



Pêches
et Environnement
Canada

Fisheries
and Environment
Canada

Environment Canada – Environnement Canada

Serie scientifique (Canada. Direction Generale des Eaux Interieures)

No : 37

GB 707 C3354
OOFF

0026272J

Étude complémentaire des concentrations en métaux lourds dans les sédiments des rivières des Outaouais et Rideau

Barry G. Oliver et Haig Agemian

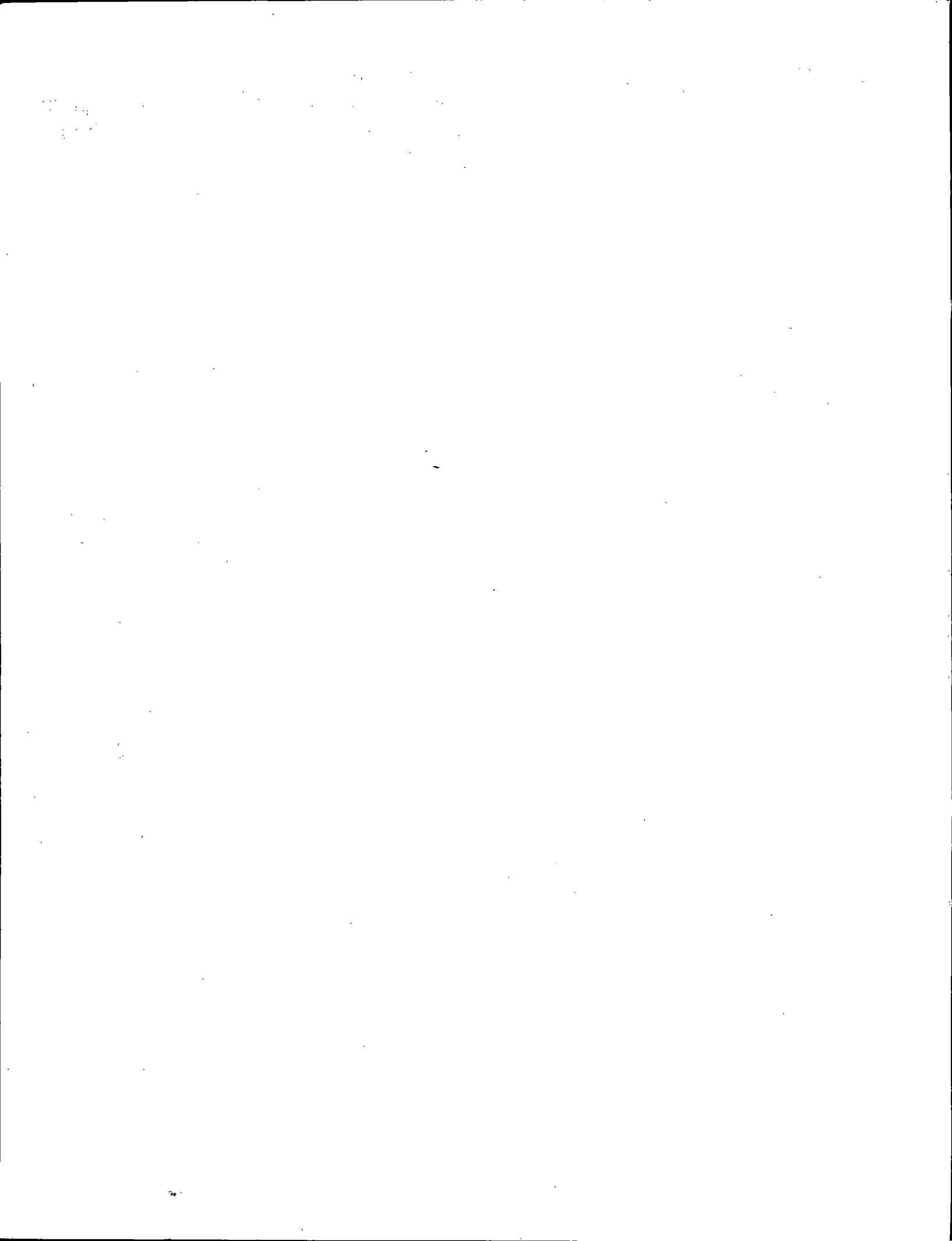


GB
707
C3354
no. 37
c. 2

ÉTUDE N° 37, SÉRIE SCIENTIFIQUE
(Available in English)

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX
OTTAWA, CANADA 1977

65





Pêches
et Environnement
Canada

Fisheries
and Environment
Canada

Étude complémentaire des concentrations en métaux lourds dans les sédiments des rivières des Outaouais et Rideau

Barry G. Oliver et Haig Agemian

ÉTUDE N° 37, SÉRIE SCIENTIFIQUE
(Available in English)

