1975. (02)

HANLEY, T. O'D. (MICHEL, Bernard and T. O'D. HANLEY, 1975)

LANGHAM, E.J. (ROCHON, Guy et E.J. LANGHAM, 1975)

LANGHAM, E.J. (ROCHON, Guy et E.J. LANGHAM, 1975)

MICHEL, Bernard and R. ABDELNOUR, 1975. *Break-up of a Solid River Ice Cover*. Proc. Third International Symposium on Ice Problems, Hanover, U.S.A., pp. 253-261. (01)

MICHEL, Bernard and D. BÉRENGER, 1975. *Algorithm for Accelerated Growth of Ice in a Ship's Track*. Proc. Third International Symposium on Ice Problems, Hanover, U.S.A., pp. 127-133. (01)

MICHEL, Bernard and T. O'D. HANLEY, 1975. *Temperature Patterns during the Formation of Border Ice and Frazil in a Laboratory Tank*. Third International Symposium on Ice Problems, Hanover, U.S.A., pp. 211-213. (01)

MORIN, Y. (OUELLET, Yvon and Y. MORIN, 1975)

OUELLET, Yvon, 1975. *Simulation of the Salinity Distribution in the St. Lawrence Estuary by a Two-Dimensional Mathematical Model*. Journal of Waterways, Harbors and Coastal Engineering, pp. 1249-1269, Sept. 1975. (01)

OUELLET, Y. (FRENETTE, M., Y. OUELLET, A. POIRÉ and J.L. VERRETTE, 1975)

OUELLET, Yvon and Y. MORIN, 1975. *The Effect of Structures on Irregular Waves Compared to Regular Waves*. Journal of Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division, A.S.C.E.W.W. 3, pp. 231-246, August 1975. (01)

PLAMONDON, André, 1975. *The Watershed Management Program at the Montmorency Experimental Forest*. Symposium on Experimental Forest, Forêt Montmorency, oct. 1975. (02)

POIRÉ, A. (FRENETTE, M., Y. OUELLET, A. POIRÉ and J.L. VERRETTE, 1975)

RAE, C. (FRENETTE, M., C. RAE et B. TÉTREAUULT, 1975)

ROCHON, Guy, 1975. *Mesures de la qualité de l'eau par satellite*. Conférence au Centre canadien de télédétection, Ottawa, oct. 1975. (02)

ROCHON, Guy, 1975. *Situation de la télédétection au Canada et potentiel d'utilisation de cette technologie au Mali*. Conférence au ministère des Travaux Publics du Mali, oct. 1975. (02)

ROCHON, Guy, 1975. *Corrections radiométriques des données de télédétection*. Symposium, Centre canadien de télédétection, Edmonton, sept. 1975. (02)

ROCHON, Guy, 1975. *Reporter's Report of Session on Limnology and Oceanography II*. Comptes rendus du 2e Symposium can. sur la télédétection, min. de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Guelph, Canada. (02)

ROCHON, Guy et E.J. LANGHAM, 1975. *Télédétection par satellite dans l'évaluation de la qualité de l'eau*. Internat. Verein. Limnol., Stuttgart, 19: 189-196, oct. 1975. (01)

ROCHON, Guy et E.J. LANGHAM, 1975. *Quelques applications du satellite ERTS-1 au contrôle et à la gestion des eaux du Québec*. Comptes rendus du 2e Symposium can. sur la télédétection, min. de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Guelph, Canada. (02)

- TÉTREAU, B. (FRENETTE, M., C. RAE et B. TÉTREAU, 1975)
 VERRETTE, J.L. (FRENETTE, M., Y. OUELLET, A. POIRÉ and J.L. VERRETTE, 1975)

