

Sciences

TD
380
A1
C132
3,1
Ex.B

les cahiers de centreau



CENTREAU
Centre de recherches sur l'eau



UNIVERSITÉ LAVAL
Québec, Canada

QUALITÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE ROUYN-NORANDA

Louis-M. AZZARIA
Christian POTVIN

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 étrangers 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.
Édition: G.-Oscar Villeneuve, Ph.D.

© 1979 CENTREAU, UNIVERSITÉ LAVAL

QUALITES PHYSICO-CHIMIQUES
DE L'EAU DE
ROUYN-NORANDA

Louis-M. AZZARIA
Christian POTVIN

TD
380
A1
C132
3,1
EXB

QUALITÉS PHYSICO-CHIMIQUES
DE L'EAU DE
ROUYN-NORANDA

Louis-M. AZZARIA
Christian POTVIN



ISSN 0702-7214



Cette étude fait partie d'un projet à long terme sur l'environnement de la région minière de Rouyn-Noranda. Le projet a débuté en 1973 dans les cadres du Centre de Recherches sur l'Eau de l'Université Laval; depuis 1976, il est réalisé avec l'aide financière du ministère de la Santé et du Bien-Etre Social du Canada.

AZZARIA, Louis M.: Géochimiste, Louis-M. Azzaria est diplômé des universités McGill de Montréal (B.Sc.), Harvard, U.S.A. (M.A.) et de Toronto (Ph.D.). Professeur au département de Géologie de la Faculté des Sciences et de Génie de l'Université Laval depuis 1970, il devient directeur de ce département en 1978. Depuis 1973, Louis-M. Azzaria exerce ses activités de chercheurs sur les sédiments en relation avec la pollution des eaux et de l'air. Il est l'auteur de plusieurs publications dont un volume, édité en 1976, préparé en collaboration avec Jacques Elliott et André Barbeau et intitulé: "Dossier mercure: de Miniamata à Matagami".

POTVIN, Christian: Actuellement au ministère québécois du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche à titre de directeur régional, Christian Potvin est biologiste diplômé de l'Université de Sherbrooke (1966). De 1972 à 1977, il s'intéresse aux problèmes de dégradation du milieu aquatique par l'exploitation minière et collabore au travail de plusieurs organismes gouvernementaux, institutions d'enseignement et entreprises privées dans l'étude de la pollution des eaux et de ses solutions.

RÉSUMÉ

Le lac Dufault qui alimente les villes de Rouyn et Noranda en eau de consommation est pollué par l'activité minière qui s'exerce depuis plus de 50 ans. D'après les rapports du gouvernement, on s'inquiète de la qualité chimique de l'eau depuis 1966. Cependant, il n'existe alors aucune étude systématique montrant la variation saisonnière de ses propriétés physico-chimiques.

Les auteurs décident en juin 1975 de poursuivre durant un an l'étude de l'eau du lac et celle de l'eau de consommation provenant d'un robinet. A la suite de la publication des résultats en décembre 1976, les Services de Protection de l'Environnement du Québec entreprennent une autre étude d'un an qui se termine en octobre 1977.

Le résultat des deux périodes d'étude montre que si la qualité de l'eau s'est améliorée durant la dernière année, elle ne respecte tout de même pas certaines limites et certaines normes. On en déduit qu'il n'a pas existé et qu'il n'existe pas encore de mécanisme, à la fois au niveau municipal et au niveau provincial, pour l'application des normes et objectifs recommandés par le gouvernement sur les propriétés physico-chimiques de l'eau de consommation.

L'émission de polluants chimiques dans l'environnement continue. Ainsi, la fonderie de Noranda a émis dans l'atmosphère en 1975 les quantités mensuelles suivantes de produits: 100 tonnes métriques de Pb, 100 de Zn, 23 de As, 12 de Cd et 0.3 de Hg. De plus, en 1977, les émissions mensuelles de SO₂ ont été de 49,000 tonnes métriques (Roy, 1977). Il est donc essentiel que la surveillance des propriétés physico-chimiques de l'eau se poursuive et qu'on en arrive à trouver une solution à cette situation.

ABSTRACT

Lake Dufault which supplies drinking water to the neighbouring cities of Rouyn and Noranda in northwestern Quebec is polluted from mining activities that have been going on for over 50 years. The concern regarding the chemical quality of the water goes back to 1966 according to government reports.

However, no systematic study to show seasonal variations in physico-chemical properties is available.

The authors, thus, embarked in June 1975 on a one-year study of lake and tap water. Following the publication of the results in December 1976, the Services de Protection de l'Environnement du Québec initiated another one-year study that ended in October 1977.

The results of the two-year study show that while the quality of the water improved during the second year, still some limits and standards were exceeded. This means that no mechanism existed in the past or probably is in existence actually, at either the municipal or the provincial levels for the application of government recommended standards and objectives for the physico-chemical characteristics of drinking water.

The emission of chemical pollutants to the environment continues. As an example, the smelter at Noranda, emitted to the atmosphere in 1975, per month: 100 metric tons of Pb, the same amount of Zn, 23 of As, 12 of Cd and 0.3 of Hg. In addition, the 1977 monthly atmospheric SO₂ emissions were 49,000 metric tons (Roy, 1977). Therefore, it is evident that monitoring of the physico-chemical properties of the water be continued and that a solution be found.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
I - <u>INTRODUCTION</u>	1
II - <u>NORMES ET OBJECTIFS POUR L'EAU POTABLE</u>	5
III - <u>ÉTUDES ANTÉRIEURES</u>	6
IV - <u>ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSE</u>	6
V - <u>RÉSULTATS</u>	11
A) <u>PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES</u>	14
1. <u>pH</u>	14
2. <u>Couleur</u>	14
3. <u>Turbidité</u>	17
4. <u>Alcalinité</u>	17
5. <u>Conductivité</u>	17
6. <u>Dureté</u>	21
B) <u>SUBSTANCES CHIMIQUES</u>	21
1. <u>Fer</u>	21
2. <u>Manganèse</u>	21
3. <u>Cuivre</u>	24
4. <u>Zinc</u>	24
5. <u>Sulfates</u>	24
6. <u>Calcium</u>	29
C) <u>SUBSTANCES CHIMIQUES TOXIQUES</u>	29
1. <u>Argent</u>	29
2. <u>Chrome</u>	29
3. <u>Cadmium</u>	32
4. <u>Arsenic</u>	32
5. <u>Mercure</u>	36
6. <u>Plomb</u>	36
VI - <u>LES SÉDIMENTS DU LAC DUFAULT</u>	39
VII - <u>DISCUSSION</u>	39
VIII - <u>CONCLUSION</u>	45
IX - <u>RÉFÉRENCES</u>	49
<u>APPENDICE</u>	53
<u>RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE (Deuxième addenda)</u>	55

QUALITÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU
DE ROUYN-NORANDA

I - INTRODUCTION

L'eau de consommation des villes de Rouyn et Noranda au Nord-Ouest québécois provient du lac Dufault (fig. 1 a et 1 b). Depuis plusieurs années, la qualité de l'eau de ce lac prête à la controverse et suscite par conséquent beaucoup d'intérêt. Un rapport d'enquête, publié en 1966 (Terreault, 1970) posait déjà la question sur la qualité de l'eau à cause des activités minières dans la région depuis 1926 (Parade, 1976).

Certaines données sont disponibles sur la qualité de l'eau du lac Dufault (Terreault, 1970; Allard et Galarneau, 1971; Marshall et al., 1974), mais aucune étude continue n'a été faite pour connaître, par exemple, sa réaction à l'influence éventuelle des conditions saisonnières. C'est la raison qui a motivé les chercheurs à entreprendre avec la collaboration du ministère des Affaires sociales un échantillonnage systématique des eaux brutes et traitées du lac Dufault. Ce ministère était alors responsable de l'un des deux laboratoires du gouvernement québécois pour l'analyse de l'eau de consommation. Les observations, qui ont débuté en juin 1975 et

se sont terminées en mai 1976, avaient pour but d'analyser les propriétés physico-chimiques de l'eau et de comparer les résultats aux normes recommandées par le gouvernement.

Le bassin de drainage du lac Dufault contient plusieurs mines dont quelques-unes sont maintenant inexploitées (fig. 2). La fonderie est située dans la ville de Noranda, soit à une distance d'environ trois kilomètres (2 milles) de la rive sud du lac Dufault. Certaines données sont disponibles sur les émissions de métaux de cette fonderie. Environnement Canada (1973) estime que 2,2 tonnes métriques de mercure ont été déversées dans l'atmosphère en 1970. Plus récemment, Roy (1977) rapporte qu'en 1975, 100 tonnes métriques de Pb, 100 tonnes métriques de Zn, 23 tonnes métriques de As, 12 tonnes métriques de Cd et environ 0,3 tonne métrique de Hg ont été libérées par mois dans l'atmosphère. Si l'on sait que les métaux présents dans l'atmosphère sont précipités avec la pluie et la neige (McCarthy, 1970; Weiss et al., 1971; Robbins, 1973) et que la fonderie opère depuis 52 ans, on conçoit facilement la quantité importante de métaux répandue dans la région environnante par la fonderie. De plus, Roy (1977) rapporte des émissions mensuelles de SO_2 pour une valeur de 49,000 tonnes métriques.

Le résultat des analyses de l'eau pour la période de juin 1975 à juin 1976 a été rendu public en décembre 1976. Il montre que la qualité de l'eau de consommation est inacceptable.