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX
OTTAWA, CANADA, 1977

GB

707

Q3354

No.32

C.1

Table des matières

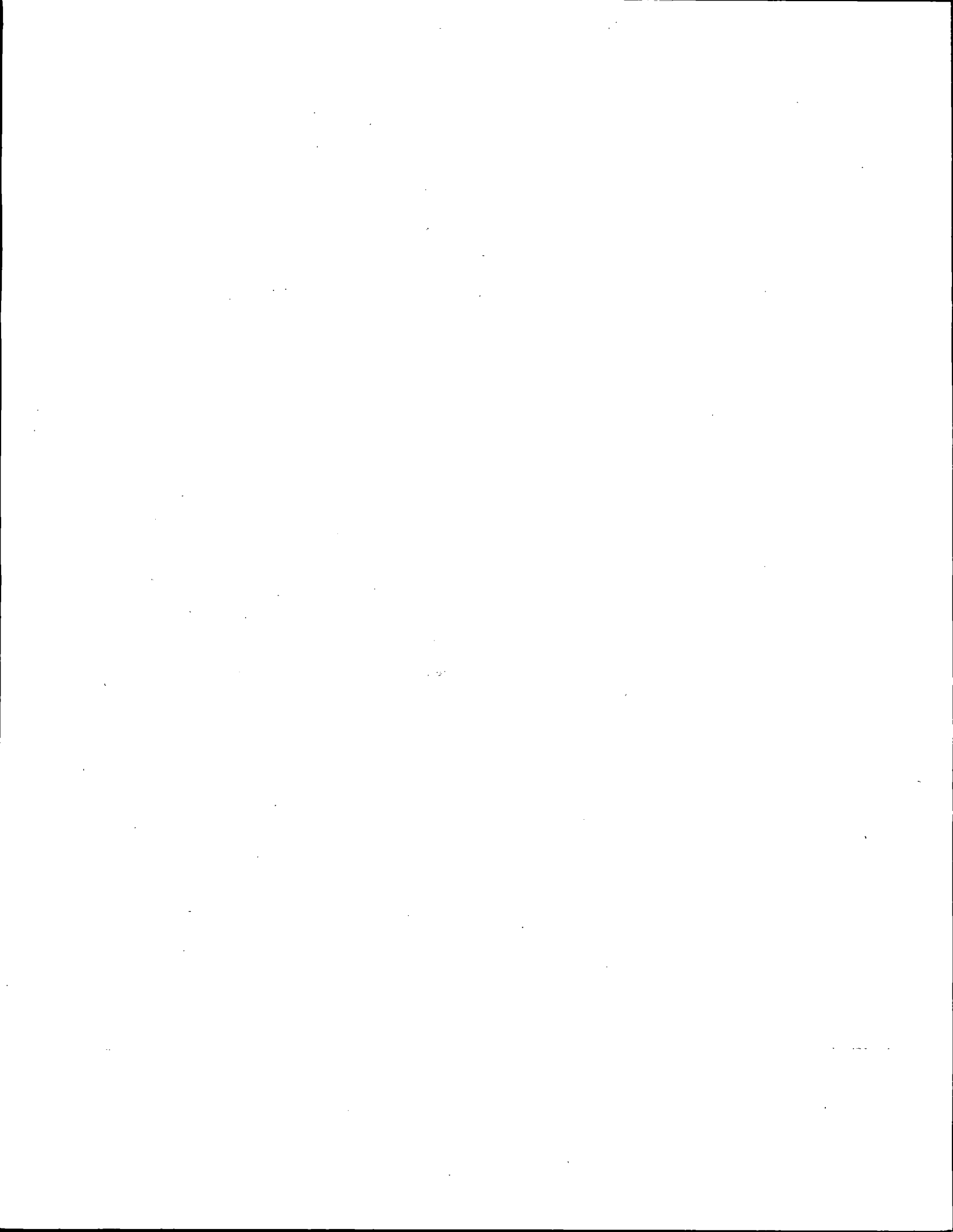
| | Page |
|--------------------------------|------|
| RÉSUMÉ..... | v |
| ABSTRACT..... | v |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| EXPÉRIMENTATION..... | 1 |
| Échantillonnage..... | 1 |
| Analyse..... | 1 |
| RÉSULTATS ET COMMENTAIRES..... | 4 |
| RÉFÉRENCES..... | 10 |

Illustrations

| | |
|--|---|
| Figure 1. Lieux de prélèvement dans la rivière des Outaouais..... | 2 |
| Figure 2. Lieux de prélèvement dans la rivière Rideau..... | 3 |
| Figure 3. Échantillonneur de sédiments U.S. BMH-60..... | 4 |
| Figure 4. Concentration moyenne en plomb (p.p.m.) dans les sédiments de la rivière Rideau en fonction du lieu de prélèvement des échantillons..... | 5 |

Tableaux

| | |
|--|----|
| 1. Spectrophotomètre d'absorption atomique: paramètres de l'appareil et limites de détection..... | 5 |
| 2. Analyse chimique des sédiments des rivières des Outaouais et Rideau | |
| (a) Sédiments de la rivière des Outaouais..... | 7 |
| (b) Sédiments de la rivière Rideau..... | 8 |
| 3. Concentrations naturelles moyennes en métaux lourds absorbés et précipités dans les sédiments des rivières des Outaouais et Rideau (tamis de -80 mesh)..... | 10 |