BIBLIOGRAPHIE 1976

- ABDELNOUR, R. (MICHEL, Bernard et R. ABDELNOUR, 1976)
 ALLARD, G. (PLAMONDON, A., M. FRENETTE, J. PETITCLERC, P. JULIEN, G. ALLARD, R. BEAULIEU et P. KERKHOVEN, 1976)
 BARBEAU, C. (VERRETTE, J.L., C. BARBEAU et G. MOREAU, 1976)
 BARBEAU, C. (VERRETTE, J.L., C. BARBEAU and G. MOREAU, 1976)
 BEAULIEU, R. (PLAMONDON, A., M. FRENETTE, J. PETITCLERC, P. JULIEN, G. ALLARD, R. BEAULIEU et P. KERKHOVEN, 1976)
 BERROUARD, D. (MOREAU, G., A. PLAMONDON, J.B. SÉRODES, D. BERROUARD, J. PETITCLERC et P. JULIEN, 1976)
 BÉRUBÉ, Y. (SOUCY, A., Y. BÉRUBÉ, J.P. TROUDE et P. MÉRIC, 1976)
 CARON, O. (FRENETTE, M. and O. CARON, 1976)
 CERCEAU, J. (OUELLET, Yvon et J. CERCEAU, 1976)
 FRENETTE, M. (PLAMONDON, A., M. FRENETTE, J. PETITCLERC, P. JULIEN, G. ALLARD, R. BEAULIEU et P. KERKHOVEN, 1976)
 FRENETTE, M. and O. CARON, 1976. *Prediction of the Hydraulic and Morphological Change of the La Grande River, Lower Reach System.* Conf. "Rivers 76", Fort Collins, Colorado, August 1976. (02)
 FRENETTE, M. et J.L. VERRETTE, 1976. *Environnement physique et dynamique du fleuve Saint-Laurent.* L'Ingénieur, No. 312: 73-87, mars-avril 1976. (01)
 GAUTHIER, Benoît, 1976. *Bibliographie du phytobenthos laurentin - Québec 1850-1975.* Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-76/05, mars 1976, 27 p. (03)
 GONZALEZ, A. (PLAMONDON, André, R. LEPROHON et A. GONZALEZ, 1976)

- JULIEN, P. (MOREAU, G., A. PLAMONDON, J.B. SÉRODES, D. BERROUARD, J. PETITCLERC et P. JULIEN, 1976)
 JULIEN, P. (PLAMONDON, A., M. FRENETTE, J. PETITCLERC, P. JULIEN, G. ALLARD, R. BEAULIEU et P. KERKHOVEN, 1976)
 KERKHOVEN, P. (PLAMONDON, A., M. FRENETTE, J. PETITCLERC, P. JULIEN, G. ALLARD, R. BEAULIEU et P. KERKHOVEN, 1976)
 LANGHAM, E.J. (ROCHON, Guy et E.J. LANGHAM, 1976)
 LARRIVÉE, Alain et G. ROCHON, 1976. *Banque de données sur la qualité de l'eau. Manuel de l'utilisateur.* Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-76/04, jan. 1976, 218 p. (03)
 LEPROHON, R. (PLAMONDON, André, R. LEPROHON et A. GONZALEZ, 1976)
 LLAMAS, J. et J.-P. TRIBOULET, 1976. *La température de l'air et le cycle hydrologique: structure statistique.* Les Cahiers de Centreau, Vol. I (3): 66 p., mars 1976. (02)
 MÉRIC, P. (SOUCY, A., Y. BÉRUBÉ, J.-P. TROUDE et P. MÉRIC, 1976)
 MICHEL, Bernard, 1976. *Les problèmes de glace du Saint-Laurent.* L'Ingénieur, No. 312: 28-33, mars-avril 1976. (01)
 MICHEL, Bernard et R. ABDELNOUR, 1976. *Stabilité hydro-mécanique d'un couvert de glace encore solide.* Revue Can. de Génie Civil, Vol. 3 (1): 1-11. (01)
 MOREAU, G. (VERRETTE, J.L., C. BARBEAU et G. MOREAU, 1976)
 MOREAU, G. (VERRETTE, J.L., C. BARBEAU and G. MOREAU, 1976)
 MOREAU, G., A. PLAMONDON, J.B. SÉRODES, D. BERROUARD, J. PETITCLERC et P. JULIEN, 1976. *Étude de l'influence de la végétation riparienne sur l'écologie des rivières de la Côte Nord.* Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-76/03, jan. 1976, 69 p. et app. (03)
 NAUD, R.C. (PLAMONDON, André et R.C. NAUD, 1976)
 OUELLET, Yvon et J. CERCEAU, 1976. *Mélange des eaux douces et salées du Saint-Laurent. Circulation et salinité.* Les Cahiers de Centreau, Vol. I (4), 57 p. et ann., juil. 1976. (02)