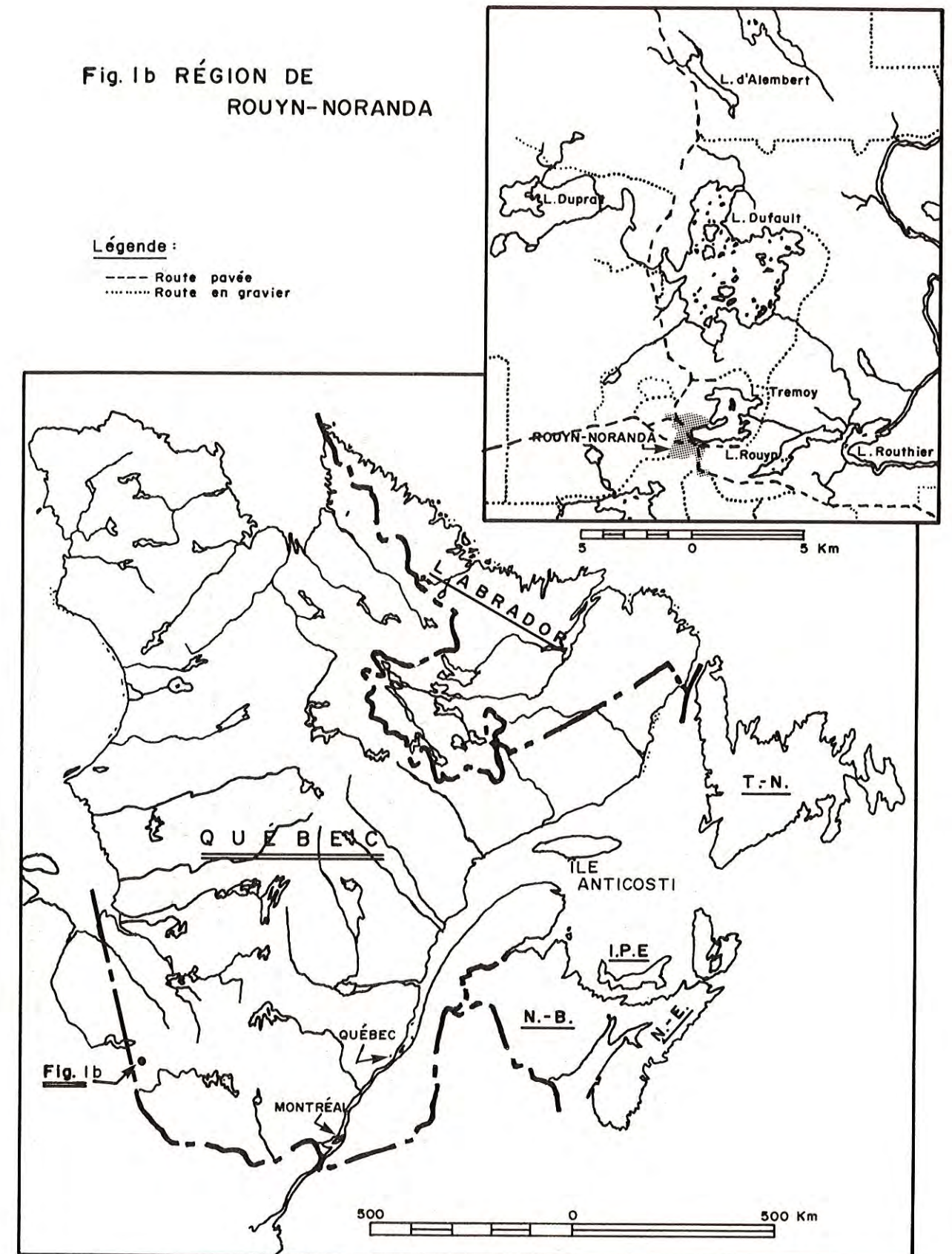


Fig. 1a SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU LAC DUFAULT.

de plusieurs individus. Les limites "maximales admissibles" constituent des normes reliées à la santé de l'homme. Lorsqu'elles sont dépassées, l'eau qui contient les substances étrangères doit être rejetée.

III - ÉTUDES ANTÉRIEURES

En 1969, à la suite des représentations de la cité de Noranda et des autorités de Noranda Mines Ltd sur la pollution du lac Dufault, la Régie des Eaux du Québec a procédé à une enquête visant à connaître la qualité des eaux de ce lac et à déterminer les causes de la pollution (Terreault, 1970).

Durant l'été 1971, dans les cadres d'un programme de Perspective-Jeunesse, deux étudiants en chimie, dirigés par deux professeurs de l'Université du Québec à Rouyn, ont effectué une étude ayant pour but de déterminer la qualité des eaux du lac Dufault et de celles de ses principaux affluents (Allard et Galarneau, 1971).

Enfin, l'Association des Mines de métaux du Québec a préparé une compilation des analyses de l'eau du ruisseau Vauze, un des tributaires du lac Dufault. Les données proviennent de la période allant de 1968 à 1973 (Marshall et al., 1974).

IV - ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSE

Deux échantillons d'eau ont été recueillis le même

jour à toutes les deux semaines durant la période de juin 1975 à juin 1976. Le premier provenait du site 55 près du rivage du lac Dufault (fig. 2), le deuxième d'un robinet au deuxième étage de l'Édifice provincial situé à 180 rue Rideau, Noranda.

Quant aux échantillons du robinet, ils ont été recueillis entre 11 heures et 14 heures à la suite d'un écoulement du robinet pendant une période de cinq minutes. Une quantité de un litre a été versée sans filtration dans des récipients en polyéthylène fournis à cette occasion par l'inspecteur du ministère des Affaires sociales du Québec.

Le même genre de récipients a été utilisé pour recueillir une quantité de un litre des échantillons non filtrés du lac Dufault. Durant l'hiver, c'est par un trou creusé dans la glace à environ trois mètres (10 pieds) du rivage, qu'on a pu obtenir les échantillons d'eau.

Pour une partie des échantillons, l'analyse a été effectuée au moyen de l'équipement portatif HATCH, modèle DR-EL pour obtenir les paramètres se rapportant à l'alcalinité, la dureté, la conductivité, la couleur, la turbidité et le pH. Une autre partie des échantillons a été traitée à l'acide nitrique ARISTAR (5 cc d'acide/litre), puis expédiée au Laboratoire de Chimie et Contrôle sanitaire du ministère des Affaires sociales du Québec à Montréal. Ce laboratoire a fait par absorption atomique les analyses totales se rapportant au fer,

au manganèse, au cuivre, au zinc, aux sulfates, au calcium, à l'argent, au chrome, au cadmium, à l'arsenic, au mercure et au plomb.

Le 25 août 1975, deux échantillons successifs du robinet ont été prélevés et leur analyse par le Laboratoire de Chimie et Contrôle sanitaire du ministère des Affaires sociales du Québec donne les résultats présentés en tableau I.

TABLEAU I
CONCENTRATIONS RELEVÉES DANS DEUX ÉCHANTILLONS D'EAU
SUCCESSIFS DU ROBINET (mg/l)

<u>ÉLÉMENTS</u>	<u>1er échantillon</u>	<u>2e échantillon</u>
Calcium	33.0	19.1
Cuivre	0.04	0.04
Fer	1.09	1.27
Mercure	< 0.0001	< 0.0002
Manganèse	0.045	0.023

Faucher et St-Jean (1977) ont déjà décrit les méthodes d'échantillonnage et d'analyse utilisées pour étudier les échantillons recueillis durant la période de décembre 1976 à octobre 1977. Les analyses totales pour les éléments suivants: Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Ag, Cr, Cd, As, Hg et Pb ont été effectuées par absorption atomique. Les analyses pour les sulfates, la conductivité, la couleur, la turbidité et le pH l'ont

été par des méthodes types (American Public Health Association et al., 1975). Ils ont comparé les propriétés de l'eau brute provenant de la station de pompage située près du lac Dufault (site 39) à celles de l'eau brute tirée du robinet à l'usine de traitement. N'ayant remarqué aucune différence significative, ils ont limité leur analyse à l'eau brute de l'usine de traitement.

Pendant l'été 1974, des échantillons de sédiments ont été prélevés au lac Dufault avec une benne WILDCO-EKMAN de 15 cm x 15 cm x 15 cm (6" x 6" x 6"). Ils furent alors séchés à la température ambiante et la compagnie Bondar-Clegg d'Ottawa procéda à l'analyse d'une fraction plus petite que 0.5 mm. Afin d'évaluer leur concentration en cuivre, en plomb, en zinc, en cobalt, en nickel, en cadmium, en manganèse et en mercure, on en a extrait les métaux au moyen d'acide nitrique et d'acide chloridrique et mesuré leur quantité par absorption atomique. On en a extrait également l'arsenic au moyen d'acide nitrique et d'acide perchlorique et mesuré leur quantité par une méthode colorimétrique.

Trois échantillons ont été analysés cinq fois pour obtenir une idée de la reproductibilité de la méthode d'analyse des sédiments. Le tableau II présente les résultats.

TABLEAU II - ANALYSE DES 3 ÉCHANTILLONS DES SÉDIMENTS RÉPÉTÉE CHACUNE 5 FOIS

	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cd	Mn	As	Hg
éch. 73-103 variation moyenne arithmétique	9-16	19-50	57-70	12-16	24-26	<0.5-2	940-1040	<1-5	40-95
	12	25	61	15	25	1.5	988	3	67
éch. 73-117 variation moyenne arithmétique	1700-1930	160-178	970-1160	24-28	18-21		235-270	20-25	390-460
	1766	167	1038	26	20		255	23	432
éch. 73-148 variation moyenne arithmétique	6600-7200	475-570	12900- 15000	88-96	84-93	51-59	340-360	51-85	
	6900	512	13640	93	89	54	351	64	

V - RÉSULTATS

Les résultats de l'analyse sont présentés en tableau III et IV, respectivement pour chacune des deux périodes d'observation, soit celle de juin 1975 à juin 1976 et celle de décembre 1976 à octobre 1977. Les échantillons ont été prélevés à 45 reprises, c'est-à-dire à 45 dates différentes.

Durant la première période, deux échantillons ont été prélevés simultanément, le premier au site 55 du lac Dufault (fig. 2), le deuxième au robinet déjà mentionné situé sur la rue Rideau à Noranda. Le site 55 du lac Dufault se trouve dans la même baie où l'on puise l'eau pour les villes de Rouyn et Noranda (site 39, fig. 2), mais à une distance de 0.6 km (0.37 mille) au nord-ouest.

Durant la deuxième période, les échantillons d'eau traitée et d'eau brute non filtrée ont été prélevés à l'usine de traitement des villes de Rouyn et Noranda.

Des graphiques illustrent les résultats pour toute la période allant de juin 1975 à octobre 1977. De plus, les données du lac Dufault sont combinées avec celles des eaux brutes et les données du robinet avec celles des eaux traitées de l'usine.

Enfin, la présentation en deux tableaux (III et IV) des données des deux périodes permet une comparaison entre les relevés exécutés par deux groupes différents de chercheurs.

TABLEAU III - SOMMAIRE DES QUALITÉS DE L'EAU BRUTE ET TRAITÉE
DE ROUYN ET NORANDA pour la période de juin 1975 à juin 1976

	EAU POTABLE				EAU BRUTE			EAU TRAITÉE			
	Objectif	Limite acceptable	Limite maximale admissible	Inadmissible (%)	Inacceptable (%)	Nombre d'échantillons	Moyenne arithmétique	Maximum	Nombre d'échantillons	Moyenne arithmétique	Maximum
<u>QUALITÉS PHYSIQUES</u>											
pH	-	6.5-8.3	-	-	65	26	6.8	7.3** 6.0**	26	8.5	9.3
Couleur UCV	<5	15	-	-	57	23	24	75	23	22.8	50
Turbidité UTJ	<1	5	-	-	46	24	10.1	20	24	7.6	20
<u>SUBSTANCES CHIMIQUES</u>											
Dureté mg/l	80	-	-	-	-	26	54	75	26	67.3	85
Fer mg/l	<0.05	0.3	-	-	88	25	0.43	1.59	26	0.80	1.64
Manganèse mg/l	<0.01	0.05	-	-	54	26	0.108	0.255	26	0.049	0.117
Cuivre mg/l	<0.01	1.0	-	-	0	26	0.06	0.22	25	0.06	0.44
Zinc mg/l	<1.0	5.0	-	-	0	18	-	5.2	16	0.43	3.2
Sulfates mg/l	<250	500	-	-	0	17	67.1	162	14	75.1	188
Calcium mg/l	< 75	200	-	-	0	24	15.8	25.6	24	20.4	28.9
<u>SUBSTANCES TOXIQUES</u>											
Argent mg/l***	-	<0.05	0.05	0	-	22	0.006	0.021	21	0.006	0.023
Chrome mg/l***	-	<0.01	0.05	10	0	21	0.036	0.438	19	0.034	0.440
Cadmium mg/l	-	0.01	0.01	0	0	17	-	0.006	14	-	0.006
Arsenic mg/l	-	0.01	0.05	0*	10	10	-	0.005	10	-	0.012
Mercurie mg/l	-	-	0.002	5*	-	19	-	0.002	20	-	0.005
Plomb mg/l	-	<0.05	0.05	0	0	17	-	0.04	15	-	0.02