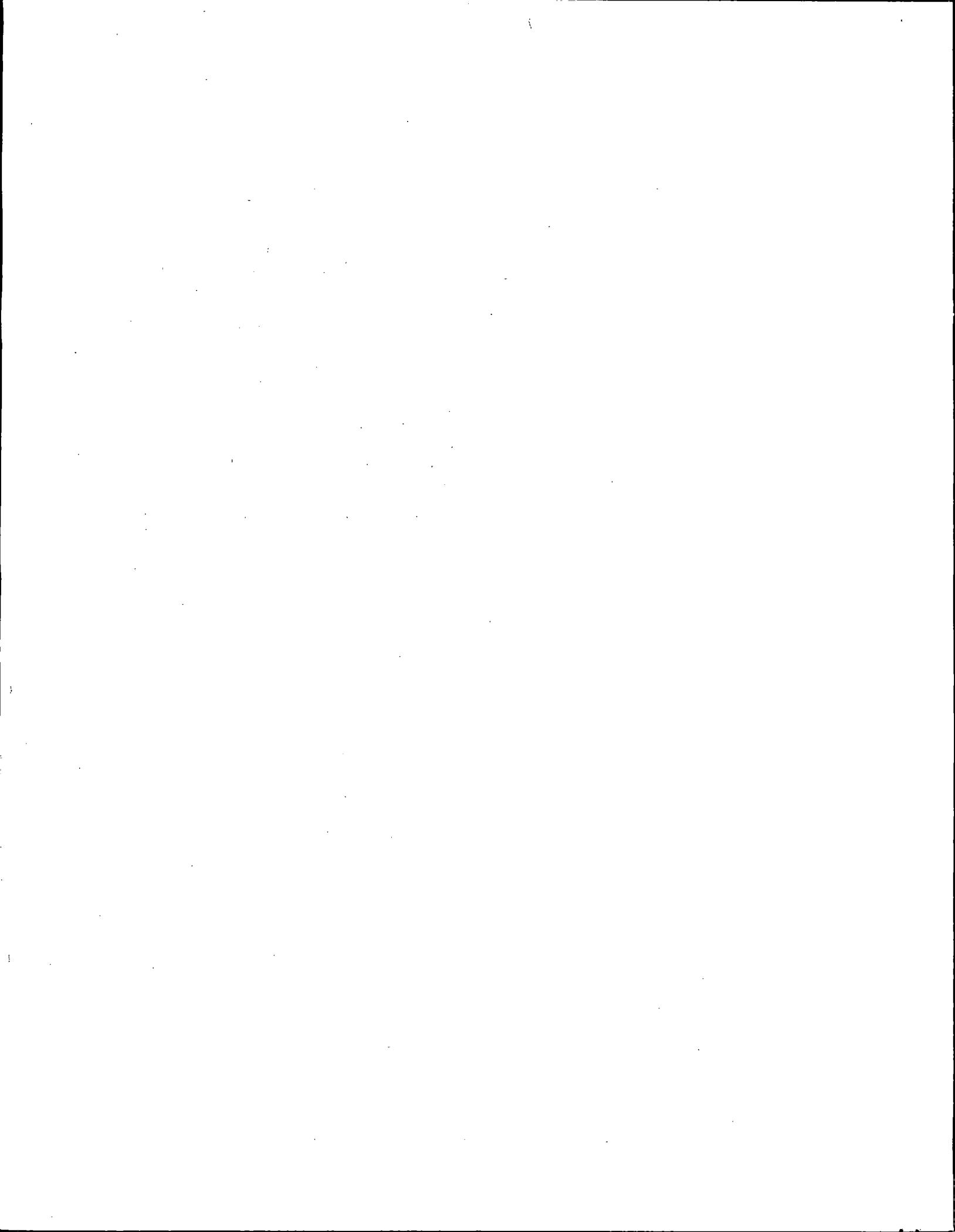


Résumé

Au cours de l'été 1972, des échantillons de sédiments prélevés à deux milles d'intervalle le long des rivières des Outaouais et Rideau, ont servi aux analyses par spectrophotométrie d'absorption atomique pour la détermination des concentrations en plomb, mercure, zinc, cuivre, nickel, cobalt, fer, manganèse, chrome et cadmium. Des concentrations en mercure anormalement élevées étaient alors mesurées à proximité des points d'évacuation d'une usine de pâte à papier, utilisant des microbicides à base de mercure. Des concentrations élevées en métaux étaient également déterminées aux points d'évacuation des installations d'épuration et des égouts pluviaux, résultat qui avait pu être prévu puisque les eaux usées renferment des quantités importantes de métaux, particulièrement sous forme de particules. Le fait d'avoir éloigné de la rivière Rideau les dépôts de neige avait contribué à abaisser la concentration en plomb à proximité d'Ottawa.

Abstract

Sediment samples, collected at two-mile intervals on the Ottawa and Rideau Rivers in the summer of 1972, were analyzed for lead, mercury, zinc, copper, nickel, cobalt, iron, manganese, chromium, and cadmium by atomic absorption spectrophotometry. Unusually high levels of mercury were recorded near pulp and paper industrial discharges as a result of former use by the industry of mercurial slimicides. Elevated metal levels were found at sewage plant and storm sewer outfalls. This is to be expected as sewage contains a significant quantity of metals, especially in the particulate form. The removal of snow disposal sites away from the Rideau River lowered the lead sediment levels in this river in the city of Ottawa.



Étude complémentaire des concentrations en métaux lourds dans les sédiments des rivières des Outaouais et Rideau

Barry G. Oliver et Haig Agemian

INTRODUCTION

Une étude approfondie des concentrations en métaux lourds des sédiments des rivières des Outaouais et Rideau réalisée au cours de l'été 1971 (Oliver et Kinrade, 1972), avait révélé la présence de concentrations élevées en mercure dans les sédiments en aval des points d'évacuation d'une usine de pâte à papier, utilisant de l'acétate de méthoxyéthylmercure comme microbicide. En outre, elle avait relevé un taux excessif de plomb dans les sédiments à un dépôt de neige et des concentrations élevées en plusieurs métaux aux points d'évacuation d'une installation d'épuration. Les résultats démontraient que les métaux lourds pouvaient constituer un danger à long terme pour l'écosystème des rivières.

Pour confirmer les résultats obtenus, il y a eu lieu d'entreprendre, au cours de l'été 1972, une étude complémentaire portant sur les concentrations en métaux lourds dans les sédiments des rivières. Les échantillons devaient être prélevés aux mêmes endroits que l'année précédente ainsi qu'au nord d'Ottawa et en aval de Thurso sur la rivière des Outaouais. Étant donné que l'usine de pâte à papier n'utilisait plus de mercure au printemps 1971 et que les rejets de neige dans la rivière avaient aussi cessé, il a été possible de déterminer les conséquences à court terme de ces changements sur les concentrations en métaux des sédiments.

EXPÉRIMENTATION

Échantillonnage

Des échantillons de sédiments étaient prélevés à deux milles d'intervalle le long de la rivière des Outaouais, de Constance Bay à Carillon, et le long de la rivière Rideau, de Smiths Falls à Ottawa, du 29 mai au 16 juin 1972. Les stations d'échantillonnage, identifiées par les numéros -4 à 34 pour la rivière des Outaouais et par les lettres A à Z pour la rivière Rideau, sont indiquées sur les figures 1 et 2 respectivement. Les emplacements 1 à 20 et A à Z sont identiques à ceux de 1971. Les autres correspondent au prolongement de la zone étudiée. À chaque emplacement, trois échantillons étaient prélevés: un échantillon à environ 30 pieds de chaque rive et un troisième au centre de la

rivière. Dans la rivière des Outaouais, le premier échantillon de chaque station était prélevé du côté du Québec, le deuxième au centre de la rivière et le troisième, du côté de l'Ontario. Par exemple, à la station 8, l'échantillon 8-1 était recueilli du côté du Québec, l'échantillon 8-2 au centre de la rivière et l'échantillon 8-3 du côté de l'Ontario. Dans la rivière Rideau, le premier échantillon était prélevé près de la rive droite, le deuxième au centre de la rivière et le troisième près de la rive gauche.

Un échantillonneur de sédiments U.S. BMH-60 (figure 3) était utilisé pour l'échantillonnage. Il fonctionnait bien pour tous les types de sédiments, sauf évidemment lorsque le lit de la rivière était formé de roches. En se remplissant, le seau pénétrait dans le lit du cours d'eau à une profondeur approximative de 4.45 cm (1.75 po) et prélevait un échantillon de 175 ml de matériaux du lit. L'échantillonneur était plus sûr que le carottier Lane employé en 1971.

Analyse

Les échantillons de sédiments étaient séchés à l'air puis passés dans un tamis de -80 mesh en acier inoxydable. Un gramme du matériau tamisé était macéré dans 100 ml d'acide (HNO_3 4M et HCl 0.7 M) pendant 2 h entre 70 °C et 90 °C. Le rendement de la technique d'extraction partielle variait beaucoup avec la nature de l'échantillon, mais la différence entre la quantité de métal obtenue avec la méthode d'extraction totale par $\text{HF} - \text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ et celle obtenue avec la méthode décrite ci-dessus était à peu près constante pour vingt échantillons représentatifs prélevés dans toute la zone étudiée. La technique utilisant le mélange $\text{HNO}_3 - \text{HCl}$ faible a donc eu peu d'effets sur les métaux liés aux minéraux des sédiments et n'a enlevé de l'échantillon que les métaux précipités ou absorbés à la surface. Pour l'analyse du cadmium, il a été nécessaire d'augmenter la quantité de sédiments analysés à 5 g et de diminuer la quantité d'acide à 25 ml, car les concentrations en cadmium étaient très faibles. Dans ce cas, un mélange acide plus concentré (HNO_3 10M et HCl 2M) a dû être utilisé.

Les concentrations des extraits acides en plomb, mercure, zinc, cuivre, nickel, cobalt, fer, manganèse, chrome et cadmium étaient déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique du type Perkin-Elmer (modèle 403).