- PETITCLERC, J. (MOREAU, G., A. PLAMONDON, J.B. SÉRODES, D. BERROUARD, J. PETITCLERC et P. JULIEN, 1976)
- PETITCLERC, J. (PLAMONDON, A., M. FRENETTE, J. PETITCLERC, P. JULIEN, G. ALLARD, R. BEAULIEU et P. KERKHOVEN, 1976)
- PLAMONDON, André, 1976. *Quelques croyances populaires concernant la coupe et les relations forêt-eau*. Forêt-Conservation, Vol. 42 (8): 14-17, oct. 1976. (02)
- PLAMONDON, A. (MOREAU, G., A. PLAMONDON, J.B. SÉRODES, D. BERROUARD, J. PETITCLERC et P. JULIEN, 1976)
- PLAMONDON, A., M. FRENETTE, J. PETITCLERC, P. JULIEN, G. ALLARD, R. BEAULIEU et P. KERKHOVEN, 1976. *Analyse hydrophysique de la rivière Matamek et analyse des possibilités de créer des frayères artificielles*. Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-76/01, jan. 1976, 44 p. (03)
- PLAMONDON, André, R. LEPROHON et A. GONZALEZ, 1976. *Exploitation forestière et protection de quelques cours d'eau de la Côte Nord*. Les Cahiers de Centreau, Vol. I (6), 43 p., nov. 1976. (02)
- PLAMONDON, André et R.C. NAUD, 1976. *Recherche en aménagement des bassins hydrologiques*. Ressources, Vol. VII (2): 10-17, fév. 1976. (02)
- ROCHON, G. (LARRIVÉE, Alain et G. ROCHON, 1976)
- ROCHON, Guy, 1976. *Potentiel et limitation de la télédétection pour l'étude des ressources de la faune*. Conférence au ministère des Terres et Forêts, Québec, jan. 1976. (02)
- ROCHON, Guy, 1976. *Application de la télédétection à la gestion des ressources renouvelables*. Conférence à l'Hydro-Québec, Montréal, mars 1976. (02)
- ROCHON, Guy, 1976. *Étude des données de ERTS sur le lac Huron et la Baie Géorgienne*. Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-75/05, 84 p., avril 1976. (03)
- ROCHON, Guy, 1976. *Étude méthodologique de l'évolution et de la classification des lacs par satellite*. Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-75/06, 90 p., avril 1976. (03)
- ROCHON, Guy, 1976. *Utilité des satellites Landsat en limnologie*. Congrès de la Société météorologique du Canada, Québec, mai 1976. (02)

- ROCHON, Guy et E.J. LANGHAM, 1976. *Sur la transformation des radiances en réflectances pour l'étude de la qualité de l'eau*. Comptes rendus du 3e Symposium canadien de télédétection. CASI, Edmonton, Canada. (02)
- SÉRODES, J.B. (MOREAU, G., A. PLAMONDON, J.B. SÉRODES, D. BERROUARD, J. PETITCLERC et P. JULIEN, 1976)
- SOUCY, Alain, 1976. *The Environmental Concern in the James Bay Hydroelectric Development*. Congrès de la Can. Society of Env. Biologists, Ottawa, Canada, jan. 1976. (02)
- SOUCY, Alain, 1976. *Utilisation des données biophysiques dans le cadre du projet hydroélectrique de la Baie de James*. Symposium Environnement Baie James, Montréal, Canada, mai 1976. (02)
- SOUCY, Alain, 1976. *La protection de l'environnement au complexe La Grande*. Congrès de la Fédération canadienne de la faune, Québec, Canada, mai 1976. (02)
- SOUCY, Alain, 1976. *Les études d'impacts*. Point de vue des producteurs d'énergie. Congrès de l'A.Q.T.E., Montréal, Canada, mai 1976. (02)
- SOUCY, Alain, Y. BÉRUBÉ, J.P. TROUDE et P. MÉRIC, 1976. *Évolution des suspensions et sédiments dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent*. Les Cahiers de Centreau, Vol. I (5), 67 p., sept. 1976. (02)
- TRIBOULET, J.-P. (LLAMAS, J. et J.-P. TRIBOULET, 1976)
- TROUDE, J.-P. (SOUCY, A., Y. BÉRUBÉ, J.-P. TROUDE et P. MÉRIC, 1976)
- VERRETTE, J.L., C. BARBEAU et G. MOREAU, 1976. *Étude écologique de la rivière aux Pékans*. Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-76/07, août 1976, 31 p., tab. et fig. (03)
- VERRETTE, J.L., C. BARBEAU and G. MOREAU, 1976. *Ecological Study of the Carheil River*. Centre de Recherches sur l'Eau, Université Laval. Rapport CRE-76/08, déc. 1976, 25 p. et fig. (03)
- VERRETTE, J.L. (FRENETTE, M. et J.L. VERRETTE, 1976)
- WEST, Janet Ann, 1976. *Manganèse résiduel dans les eaux de consommation traitées par MnO_4^-* . Thèse de maîtrise ès sciences, département de Chimie, Université Laval, sous la direction de J. Turcotte. (04)