* 20% des échantillons sont à la limite d'admissibilité

** minimum

*** Cr⁺⁶ (voir Substances chimiques toxiques, Chrome)

TABLEAU IV - SOMMAIRE DES QUALITÉS DE L'EAU BRUTE ET TRAITÉE
DE ROUYN ET NORANDA pour la période de décembre 1976 à octobre 1977

	EAU POTABLE				EAU BRUTE			EAU TRAITÉE			
	Objectif	Limite acceptable	Limite maximale admissible	Inadmissible (%)	Inacceptable (%)	Nombre d'échantillons	Moyenne arithmétique	Maximum	Nombre d'échantillons	Moyenne arithmétique	Maximum
<u>QUALITÉS PHYSIQUES</u>											
pH	-	6.5-8.3	-	-	50	16	7.0	8.2** 6.4**	16	8.3	9.4
Couleur (UCV)	<5	15	-	-	13	16	14.3	44	16	8.8	20
Turbidité (VTJ)	<1	5	-	-	0	16	2.1	8.9	16	1.2	3.2
<u>SUBSTANCES CHIMIQUES</u>											
Dureté (mg/l) CaCO ₃	80	-	-	-	-	16	56.9	67	16	69.8	84
Fer (mg/l)	<0.05	0.3	-	-	11	19	0.24	1.1	19	0.17	0.6
Manganèse (mg/l)	<0.01	0.05	-	-	11	19	0.09	0.14	19	0.02	0.10
Cuivre (mg/l)	<0.01	1.0	-	-	0	19	0.05	0.10	19	0.03	0.07
Zinc (mg/l)	<1.0	5.0	-	-	0	19	0.37	0.53	19	0.19	0.44
Sulfate (mg/l)	<250	500	-	-	0	16	63.6	76	16	70.8	104
Calcium (mg/l)	< 75	200	-	-	-	19	17.2	20	19	22.2	27
<u>SUBSTANCES CHIMIQUES TOXIQUES</u>											
Argent (mg/l)***	-	<0.05	0.05	0	-	19	0.000	0.000	18	0.000	0.000
Chrome (mg/l)***	-	<0.01	0.05	0*	0	19	0.000	0.001	18	0.000	0.000
Cadmium (mg/l)	-	0.01	0.01	0	0	19	0.007	0.018	19	0.003	0.010
Arsenic (mg/l)	-	0.01	0.05	0	0	19	-	0.006	19	-	0.002
Mercurie (mg/l)	-	-	0.002	0	-	19	-	-	19	-	-
Plomb (mg/l)	-	<0.05	0.05	5	0	19	0.020	0.110	19	0.009	0.064

* 5% des échantillons sont à la limite d'admissibilité

** minimum

*** Cr⁺⁶ (voir Substances chimiques toxiques, Chrome)

A) PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

1. pH

En général, le pH de l'eau du lac Dufault est près du point de neutralité avec une valeur moyenne de 6.8 durant la première période et de 7.0 durant la deuxième période.

Cependant, les tributaires de ce lac véhiculent une eau acide. Ainsi, on enregistre un pH de 3.2 à 6.7 aux sites 8, 9 et 40 du ruisseau Vauze, de 2.7 à 8.0 aux sites 19, 20 et 21 du ruisseau Fourcet, de 2.7 à 8.0 aux sites 14, 15, 16, 17, 18, 23 et 24 du ruisseau Duprat et de 4.5 au site 47 du ruisseau de la mine W. McDonald (fig. 2) (Terreault, 1970; Allard et Galarneau, 1971; Marshall et al., 1974).

Le pH de l'eau traitée est basique avec une valeur moyenne de 8.5 durant la première période d'observation et de 8.3 durant la deuxième. A certains jours, les lectures s'élèvent jusqu'à 9.2 et 9.4 (fig. 3). Durant les deux périodes, 65 et 50 pour cent des échantillons respectifs atteignent de fait des valeurs inacceptables.

2. Couleur

La limite acceptable pour la couleur de l'eau potable est fixée à 15 UCV. En figure 4 et en tableaux III et IV, on constate que 57 et 13 pour cent des échantillons indiquent des valeurs qui dépassent cette limite. Ces chiffres élevés sont cependant inférieurs à ceux des principaux tributaires du lac

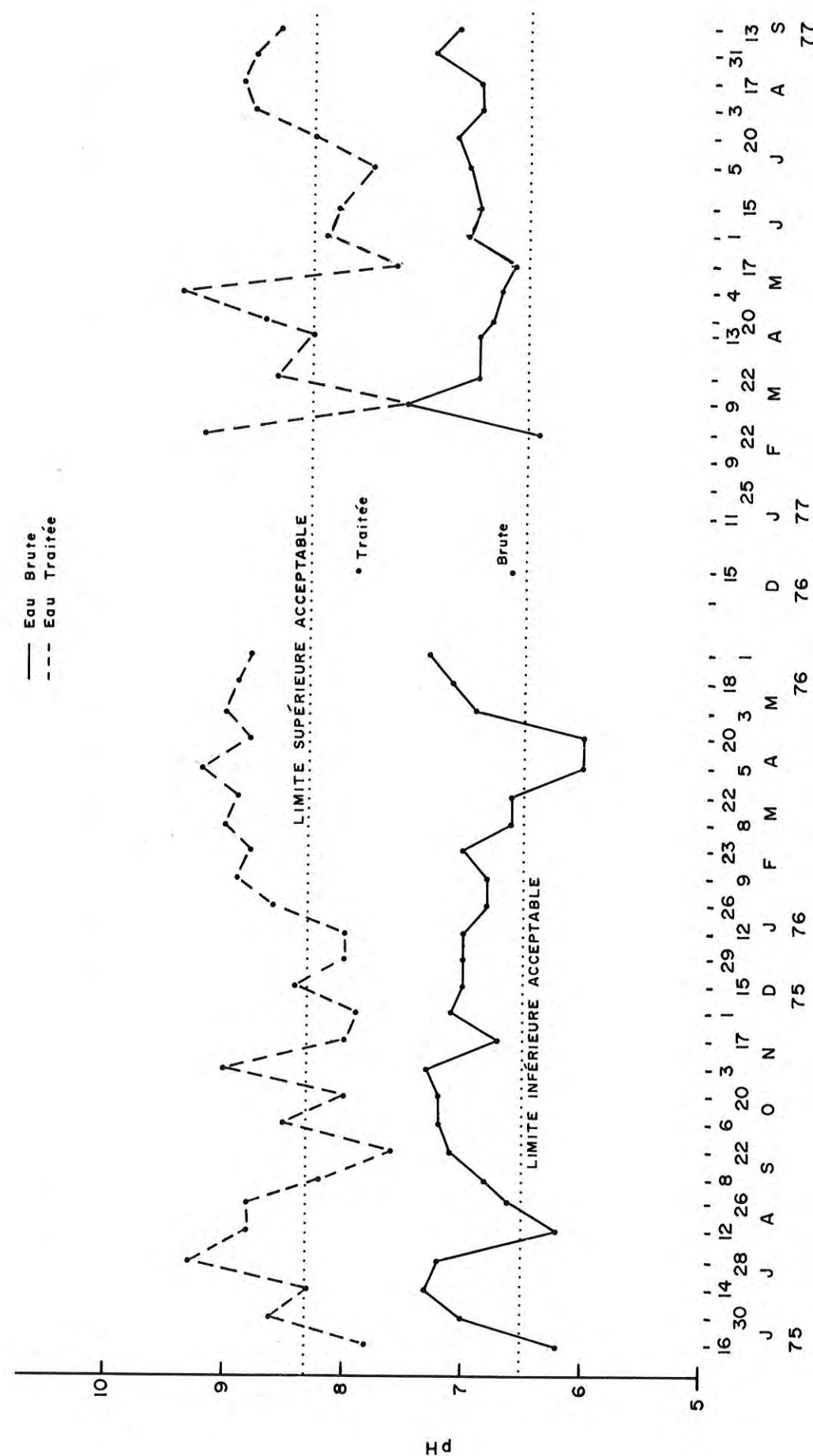


Fig. 3 VARIATION SAISONNIÈRE DU pH DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE.

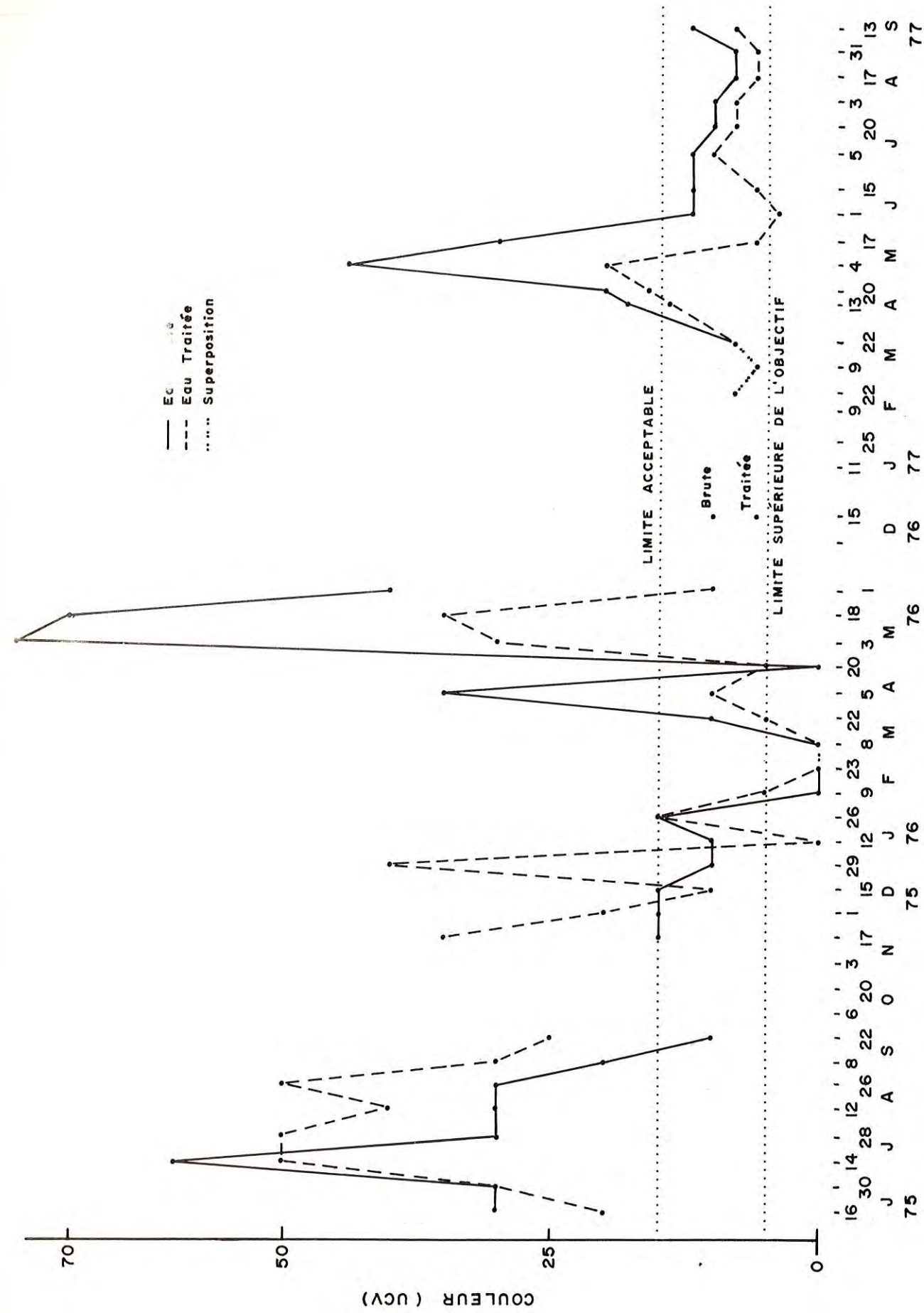


Fig. 4 VARIATION SAISONNIÈRE DE LA COULEUR DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE

Dufault. Ainsi, les sites 3, 4, 6, 7, 8 et 9 du ruisseau Vauze donnent de 32 à 75 UCV, les sites 14, 16, 17, 18 et 23 du ruisseau Duprat, de 23 à 100 UCV, les sites 20 et 21 du ruisseau Fourcet, de 20 à 100 UCV, les sites 26 et 27 du ruisseau Héré, de 45 à 150 UCV et le site 47 du ruisseau de la mine W. McDonald, 80 UCV, (Terreault, 1970; Allard et Galarneau, 1971; Marshall et al., 1974).