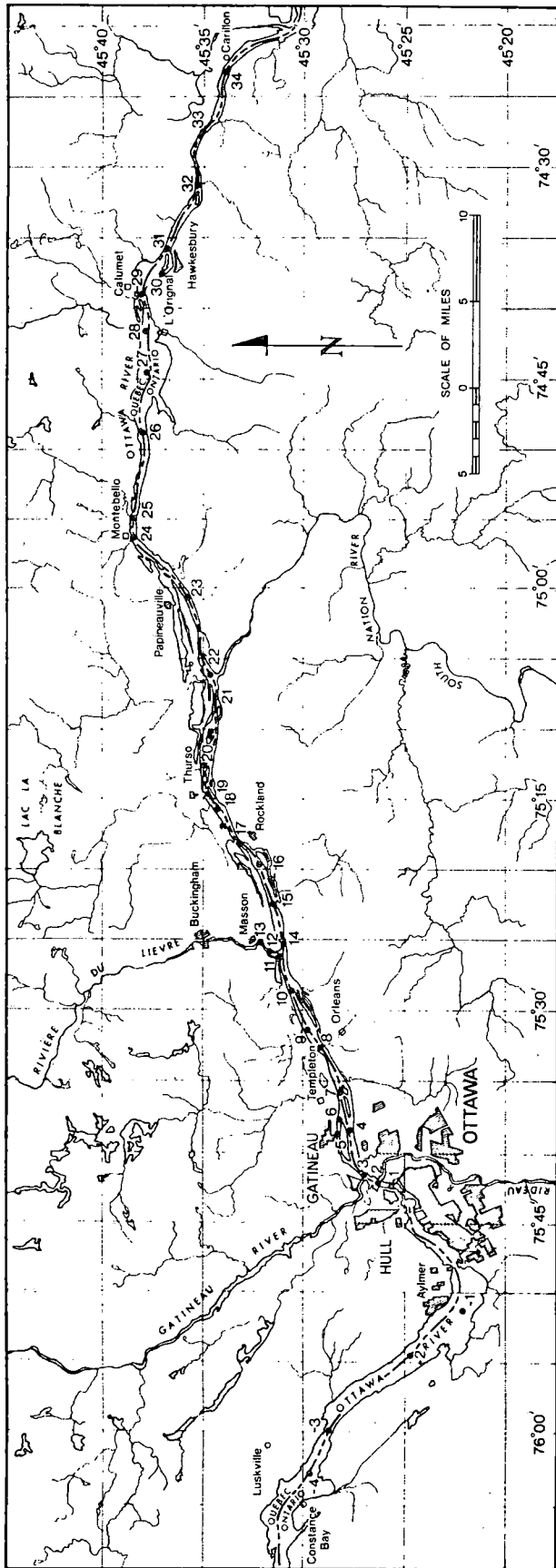


Figure 1. Lieux de prélèvement dans la rivière des Outaouais.

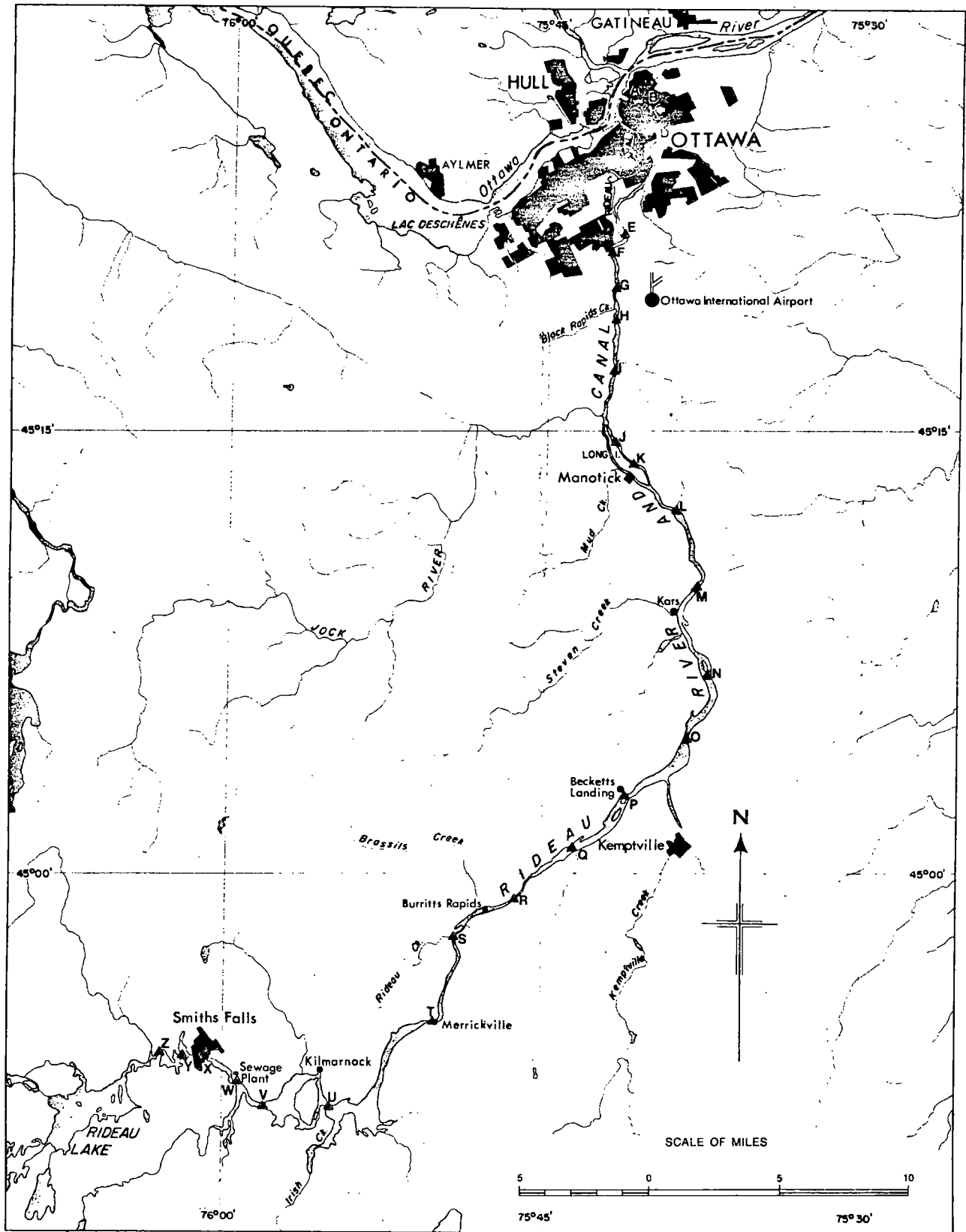


Figure 2. Lieux de prélèvement dans la rivière Rideau.