3. Turbidité

Les valeurs présentées en tableaux III et IV et illustrées en figure 5 indiquent que la limite acceptable de 5 UTJ pour la turbidité est largement dépassée.

4. Alcalinité

L'alcalinité de l'eau permet de neutraliser les apports acides et de réduire la variation du pH (Terreault, 1970). Généralement, on tolère un écart d'alcalinité de 30 à 500 mg/l de carbonate de calcium dans l'eau potable (ministère de la Santé et du Bien-Etre social du Canada, 1974). En figure 6, on constate que l'alcalinité est faible et que par conséquent son tampon est limité.

5. Conductivité

La conductivité donne un indice de la concentration des solides dissous dans l'eau (Hem, 1970, p. 99). Les auteurs ajoutent ce renseignement en figure 7.

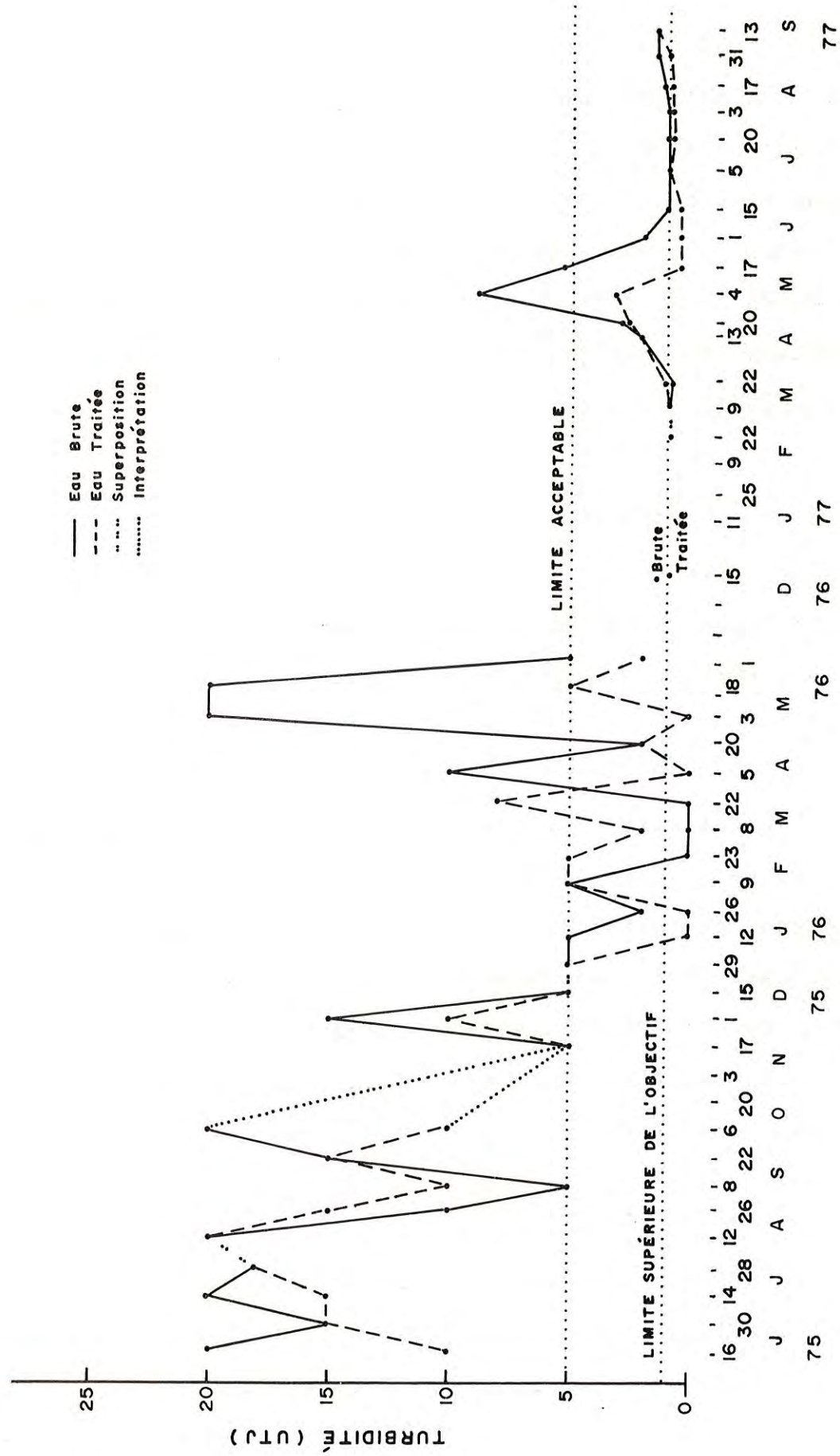


Fig. 5 VARIATION SAISONNIÈRE DE LA TURBIDITÉ DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE

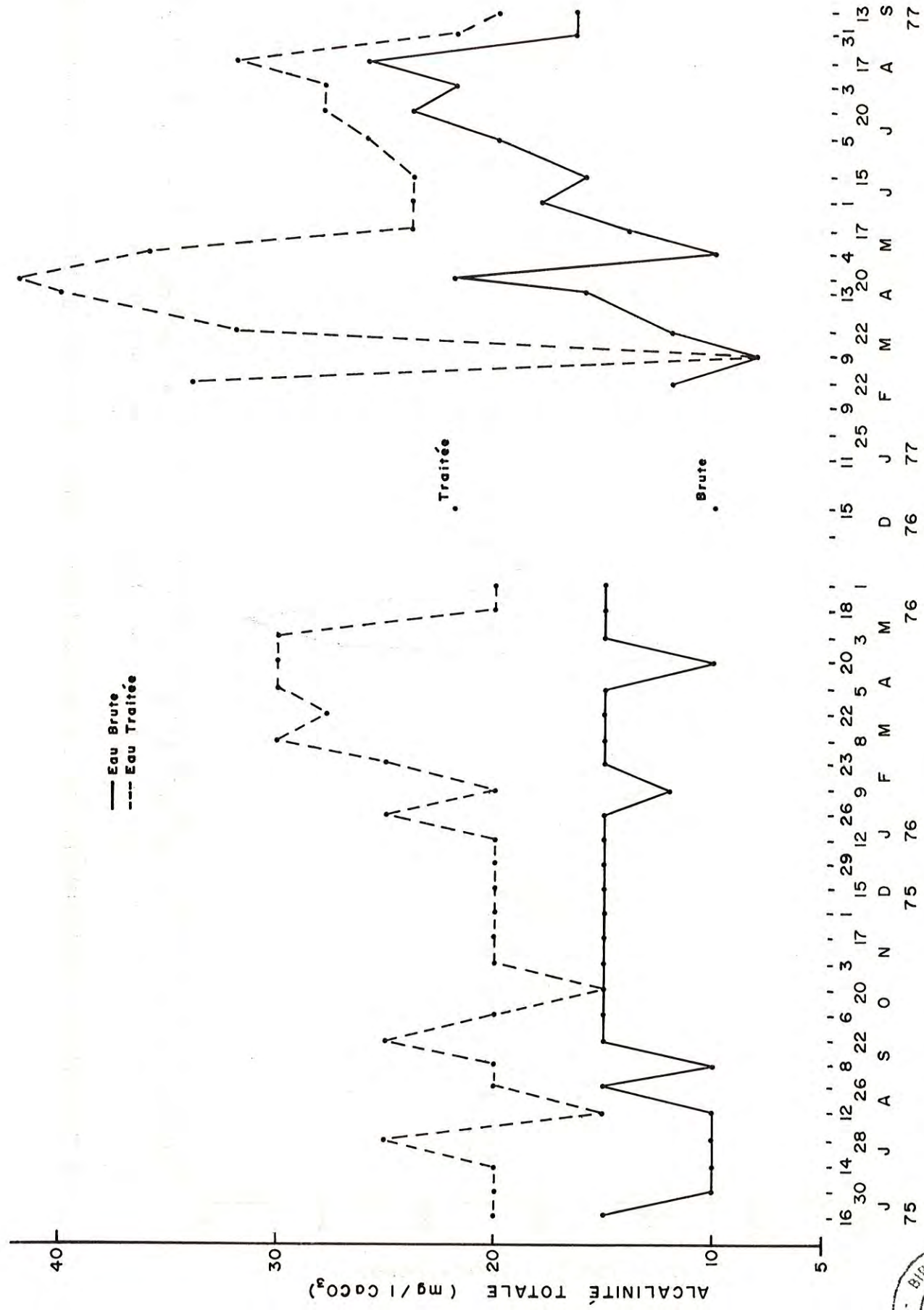
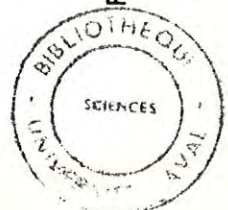


Fig. 6 VARIATION SAISONNIÈRE DE L'ALCALINITÉ TOTALE DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE



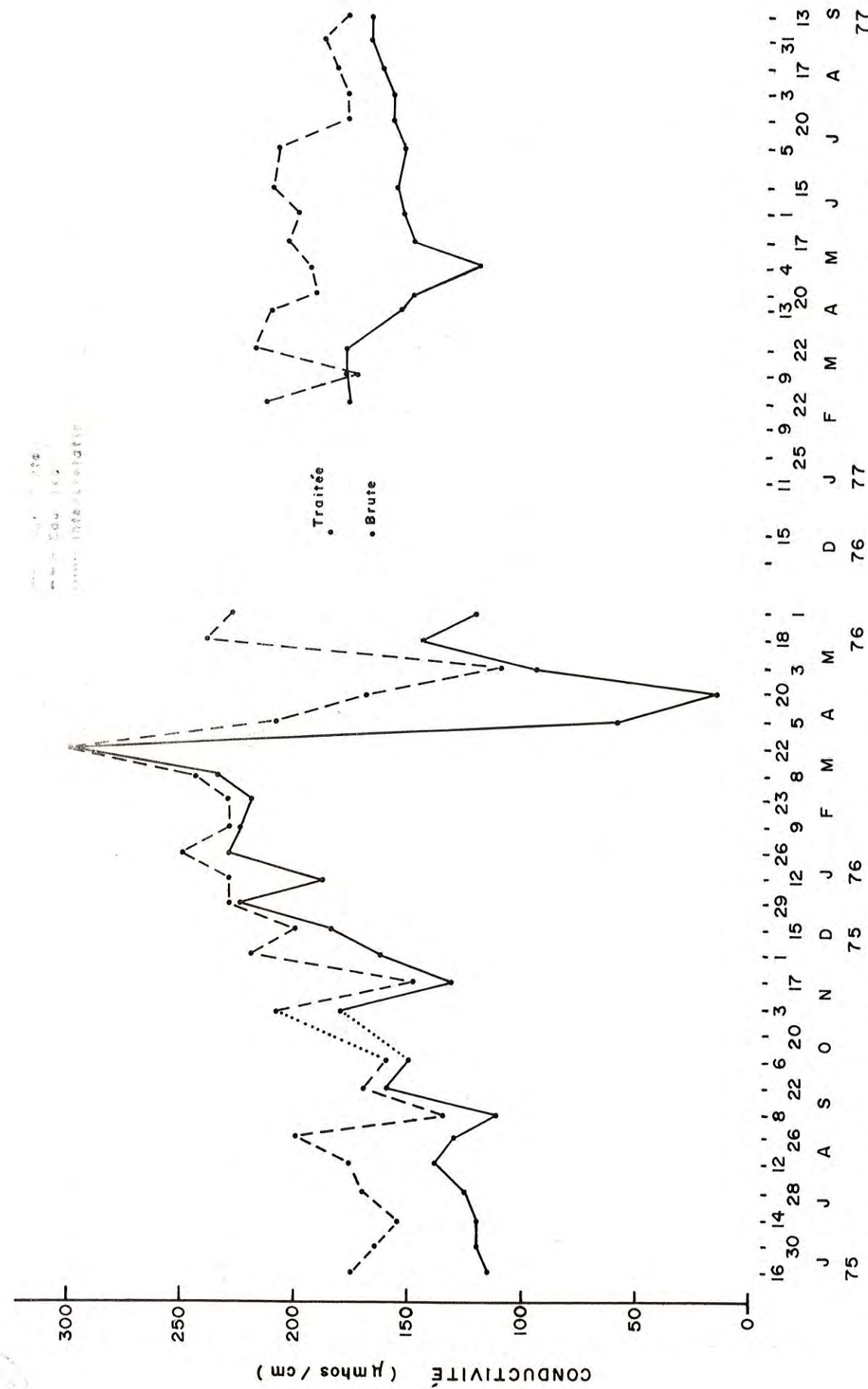


Fig. 7 VARIATION SAISONNIÈRE DE LA CONDUCTIVITÉ DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE

6. Dureté

Une dureté totale d'au plus 80 mg/l délimite d'habitude de une très bonne eau potable. Dans ce sens, les valeurs montrées en tableaux III et IV, illustrées en figure 8, indiquent que les échantillons analysés traduisent une très bonne eau potable en ce qui a rapport à cette propriété.

B) SUBSTANCES CHIMIQUES

1. Fer

Les tableaux III et IV et la figure 9 indiquent une trop forte concentration en fer puisque celle-ci dépasse la limite acceptable de 0.3 mg/l et qu'elle atteint même une valeur maximale de 1.64 mg/l pour l'eau potable. La cause de cette forte concentration de fer réside en partie dans les affluents du lac Dufault qui véhiculent des eaux à teneur élevée de cet élément. Ainsi, aux sites 4, 5, 6, 8, 9 et 40 du ruisseau Vauze, on relève de 0.51 à 7.24 mg/l, aux sites 15, 16, 17, 18 et 23 du ruisseau Duprat, de 0.61 à 26.6 mg/l, aux sites 20 et 21 du ruisseau Fourcet, de 8.35 à 132 mg/l, aux sites 26 et 27 du ruisseau Héré, de 1.9 à 5.4 mg/l, et au site 47 du ruisseau de la mine W. McDonald, 3.45 mg/l (Terreault, 1970; Allard et Galarneau, 1971; Marshall et al., 1974).

2. Manganèse

La limite acceptable de manganèse pour l'eau potable

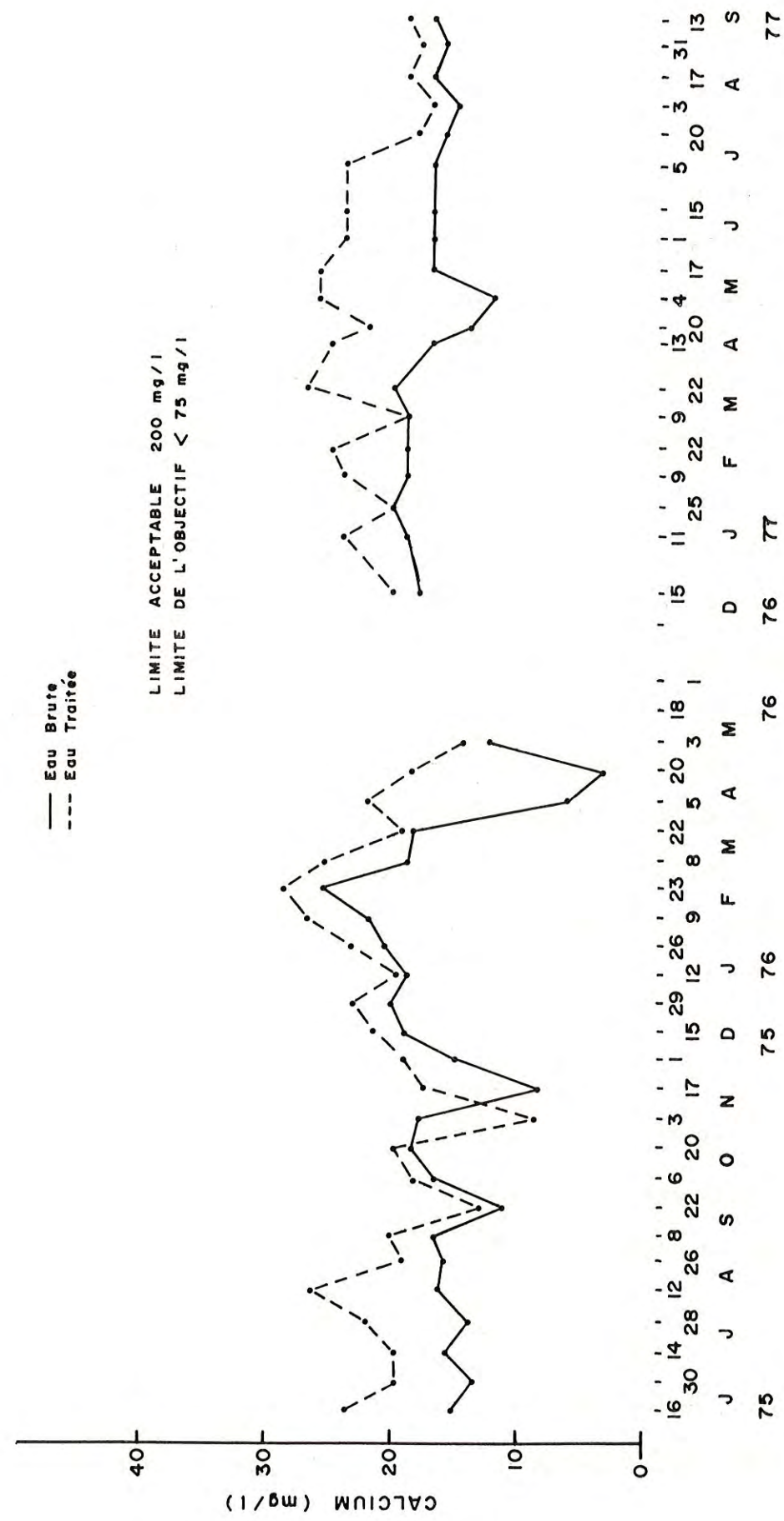


Fig. 14 VARIATION SAISONNIERE DU CALCIUM DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE

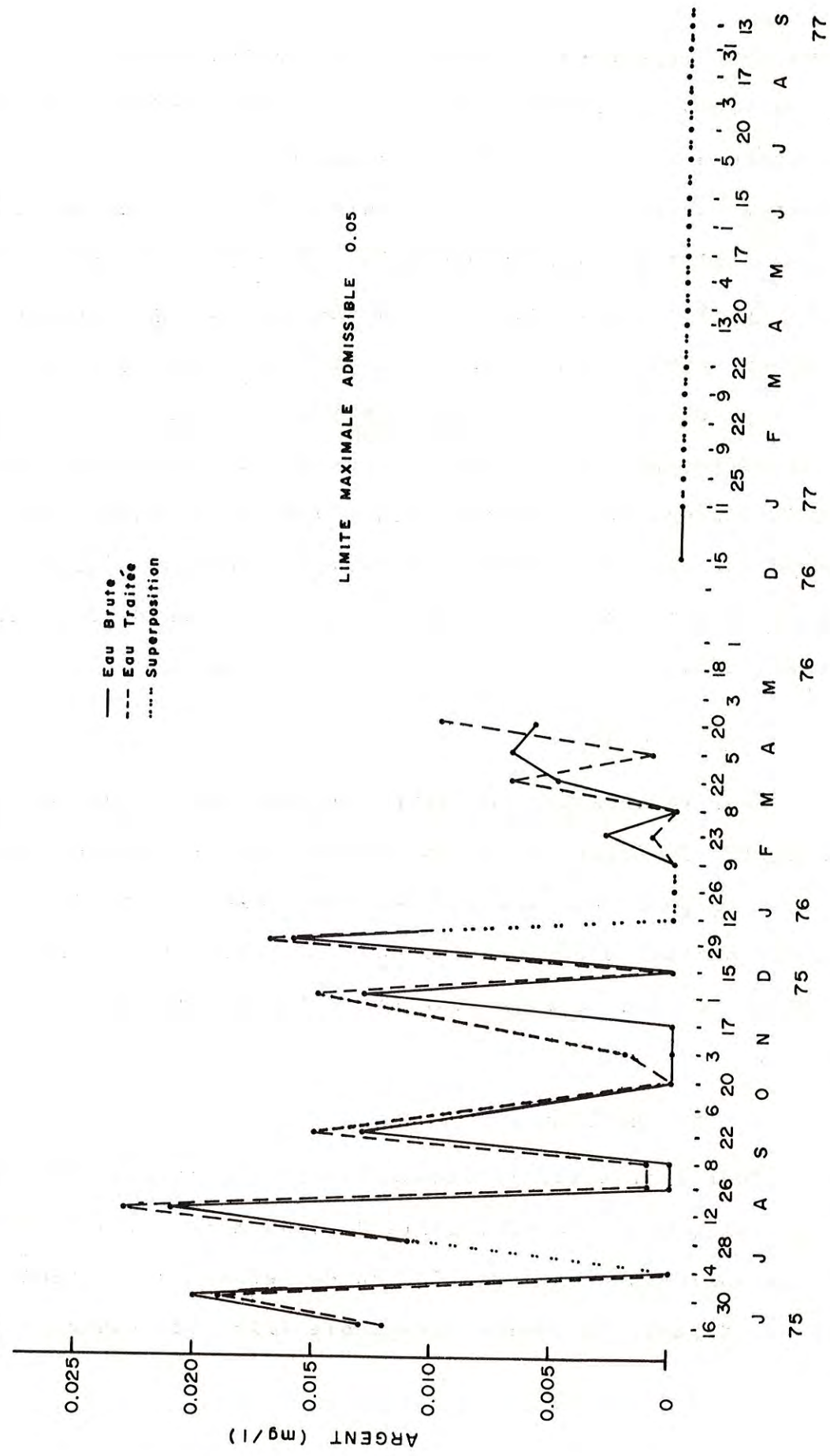


Fig. 15 VARIATION SAISONNIERE DE L'ARGENT DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE

chrome sont exprimées en chrome total plutôt qu'en Cr^{+6} . D'après Tremblay (1978) il n'est pas possible d'estimer la proportion de Cr^{+6} dans ces échantillons. Par contre Faucher et St-Jean (1977, p. 24) remplace Cr^{+6} par chrome total pour la limite maximale admissible. Ceci peut indiquer que Faucher et St-Jean considèrent qu'une partie importante du chrome est sous forme de Cr^{+6} . Si tel est le cas, alors durant la première période d'observation, on a enregistré cinq valeurs dépassant cette limite, deux valeurs provenant des eaux du robinet de Noranda et trois valeurs provenant des eaux du lac Dufault. Durant la deuxième période d'observation, la concentration en chrome est au-dessous de la limite maximale admissible (fig. 16, tableaux III et IV).