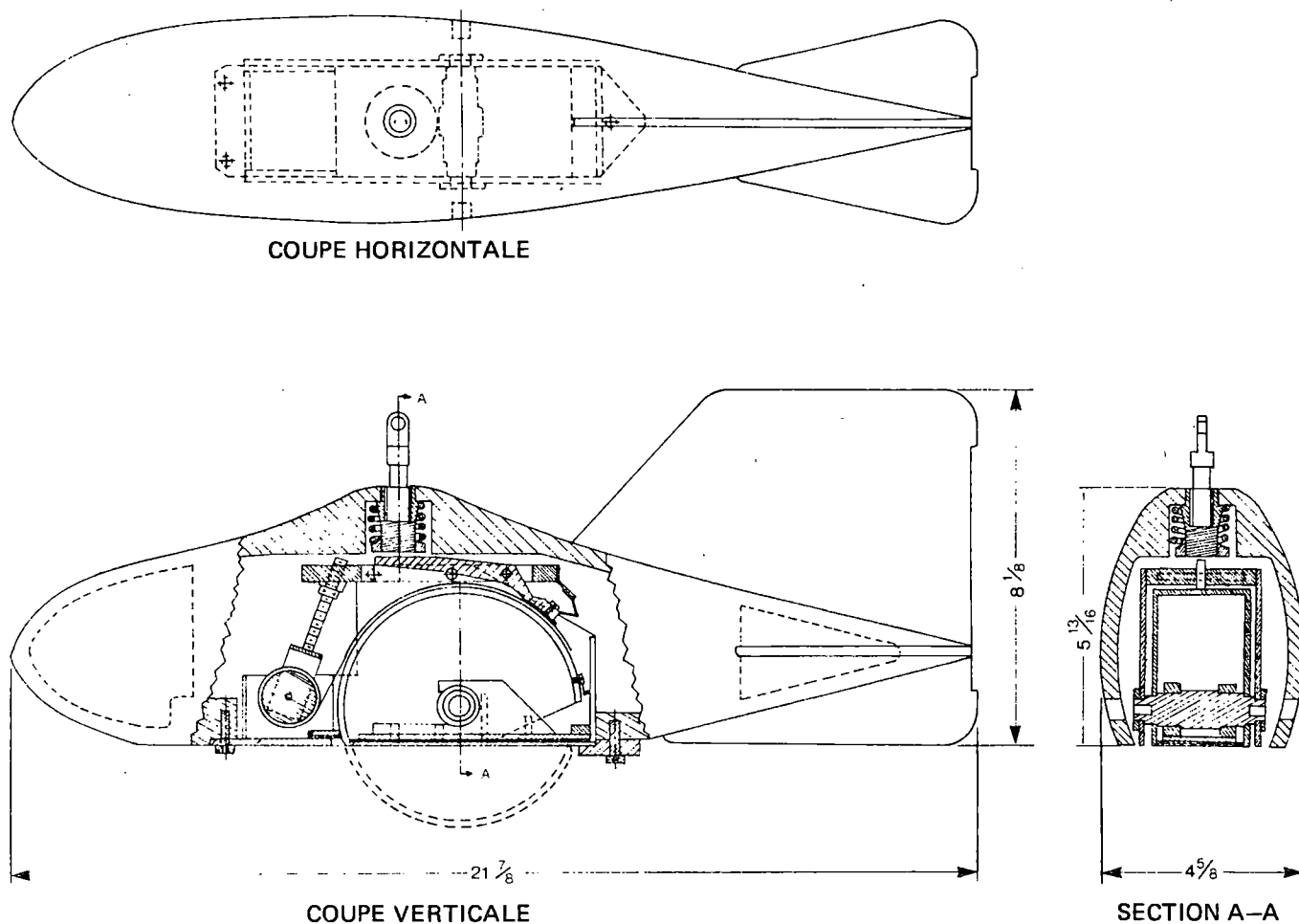


Figure 3. Échantillonneur de sédiments U.S. BMH-60.

Les techniques classiques d'absorption atomique n'étaient pas suffisamment sensibles pour mesurer la concentration en mercure et il a donc fallu utiliser, pour ce métal, la méthode sans flamme (Oliver et Kinrade, 1972; Hatch et Ott, 1968). L'absorption atomique était trop sensible pour être utilisée pour le fer, car les concentrations en fer étaient extrêmement élevées; la technique par émission atomique a donc servi à l'analyse. Les paramètres des appareils et la précision de l'analyse pour les différents éléments sont donnés au tableau 1. Le manuel d'instructions (*Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*, 1968) ne mentionne aucune interférence spectrale pour ces éléments, résultat que les études en laboratoire devaient confirmer. Des étalons dont les concentrations en acide et en métal étaient environ les mêmes que celles des échantillons, étaient aussi préparés.

La teneur en matières organiques de quelques échantillons choisis était déterminée par la méthode d'oxydation au bichromate (Atkinson et coll., 1958; Peech et coll., 1917).

Une quantité connue de $K_2Cr_2O_7$ était ajoutée à 0.5 g de sédiments. Le bichromate en excès était ensuite titré par sulfate ferreux en présence de diphenylaminesulfonate de baryum comme indicateur. La méthode n'est précise qu'à $\pm 20\%$; toutefois, elle donne un ordre de grandeur lorsque les instruments permettant de faire une analyse plus complexe du carbone ne sont pas disponibles.

RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Les analyses n'étaient effectuées que sur la partie de l'échantillon passant dans un tamis de -80 mesh plutôt que sur une partie représentative de l'échantillon complet. Hawkes et Webb (1972) avaient recommandé cette méthode, car elle permet de distinguer avec le meilleur contraste les concentrations naturelles des concentrations anormalement élevées. De même, une étude précédente (Oliver, 1972) avait montré que la grosseur des particules de sédiments influait considérablement sur la teneur en métal. Par con-

Tableau 1. Spectrophotomètre d'absorption atomique
Paramètres de l'appareil et limites de détection

| Élément | Réglage de la longueur d'onde (m μ) | Largeur de fente (A) | Type de flamme | Limite de détection (p.p.m.) | |
|---------|--|----------------------|----------------|------------------------------|---------------|
| | | | | Des extraits d'acide | Des sédiments |
| Pb | 283 | 4 | oxydante | 0.05 | 5 |
| Hg | 254 | 5 | aucune | 0.0001 | 0.01 |
| Zn | 214 | 5 | oxydante | 0.01 | 1 |
| Cu | 325 | 4 | oxydante | 0.01 | 1 |
| Ni | 232 | 3 | oxydante | 0.05 | 5 |
| Co | 241 | 3 | oxydante | 0.05 | 5 |
| Fe | 372 | 3 | émission | 1 | 100 |
| Mn | 279 | 4 | oxydante | 0.02 | 2 |
| Cr | 358 | 3 | réductrice | 0.01 | 1 |
| Cd | 229 | 4 | oxydante | 0.01 | 0.05 |

séquent, il a fallu mesurer la surface spécifique des sédiments afin d'établir une corrélation certaine entre ce paramètre et la teneur en métal. La courbe de la concentration en métal en fonction de la surface spécifique indique que la teneur en métal augmente rapidement avec la surface jusqu'à ce que celle-ci atteigne environ 10 m²/g, puis se

stabilise pour des surfaces plus grandes. Pour comparer les concentrations en métaux d'échantillons dont les particules ont des grosseurs ou des surfaces spécifiques qui varient beaucoup, il était donc nécessaire d'analyser la partie fine de l'échantillon (passant à -80 mesh), pour laquelle la surface spécifique était supérieure à environ 10 m²/g.