3. Cadmium

Pour le cadmium, la limite maximale admissible est de 0.01 mg/l. En figure 17 et en tableaux III et IV, on constate que cinq pour cent des valeurs pour l'eau potable pour la deuxième période d'observation sont à la limite d'admissibilité, alors que les valeurs pour l'eau du lac Dufault sont plus élevées.

4. Arsenic

Pour l'arsenic, la limite acceptable est de 0.01 mg/l et la limite maximale admissible de 0.05 mg/l. Des 29 échantillons analysés d'eau traitée, on ne décèle qu'une seule valeur qui dépasse la limite acceptable (fig. 18, tableaux III

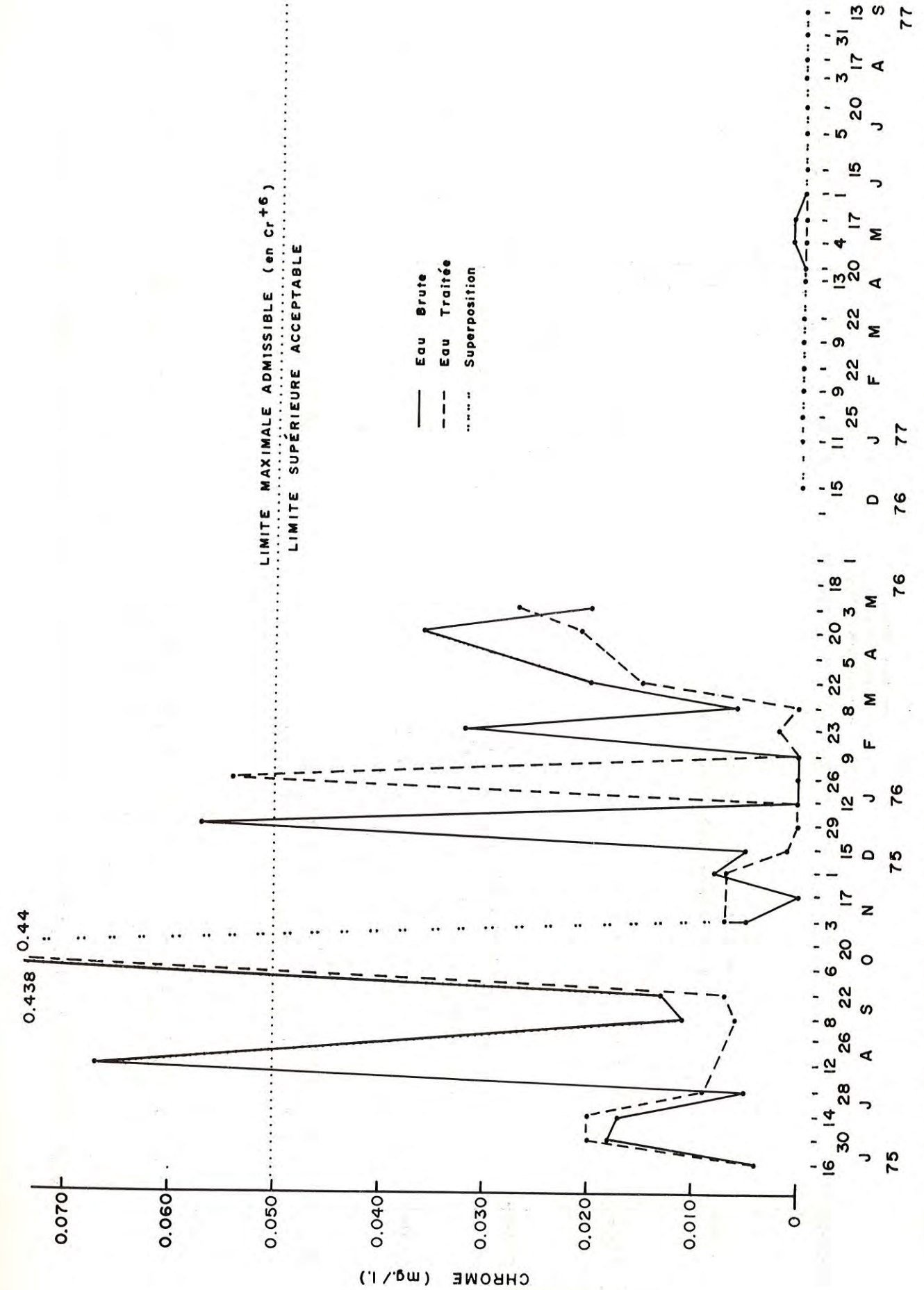


Fig. 16 VARIATION SAISONNIÈRE DU CHROME DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE.

et IV).

5. Mercur

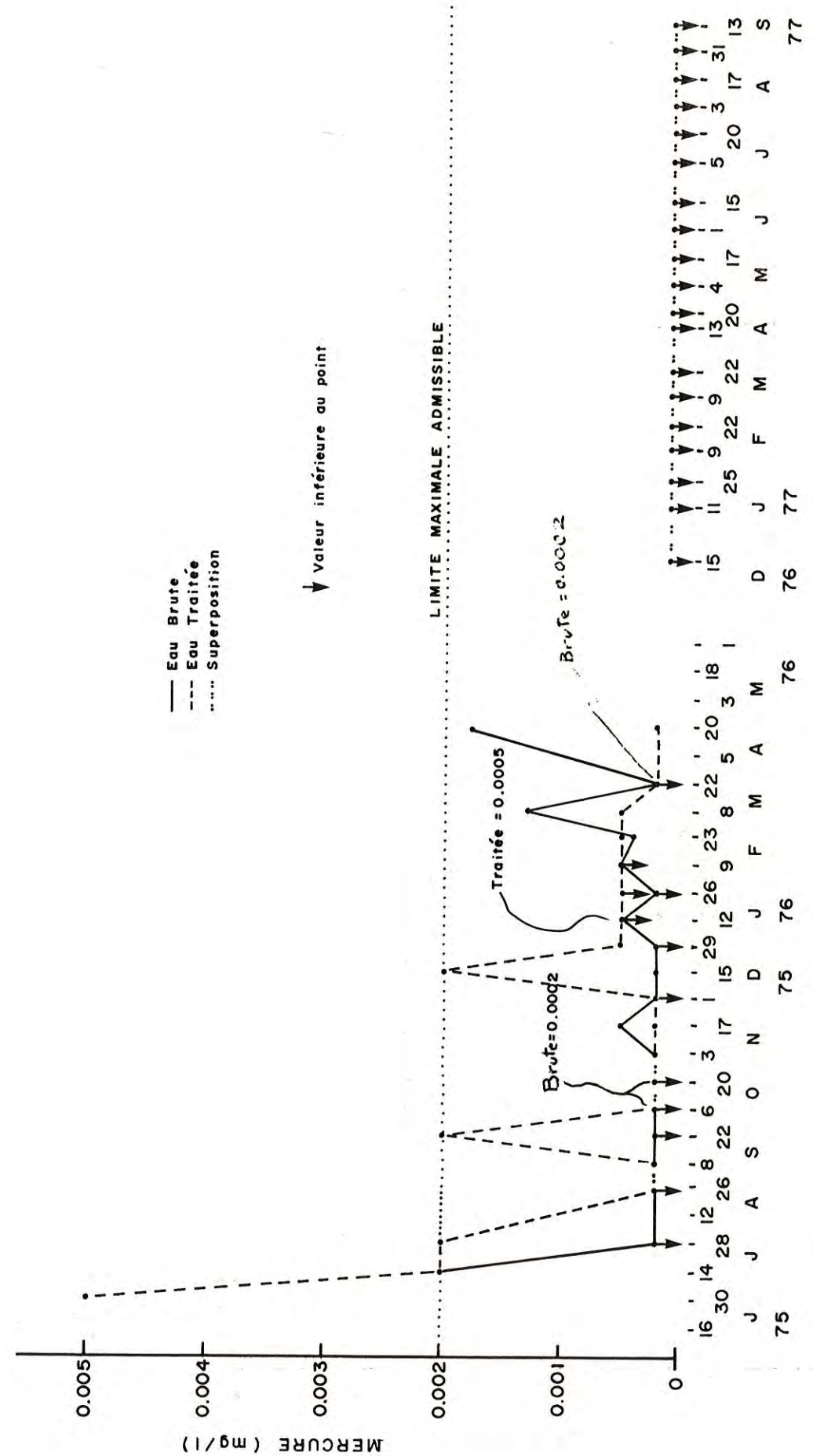
L'Environmental Protection Agency des U.S.A. fixe la limite maximale admissible du mercure dans l'eau potable à une valeur de 0.002 mg/l. Les valeurs moyennes observées sont au-dessous de cette limite, mais certaines valeurs individuelles indiquent une concentration de 0.005 mg/l (fig. 19, tableau III).

Dans les tributaires du lac Dufault, on a enregistré de fortes concentrations en mercure. Ainsi, aux sites 8, 10 et 11 du ruisseau Vauze, on a obtenu de 0.0387 à 0.090 mg/l, aux sites 14 et 15 du ruisseau Duprat de 0.022 à 0.026 mg/l, aux sites 19 et 20 du ruisseau Fourcet de 0.019 à 0.070 mg/l et aux sites 25 et 26 du ruisseau Héré de 0.020 à 0.032 mg/l (Allard et Galarneau, 1971).

6. Plomb

La limite maximale admissible pour le plomb est de 0.05 mg/l. Durant la deuxième période d'observation, on a enregistré 0.110 mg/l dans l'eau brute et 0.064 dans l'eau traitée (fig. 20, tableau IV).

La plupart des tributaires du lac Dufault sont pollués par le plomb. On a observé par exemple, des valeurs maximales de 0.1 mg/l aux sites 4, 9, 10 et 11 du ruisseau



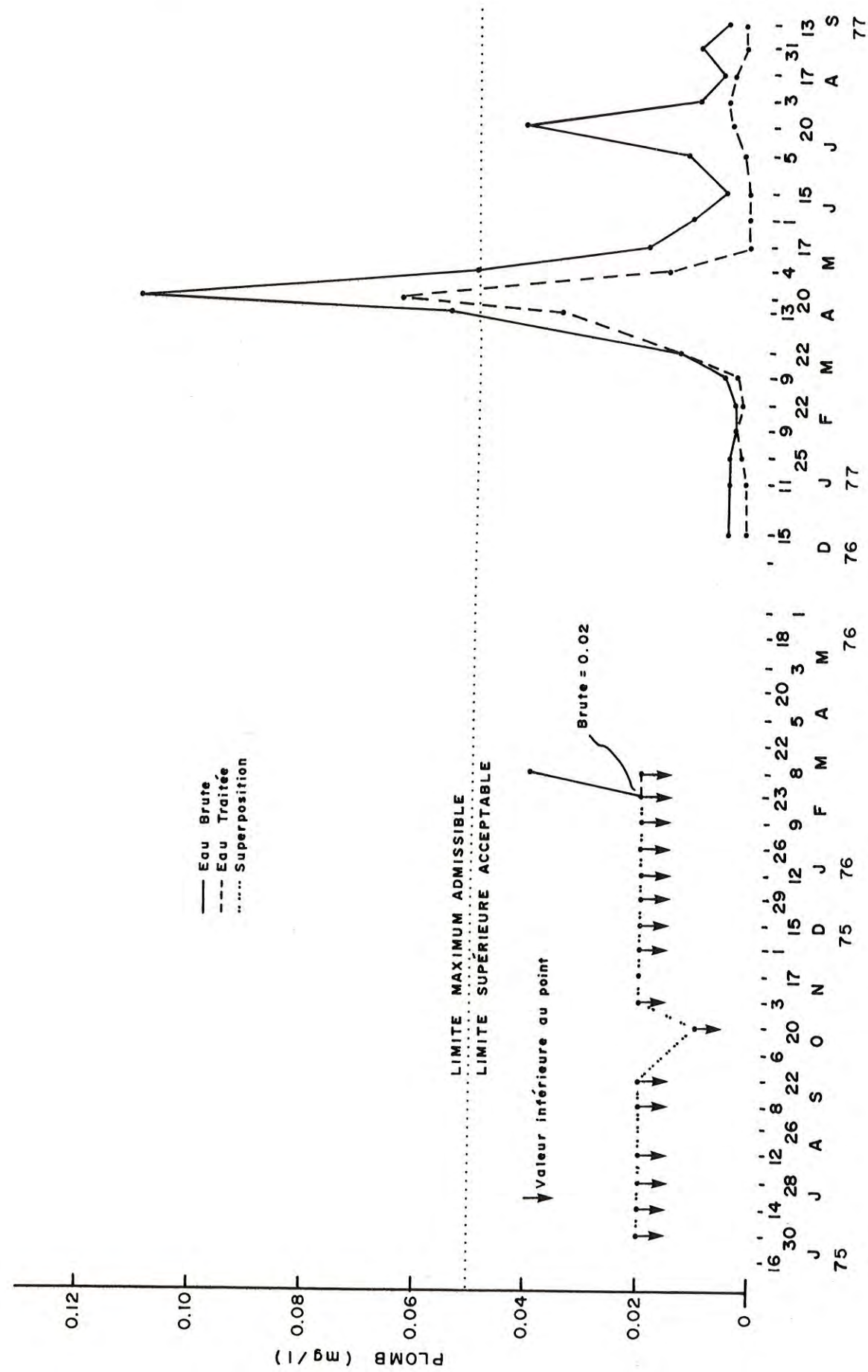


Fig. 20 VARIATION SAISONNIÈRE DU PLOMB DANS L'EAU BRUTE ET DANS L'EAU TRAITÉE

Vauze, aux sites 15, 23 et 24 du ruisseau Duprat, au site 20 du ruisseau Fourcet et au site 26 du ruisseau Héré (Terreault, 1970; Allard et Galarneau, 1971; Marshall et al., 1974).

VI - LES SÉDIMENTS DU LAC DUFAULT

Le tableau V présente la teneur en métaux lourds des sédiments prélevés par une benne à différents sites du lac Dufault. Les sites d'échantillonnage sont indiqués à la figure 2. Les valeurs moyennes sont comparées pour chaque métal à la valeur moyenne du fond régional. Cette dernière valeur est basée sur la teneur moyenne de 10 échantillons prélevés à une distance de 45 km (28 milles) en aval du lac Dufault, plus précisément du confluent de la rivière Kinojévis et de la rivière des Outaouais jusqu'à une distance de 13 km (8 milles) en amont le long de la rivière Kinojévis.

On constate que la teneur des sédiments du lac Dufault est plus élevée que celle du fond régional, soit 50 fois en cuivre, 21 fois en plomb, 17 fois en zinc, 12.5 fois en cadmium, 8 fois en arsenic et 6 fois en mercure.

VII - DISCUSSION

Dans leur analyse de l'eau, Faucher et St-Jean (1977) ne donnent aucune valeur de reproductibilité; les auteurs se basent donc sur les valeurs du tableau 1 pour considérer comme satisfaisante la qualité de l'analyse des deux périodes, sauf dans le cas du calcium, et pour faire la comparaison en-

TABLEAU V - TENEUR EN MÉTAUX LOURDS DANS DES SÉDIMENTS DU LAC DUFALT
(MÉTAUX en ppm)

Sites	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cd	Mn	As	Hg
a	315	198	430	22	42	14	760	17	0.130
b	1920	260	3750	47	28	16	420	38	0.225
c	340	118	2000	40	31	21	1520	22	0.200
d	500	123	975	24	19	8	280	45	0.125
e	1720	320	1880	46	39	12	940	37	0.155
f	1590	830	3150	52	54	29	1000	99	0.255
g	202	70	540	16	22	2	470	8	0.110
Moyenne, Lac Dufault (1)	940	275	1820	35	34	15	770	38	0.170
Moyenne du fond régional (2)	19	13	105	13	26	1.2	450	4.7	0.030
$\frac{(1)}{(2)}$	50	21	17	2.7	1.3	12.5	1.7	8	6
Moyenne, écorce terrestre (3)*	55	12.5	70	25	75	0.2	950	1.8	0.08
$\frac{(1)}{(3)}$	17	22	26	1.4	0.4	75	0.8	21	2.1

* Levinson, 1974, p. 43

tre les relevés faits durant ces deux périodes. Cependant, il existe une différence dans la limite de détection des méthodes utilisées par les laboratoires au sujet de quelques paramètres comme l'argent, le chrome, le cadmium, l'arsenic, le mercure et le plomb. Mais cette différence n'invalide pas la comparaison en vue des normes et objectifs pour l'eau de consommation.

Un autre point à considérer est la représentativité des échantillons. En effet, aucun échantillonnage systématique n'a été fait avant de choisir l'usine de traitement et le robinet de la rue Rideau comme points de relevés. Le robinet de la rue Rideau est en bout de ligne du réseau de distribution, et les échantillons qui en proviennent soutiennent une plus grande concentration de plomb, de calcium et de fer que les échantillons prélevés le même jour à l'usine. Faucher et St-Jean (1977) ont également noté que leur concentration baisse au robinet même de la rue Rideau après un écoulement d'une durée de cinq minutes. La même observation était faite par Strain et al. (1975) aux U.S.A. après un écoulement d'une durée de deux minutes.

A notre avis, ces deux sites ne sont pas suffisants pour donner une idée précise de la qualité de l'eau consommée par la population des deux villes. Ces sites représentent des extrêmes: l'eau est à son meilleur à la sortie de l'usine; en bout de ligne sur la rue Rideau, elle atteint sa

qualité la plus basse.

La différence en concentration de quelques éléments entre l'usine et la rue Rideau, de même que la baisse en concentration de la rue Rideau laissent croire que le réseau d'aqueduc contribue pour sa part à la présence d'éléments étrangers.

En comparant certaines données des deux sites durant les deux périodes on constate que le site 55 est plus influencé par la fonte printanière que le site 39 où est située la prise d'eau de l'usine. Au printemps, en effet, il y a une plus grande variation de la conductivité, de la dureté totale, du fer et du calcium. C'est que la nappe d'eau est moins profonde au site 55 qu'au site 39 et que par conséquent le rapport glace/eau est plus grand comparé aux parties plus profondes du lac. Ainsi, la fonte du printemps provoque plus de dilution durant cette période de l'année.

Les sédiments prélevés au lac Dufault (tableau V) de même que l'analyse des carottes de sédiments (Azzaria, 1978) démontrent que la couche supérieure est fortement enrichie en cuivre, en plomb, en zinc, en arsenic, en cadmium et en mercure. Ce fait peut contribuer certainement à un accroissement de ces éléments dans l'eau suivant l'importance de leur mise en suspension.

Un autre phénomène peut provoquer l'effet contraire,

soit la réduction de la quantité d'éléments. Ce phénomène, celui de sorption est celui par lequel les éléments sont retirés de la phase aqueuse et retenus à la surface des particules de sédiments présents dans l'eau. Les substances en suspension transportées par les eaux souterraines ou qui proviennent des tributaires, des puits de mines et des terrils sont éventuellement déposées dans le lac. Les prélèvements faits sur les tributaires confirment d'ailleurs cette hypothèse. Enfin, les substances émises dans l'atmosphère par la fonderie Noranda, déposées par les vents ou précipitées avec la pluie et la neige, sont incorporées non seulement à l'eau de surface, mais également à l'eau souterraine.

Quant au lac Dufault lui-même, il est peu profond n'atteignant en général que deux à cinq mètres (6 à 15 pieds) de profondeur avec des fosses de 10 mètres (30 pieds) à quelques endroits. En 1975-76, ses eaux qui semblent bien mélangées, ont commencé à geler au début de décembre et ont fondu vers la fin d'avril. Sa couche hivernale de glace atteint une épaisseur maximale d'environ un mètre (3 pieds).

Pendant l'hiver, alors que le lac est alimenté par des eaux souterraines, la contribution de la fonderie en substances chimiques, que nous présumons constante et continue, est normalement incorporée à la neige. Ainsi, durant cette saison, les eaux de surface étant gelées et la terre recouverte de neige, certaines valeurs ont tendance à demeurer stables,

telles celles du pH, de la couleur, de la turbidité, de la dureté totale et du calcium (fig. 3, 4, 5, 8, 14). Nous pouvons expliquer ce fait par la moins grande variabilité des propriétés des eaux souterraines par rapport à celles des eaux de surface.

La conductivité, par contre, a tendance à s'accroître pendant l'hiver (fig. 7). Ce phénomène peut être causé par l'augmentation de la quantité totale des constituants dissous avec l'avance de la saison, alors que la couverture de glace s'épaissit. Il a été observé d'ailleurs dans les lacs du nord et expliqué par le fait que la glace, à mesure qu'elle se forme est plus libre de constituants dissous que l'eau qui n'a pas subi le gel (Levingstone, 1963). Ainsi, ce phénomène devrait se produire dans les lacs peu profonds, comme le lac Dufault, où la couche de glace est importante par rapport au volume total du lac.