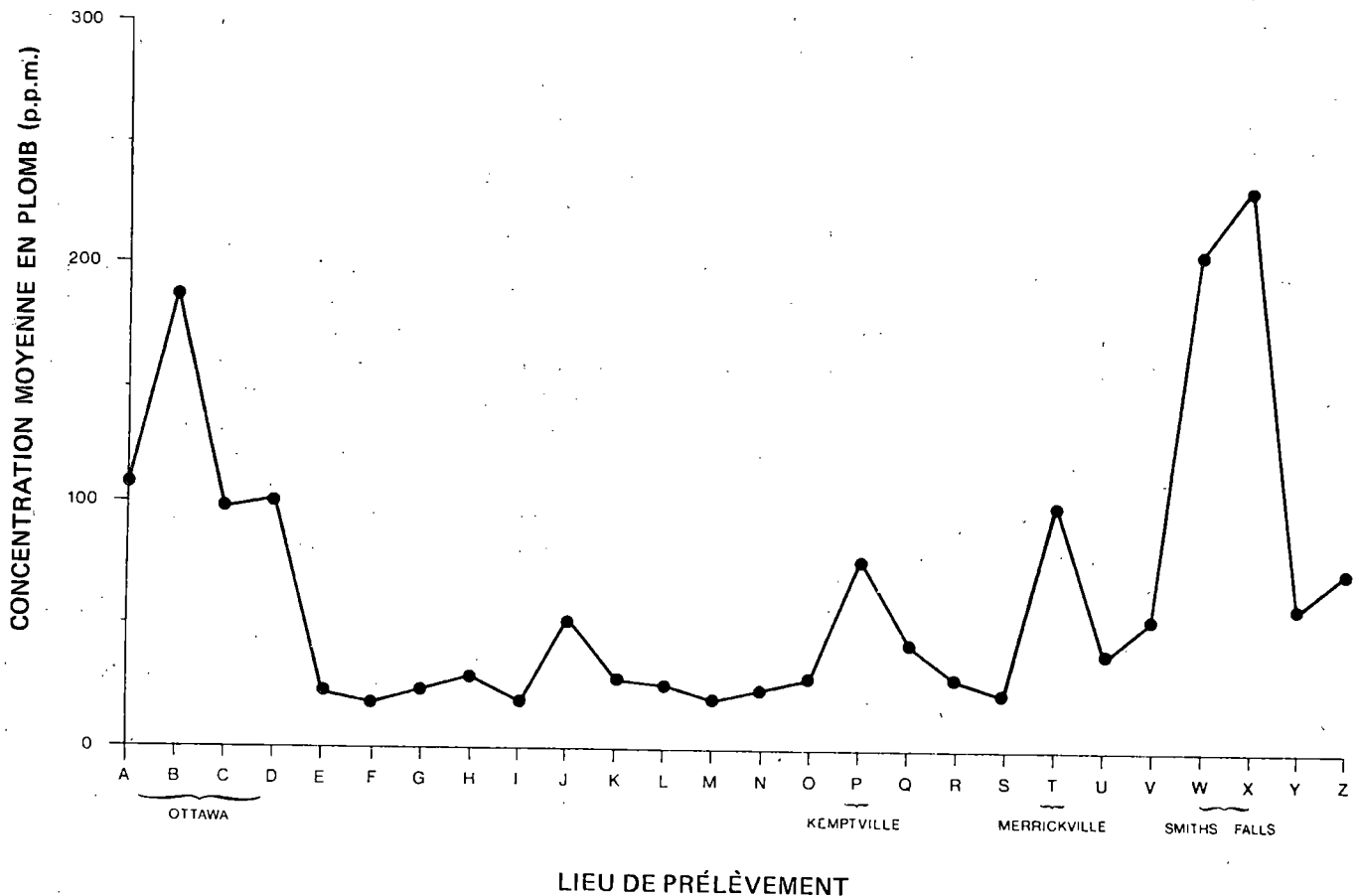


Figure 4. Concentration moyenne en plomb (p.p.m.) dans les sédiments de la rivière Rideau en fonction du lieu de prélèvement des échantillons.

Les résultats de l'analyse sont donnés aux tableaux 2 (a) et 2 (b). Les tableaux fournissent aussi une description de l'échantillon, le pourcentage massique passant à -80 mesh et le pourcentage massique des matières organiques. Il existe une corrélation étroite entre la taille des particules de l'échantillon et la teneur en matières organiques. Les échantillons à grains fins contiennent beaucoup plus de matières organiques que les échantillons à grains plus gros. Cependant, la corrélation entre les concentrations en métaux lourds et la teneur en matières organiques est plus faible que prévue. Les coefficients linéaires de corrélation entre la concentration en métaux et la teneur en matières organiques sont les suivants: Pb (0.36), Hg (0.06), Zn (0.40), Cu (0.02), Ni (0.20), Co (0.24), Fe (0.35), Mn (0.22), et Cr (0.21). Certains cas de corrélation plus forte existent (Thomas, 1972).

Les concentrations naturelles moyennes en métaux étaient calculées comme en 1971 et sont présentées au tableau 3. Tout échantillon dont la concentration était supérieure à trois fois cette valeur moyenne ou à cette valeur moyenne plus deux fois l'écart type était considéré comme «anormal». Comme en 1971, les échantillons prélevés dans la rivière des Outaouais en aval de l'usine de pâte à papier contenaient de grandes quantités de mercure (2.09, 1.47 et 2.70 p.p.m.). L'usine ayant cessé d'utiliser des microbicides à base de mercure au printemps 1971, ces concentrations élevées indiquent que le mercure constituera un danger à long terme pour la vie halieutique de la rivière.

La figure 4 montre un intéressant graphique de la concentration moyenne en plomb en fonction du lieu de prélèvement sur la rivière Rideau. La rivière, étant assez petite, est sensible à tout rejet de plomb. Ainsi, la concentration s'élève brusquement à Smiths Falls, au village de Merrickville, à Kemptville et finalement à Ottawa. Les concentrations en plomb sont particulièrement élevées à Smiths Falls et à Ottawa à cause du déversement des égouts d'eaux vannes, des égouts pluviaux et du dépôt de neige près de la rivière.