Au printemps, alors que la fonte commence à l'interface sol-neige, l'écoulement des eaux souterraines s'accroît et la neige, évidemment acide, est enrichie des substances émises par la fonderie. Le pH devient plus acide (fig. 3) et les valeurs de la couleur, de la turbidité, du fer, du manganèse, du cuivre, du cadmium et du plomb commencent à augmenter (fig. 5, 9, 10, 11, 17, 20), tandis que celles du calcium, de la dureté totale et de la conductivité diminuent par suite de la dilution. A cette saison, la glace fondante est plus pauvre en

certaines substances dissoutes, que l'eau du lac. Tout au long du printemps, les valeurs continuent à changer à mesure de l'accroissement des eaux souterraines et des eaux de ruissellement. Suivant les éléments étudiés, un maximum ou un minimum est atteint, puis se produit une stabilisation des valeurs durant la saison d'été avec quelques variantes causées par les conditions atmosphériques, en particulier la fréquence et l'intensité des pluies, et les apports transportés par les tributaires ou émis par les fumées industrielles.

VIII - CONCLUSION

La présente étude démontre clairement, malgré une diminution des concentrations de certains métaux lors de la deuxième période d'observation, que l'eau de consommation des villes de Rouyn et Noranda ne respecte pas les normes émises par le ministère de la Santé et du Bien-Être social du Canada (1968, 1974). Qu'il y ait eu réduction des concentrations dans l'eau même du lac Dufault ou amélioration du traitement de l'eau à l'usine de Noranda, le chrome, l'arsenic et le mercure ne semblent plus causer de problème, mais Faucher et St-Jean (1977) ne commentent pas ce fait.

Suite à la publication des résultats de la première année de cette étude en décembre 1976, l'industrie a-t-elle pris des mesures pour réduire la quantité des polluants dans le bassin de drainage du lac Dufault? Ce fait expliquerait la réduction de ces éléments dans l'eau de consommation. Ou

plutôt, la différence est-elle due en partie au fait que les échantillons de la deuxième période ont été prélevés à l'usine avant que l'eau n'entre dans le réseau d'aqueduc alors que les échantillons de la première période ont été prélevés en bout de ligne du réseau avec les éléments polluants fournis par l'aqueduc lui-même?

On dit bien au ministère de la Santé et du Bien-Être social (1968, 1974) que dans le cas des réserves d'eau publiques provenant de sources brutes fréquemment polluées "il est recommandé d'échantillonner l'eau à tous les trois mois". "Lorsqu'on sent ou prévoit que des influences saisonnières apporteront des changements significatifs dans la qualité chimique de l'eau brute, la fréquence de l'échantillonnage et des analyses sera telle que les changements se reflètent dans les données analytiques". De plus, pour les qualités physiques telles que la couleur, la turbidité et le pH, "on doit prélever des échantillons, au moins une fois par semaine, d'eau brute et d'eau traitée et, au moins à chaque saison, d'eau provenant de points représentatifs du réseau de distribution".

Considérant le fait qu'on connaissait depuis 12 ans le problème de l'eau de consommation à Rouyn et Noranda, il est probable qu'on n'a pas appliqué cette recommandation ou si on l'a appliqué, on n'a apporté aucune solution au problème.

Peut-on affirmer, comme l'ont fait les SPE en mars 1978,

(Bureau d'étude sur les substances toxiques, 1978) que les citoyens "peuvent boire l'eau distribuée par leur réseau d'aqueduc sans danger pour leur santé"? Nous sommes portés à croire que les eaux de consommation des villes de Rouyn et Noranda présentent des dangers pour la santé des individus et celle de la population en général, tandis que les eaux du lac Dufault peuvent constituer une menace pour ses riverains. En effet, dans un commentaire sur les aspects médicaux de la teneur en métaux lourds des prélèvements de la première période, le docteur Albert Nantel, directeur du Centre régional de Toxicologie du Québec, écrivait:

"Certains de ces métaux se retrouvent normalement dans l'organisme humain et sont même des éléments essentiels du métabolisme, c'est-à-dire le fer, le cuivre, le cobalt, etc. Bien que ces substances soient utiles, sinon essentielles à l'organisme humain, l'apport excessif de ces métaux peut causer un déséquilibre du métabolisme et par voie de conséquence porter atteinte à la santé de l'individu. Il faut bien réaliser de plus que l'eau ne représente qu'une source d'apport de ces métaux dans l'organisme. La majorité des aliments en contiennent à des degrés divers. Plusieurs médicaments et en particulier des préparations multivitaminiques peuvent contenir de fortes concentrations de ces produits. Il est donc difficile de définir avec précision la quantité totale de chacun de ces métaux qui peut être ingérée dans l'eau potable. Il faut cependant définir une limite maximale tolérable de façon à éviter un apport excessif de ces substances par le biais de l'eau potable. C'est pourquoi des normes ont été établies par le législateur afin de protéger la santé publique. Il est évi-

dent, lorsque l'on étudie les résultats de cette étude, que plusieurs de ces normes ont été dépassées. Bien qu'il ne soit pas possible de préciser immédiatement l'impact que cette situation risque d'avoir sur la santé de la population exposée, on peut déjà considérer cette situation comme anormale et inacceptable".

"D'autres métaux lourds qui, à la lumière de nos connaissances actuelles, n'ont aucune utilité pour l'organisme humain, peuvent constituer un danger pour la santé (i.e. le plomb, le mercure, l'arsenic, le cadmium, etc.). Bien que la concentration de ces métaux dans l'eau potable de la région de Rouyn-Noranda ne risque pas de produire d'intoxications aiguës dans la population, les effets à long terme de ces agents toxiques doivent être considérés. Il serait donc dangereux d'accepter qu'une population s'approvisionne en eau potable à partir d'un réservoir, d'un lac ou d'une rivière dont la teneur en métaux lourds dépasse les normes acceptables. Les taux retrouvés au cours de cette étude sont nettement excessifs et nous obligent à nous poser de sérieuses questions quant aux problèmes qu'ils peuvent engendrer, suite à une consommation quotidienne durant plusieurs années".

L'émission de polluants chimiques dans l'environnement de la région de Rouyn-Noranda continue. Ainsi, la fonderie de Noranda a émis en 1975 dans l'atmosphère les quantités mensuelles suivantes de produits: 100 tonnes métriques de Zn, 23 de As, 12 de Cd et 0.3 de Hg. En 1977, les émissions mensuelles de SO₂ ont été de 49,000 tonnes métriques (Roy, 1977). Il est

donc essentiel qu'on poursuive la surveillance des propriétés physico-chimiques de l'eau et qu'on trouve une solution à cette situation, soit en modifiant la méthode de traitement de l'eau, soit en trouvant de nouvelles sources d'approvisionnement pour les deux villes. De plus, les résultats des analyses devraient être rendus publics afin que la population connaisse les variations de la qualité de son eau potable.

IX - RÉFÉRENCES

- ALLARD, L. et C. GALARNEAU, 1971. *Rapport des analyses des eaux du bassin du lac Dufault*. Perspective-Jeunesse, U.Q.T.R. au Nord-Ouest, Rouyn, 25 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION and WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 1975. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 14th edition, Washington, D.C.
- AZZARIA, L.M., 1978. *Heavy Metals in Sediments, Noranda-Val d'Or Area, Northwestern Québec*. (en préparation).
- BUREAU D'ÉTUDE SUR LES SUBSTANCES TOXIQUES, 1978. Document du 13 mars, 1978 adressé au Comité permanent sur l'étude environnementale de Rouyn et Noranda, 2 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 1973. *National Inventory of Sources and Emissions of Mercury (1970)*. Internal Report APCD 73-6, 84 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 1976. *Niveaux de mercure dans les cours d'eau de l'ouest du Canada 1970 à 1976*. Etude No 16, série des Sciences sociales, 11 p.
- FAUCHER, M. et R. ST-JEAN, 1977. *Etude des caractéristiques physico-chimiques des eaux brutes et traitées de l'aqueduc de la ville de Rouyn-Noranda*. Services de Protection de l'Environnement du Québec, 33 p.
- HEALTH and WELFARE CANADA, 1969. *Canadian Drinking Water Standards and Objectives 1968*. 39 p.
- HEM, J.D., 1970. *Study and Interpretation of the Chemical Char-*

acteristics of Natural Water. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1473, 363 p.

- LEVINSON, A.A., 1974. *Introduction to Exploration Geochemistry.* Applied Publishing Limited, Calgary, p. 43-44.
- LIVINGSTONE, D.A., 1963. *Chemical Composition of Rivers and Lakes.* U.S. Geological Survey Professional Paper 440-G.
- MARSHALL, W.J. et al., 1974. *Quebec Metal Mines and Environment.* Quebec Metal Mining Association Inc., Quebec, 164 p.
- MCCARTHY, J.H., Jr. et al., 1970. *Mercury in the Atmosphere.* U.S. Geological Survey Professional Paper 713, p. 37-39.
- MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DU BIEN-ÊTRE SOCIAL DU CANADA, 1974. *Normes et objectifs pour l'eau potable au Canada.* Seconde édition, 42 p.
- PARADE, 1976. *Noranda Mines Limited,* Noranda, Quebec, v. 4, No 3, juin 1976.
- ROBBINS, J.C., 1973. *Mercury Vapour Analyses Using Field Portable Zeeman Equipment with Emphasis on Application of the Method in the Cordillera.* Paper presented at the 75th Annual General Meeting of Can. Inst. Min. Met., Vancouver.
- ROY, Jean, A., 1977. *Noranda Mines Ltd.,* Noranda, dans: *Dossier mercure, rapport au comité ministériel permanent du développement social.* Gouvernement du Québec, Comité interministériel du mercure, Annexe VIII, p. 1.
- STRAIN, W.H. et al., 1975. *Heavy Metal Content of Household Water.* Symposium Proceedings, International Conference on Heavy Metals in the Environment, Toronto, p. 1003-1011.
- TERREAU, J.A., 1970. *Rapport d'enquête sur la qualité des eaux du lac Dufault.* Régie des eaux du Québec, publication No 29, 36 p.
- TREMBLAY, Réal, 1978. Communication verbale.
- WEISS, H.V. et al., 1971. *Mercury in a Greenland Ice Sheet: Evidence of Recent Input by Man.* Science, Vol. 174, pp. 692-694.

COLLABORATEURS

Claude Brassard et René-Yves Desjardins du Service de la Faune du ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, ont fait l'échantillonnage systématique de l'eau et l'analyse avec l'équipement Hatch de juin 1975 à juin 1976.

Eloi Mathieu, Jean Cinq-Mars, Pierre Obry, Pierre Lefebvre et André Gaudreau du même service ont collaboré à l'échantillonnage des sédiments.

Lorenzo Pescatori et Denis Roy, étudiants du premier cycle du département de Géologie de l'Université Laval, ont collaboré à la compilation des données. Robert Lapalme, étudiant du deuxième cycle au même département, a collaboré à la compilation et à l'interprétation.

Marc Bisson, de l'Institut National de Recherche Scientifique (INRS-Eau), a analysé les échantillons d'eau recueillis les 22 et 23 août 1974. Florian Grenier, de l'Aquarium de Québec, a analysé des échantillons d'eau recueillis en 1974.

Marcel Faucher, des services de Protection de l'Environnement du Québec (SPE), a discuté des résultats et a apporté d'utiles suggestions. Réal Tremblay, également des SPE, a apporté des précisions sur la méthode analytique utilisée pour les échantillons de 1975-76.

Albert Nantel, directeur du Centre Régional de Toxicologie de Québec, a fourni l'interprétation médicale.

Pierre Gélinas, professeur au département de Géologie de l'Université Laval, a collaboré à l'interprétation des résultats.