Dans l'étude de 1971 (Oliver et Kinrade, 1972; Oliver, 1972), des concentrations excessivement élevées en plomb avaient été mesurées dans les sédiments d'un dépôt de neige. Une étude approfondie de la teneur en plomb de la neige et de la neige fondue, effectuée au cours de l'hiver de 1971 et 1972 (LaBarre et coll., 1973; Oliver et coll., à paraître), avait révélé que le plomb dans les sédiments était attribuable à la présence de particules de plomb dans la neige. Lorsque la neige est déversée directement dans la rivière, les particules descendent simplement au fond pour devenir partie intégrante des sédiments. L'étude de la neige avait également démontré que les eaux qui s'écoulent du dépôt de neige ne renferment qu'un pour cent environ de la quantité de plomb présente dans la neige déposée. Le reste du plomb est demeuré dans le sol du dépôt. À l'automne 1971,

le ministère de l'Environnement de l'Ontario avait recommandé d'éloigner les dépôts de neige à environ 100 pieds des cours d'eau. Suite à cette recommandation, la ville d'Ottawa n'a pas déversé de neige dans la rivière Rideau durant l'hiver de 1971 et 1972, et les concentrations en plomb sont passées d'entre 336 à 1315 p.p.m. en 1971 à environ 100 à 200 p.p.m. en 1972. En modifiant les méthodes de rejet de la neige, il a été possible de réduire de façon sensible la quantité de plomb qui se déposait dans la rivière.

Toujours en 1972, des concentrations élevées en métaux lourds étaient mesurées dans les sédiments en aval des points d'évacuation des eaux usées. Près du point d'évacuation de l'installation primaire d'épuration de Smiths Falls (lieu de prélèvement W-1, 2, 3), des concentrations élevées étaient déterminées pour plusieurs métaux: Pb (206 p.p.m.), Hg (1.35), Zn (347), Cu (70). Un échantillon prélevé au confluent du ruisseau Brewery (2-1), qui reçoit les eaux usées de six égouts d'eaux vannes de Hull, contenait des concentrations élevées en Pb (275 p.p.m.), en Hg (1.47 p.p.m.), en Zn (485 p.p.m.), en Cu (179 p.p.m.), en Cr (114 p.p.m.) et en Cd (2.4 p.p.m.). Au point d'évacuation d'un égout pluvial et d'un réseau d'égouts d'eaux vannes à Hawkesbury (30-3), des concentrations élevées étaient calculées pour le Pb (142 p.p.m.), le Hg (1.56 p.p.m.) et le Cu (92 p.p.m.). La Sous-division de la recherche sur le traitement des eaux et des eaux usées, Centre canadien des eaux intérieures de Burlington (B.G. Oliver), a entrepris un programme de recherche portant sur les métaux lourds dans les installations d'épuration des eaux usées. Les premiers résultats indiquent qu'une partie importante des métaux pénétrant dans l'installation d'épuration est enlevée lors du traitement classique secondaire des boues activées et, dans une proportion moindre, lors du traitement primaire; cependant, certains métaux lourds atteignent toujours le cours d'eau. Il faudrait donc mettre au point de meilleures méthodes de traitement des eaux usées, particulièrement lorsque des déchets métalliques industriels sont déversés en grande quantité dans le réseau d'égouts public.

Un problème que l'étude de 1971 n'a pas mis en évidence, mais qui est devenu très apparent dans l'étude de 1972, est celui de Merrickville sur la rivière Rideau. Les échantillons prélevés à cet endroit (T-1, 2, 3 au tableau 2 (b)) contenaient des concentrations élevées en Pb, Zn, Cu, Ni et Cr. Par le passé, les deux usines de placage métallique du village jetaient leurs déchets non traités directement dans la rivière. Il semble maintenant que ces usines soient tenues de traiter leurs eaux usées pour se conformer aux lignes directrices énoncées par l'Ontario, mesure qui devrait améliorer la situation.

L'analyse du cadmium a porté sur cinquante-quatre échantillons de sédiments pour en déterminer les concentrations. La concentration moyenne en cadmium dans la

Tableau 2(a). Analyse chimique des sédiments des rivières des Outaouais et Rideau
Sédiments de la rivière des Outaouais

| Numéro de l'échantillon | Description de l'échantillon | % massique -80 mesh | % massique matières organiques | Concentration en p.p.m. | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|------|-----|-----|----|----|-------|------|-----|------|
| | | | | Pb | Hg | Zn | Cu | Ni | Co | Fe | Mn | Cr | Cd |
| -4-1 | L. | 96 | 3.2 | 36 | 0.24 | 172 | 34 | 5 | 32 | 41000 | 775 | 80 | |
| -4-2 | A.L. | 28 | 1.9 | 44 | 0.18 | 203 | 39 | 6 | 33 | 58000 | 1940 | 111 | |
| -4-3 | L.O. | 19 | 3.7 | 99 | 0.30 | 222 | 21 | 45 | 29 | 33400 | 972 | 50 | |
| -3-1 | G.F. | 40 | | 16 | 0.21 | 35 | 7 | 1 | 10 | 11900 | 166 | 10 | |
| -3-2 | L. | 84 | | 74 | 0.24 | 288 | 34 | 5 | 34 | 40000 | 1240 | 74 | |
| -2-2 | L. | 86 | | 117 | 0.54 | 287 | 32 | 45 | 30 | 40400 | 1181 | 74 | |
| -2-3 | L. | 95 | | 100 | 0.36 | 280 | 32 | 45 | 30 | 38800 | 1084 | 65 | |
| -1-1 | L.O. | 96 | 3.0 | 36 | 0.27 | 93 | 15 | 2 | 12 | 18700 | 334 | 28 | |
| -1-2 | A. | 100 | 4.7 | 118 | 0.66 | 333 | 34 | 5 | 24 | 41800 | 1307 | 72 | |
| -1-3 | G.F. | 76 | 0.8 | 10 | 0.36 | 24 | 5 | 5 | 11 | 5600 | 135 | 2 | 0.15 |
| 1-1 | L.O. | 18 | | 314 | 2.09 | 360 | 144 | 25 | 19 | 17700 | 168 | 27 | 1.15 |
| 1-2 | G.F. | 35 | | 295 | 0.90 | 272 | 62 | 35 | 19 | 23800 | 152 | 45 | 0.60 |
| 2-1 | L.O. | 25 | | 275 | 1.47 | 485 | 179 | 9 | 15 | 31500 | 275 | 114 | 2.40 |
| 2-3 | L.O. | 20 | | 140 | 0.42 | 205 | 59 | 25 | 18 | 24700 | 232 | 38 | |
| 3-1 | G.M. | 14 | | 25 | 0.18 | 53 | 13 | 15 | 11 | 14100 | 130 | 20 | 0.35 |
| 4-1 | L.O. | 87 | 1.6 | 50 | 0.21 | 117 | 27 | 30 | 20 | 26200 | 320 | 51 | 0.20 |
| 4-2 | G.M. | 1 | 2.3 | 6 | 0.30 | 30 | 5 | 10 | 10 | 10200 | 76 | 11 | |
| 4-3 | L.O. | 82 | 4.3 | 16 | 0.18 | 42 | 8 | 10 | 6 | 10000 | 93 | 12 | |
| 5-1 | G.Mx. | 10 | | 30 | 0.71 | 81 | 11 | 10 | 21 | 23700 | 465 | 28 | |
| 5-2 | G.F.O. | 10 | | 10 | 0.15 | 31 | 10 | 10 | 4 | 12500 | 200 | 10 | 0.20 |
| 6-1 | G.F.M.O. | 19 | 2.5 | 39 | 2.70 | 54 | 57 | 20 | 13 | 23800 | 407 | 14 | |
| 6-3 | G.M.O. | 54 | 2.1 | 12 | 0.12 | 40 | 3 | 10 | 17 | 11200 | 134 | 14 | 0.10 |
| 7-1 | G.F.O. | 12 | | 20 | 0.25 | 47 | 10 | 10 | 13 | 13600 | 244 | 10 | 0.20 |
| 7-2 | G.G. | 1 | | 11 | 0.33 | 16 | 1 | 10 | 6 | 10800 | 121 | 10 | |
| 8-1 | G.M.O. | 87 | | 7 | 0.33 | 16 | 1 | 10 | 5 | 3600 | 27 | 2 | |
| 8-2 | G.G. | 1 | | 37 | 0.42 | 109 | 4 | 18 | 14 | 18500 | 206 | 14 | 0.15 |
| 8-3 | L.O. | 60 | | 50 | 0.26 | 183 | 31 | 50 | 33 | 38000 | 493 | 73 | 0.55 |
| 9-1 | G.F.O. | 61 | 5.2 | 20 | 0.33 | 69 | 15 | 20 | 22 | 19800 | 204 | 34 | 0.20 |
| 9-2 | G.M. | 3 | 0.7 | 18 | 0.27 | 22 | 0 | 5 | 2 | 6500 | 58 | 2 | |
| 9-3 | G.G. | 2 | 0.6 | 15 | 0.09 | 24 | 0 | 5 | 11 | 8700 | 99 | 8 | |
| 10-1 | G.F.O. | 69 | | 6 | 0.09 | 28 | 5 | 10 | 13 | 9800 | 100 | 12 | |
| 10-2 | G.G. | 1 | | 12 | 0.74 | 116 | 0 | 37 | 17 | 22900 | 242 | 22 | 0.15 |
| 11-1 | G.M.O. | 36 | | 32 | 0.87 | 399 | 54 | 20 | 18 | 20500 | 172 | 32 | |
| 11-2 | G.M.O. | 34 | | 40 | 0.58 | 383 | 50 | 35 | 19 | 32500 | 317 | 58 | |
| 11-3 | L.O. | 55 | | 34 | 0.98 | 350 | 48 | 20 | 5 | 17200 | 153 | 33 | 0.55 |
| 12-1 | G.F.O. | 73 | 2.6 | 29 | 0.48 | 100 | 33 | 20 | 19 | 14400 | 120 | 18 | 0.20 |
| 12-2 | G.M.G. | 1 | | 35 | 0.78 | 28 | 0 | 24 | 12 | 16000 | 154 | 12 | |
| 12-3 | L.G.F.O. | 85 | 2.6 | 11 | 0.29 | 47 | 8 | 10 | 20 | 18600 | 222 | 20 | |
| 13-1 | G.F.O. | 45 | | 31 | 0.44 | 77 | 23 | 20 | 11 | 27800 | 133 | 35 | 0.20 |
| 13-2 | G.G. | 9 | | 39 | 0.24 | 23 | 8 | 10 | 15 | 10900 | 89 | 10 | |
| 13-3 | A. | 27 | | 19 | 0.34 | 139 | 38 | 70 | 38 | 58800 | 908 | 109 | |
| 14-1 | G.F.O. | 63 | | 13 | 0.45 | 25 | 3 | 10 | 14 | 10500 | 75 | 12 | |
| 14-2 | G.G. | 1 | | 14 | 0.37 | 50 | 1 | 10 | 10 | 12100 | 129 | 13 | 0.85 |
| 14-3 | L. | 70 | | 66 | 0.87 | 267 | 45 | 50 | 34 | 41800 | 636 | 94 | |
| 15-3 | A. | 66 | | 13 | 1.18 | 115 | 38 | 85 | 39 | 55900 | 918 | 118 | 0.20 |
| 16-1 | G.F.O. | 26 | 0.7 | 9 | 0.32 | 19 | 0 | 5 | 10 | 7200 | 73 | 6 | |
| 16-2 | G.F.O. | 39 | 1.9 | 15 | 2.16 | 76 | 8 | 10 | 15 | 15000 | 142 | 22 | 0.30 |
| 16-3 | L.G.F.O. | 88 | 1.4 | 28 | 0.49 | 104 | 17 | 10 | 11 | 18600 | 205 | 32 | |
| 17-3 | L.G.F.O. | 63 | | 44 | 0.48 | 107 | 19 | 20 | 12 | 21200 | 272 | 38 | 0.15 |
| 18-1 | L.O. | 70 | | 29 | 0.43 | 125 | 25 | 25 | 10 | 23900 | 222 | 37 | 0.50 |
| 18-3 | L. | 77 | | 90 | 1.01 | 320 | 56 | 55 | 39 | 45100 | 663 | 97 | |
| 19-1 | L. | 66 | | 30 | 1.13 | 135 | 26 | 40 | 25 | 39400 | 70 | 72 | |
| 19-2 | G.F.M. | 2 | | 15 | 0.26 | 27 | 3 | 20 | 5 | 8300 | 69 | 9 | |

Signification des symboles:

A. - argile
L. - limon
G.F. - grains fins
G.M. - grains moyens
G.G. - grains grossiers
G.Mx. - grains mixtes
O. - matières organiques

Les désignations se font dans l'ordre A., L., G.F., G.M., G.G., G.Mx., O.

Tableau 2(a). Analyse chimique des sédiments des rivières des Outaouais et Rideau
Sédiments de la rivière des Outaouais (suite)

| Numéro de l'échantillon | Description de l'échantillon | % massique -80 mesh | % massique matières organiques | Concentration en p.p.m. | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|------|-----|----|----|----|-------|-----|-----|------|
| | | | | Pb | Hg | Zn | Cu | Ni | Co | Fe | Mn | Cr | Cd |
| 19-3 | L.G.F.O. | 93 | | 27 | 0.63 | 104 | 15 | 15 | 16 | 17900 | 190 | 33 | |
| 20-1 | L.O. | 89 | 5.0 | 21 | 0.47 | 107 | 22 | 25 | 18 | 28500 | 263 | 50 | |
| 20-2 | G.F. | 6 | 0.4 | 18 | 0.40 | 24 | 1 | 10 | 5 | 8200 | 94 | 8 | |
| 20-3 | G.F.O. | 89 | 2.8 | 22 | 1.22 | 75 | 9 | 20 | 5 | 16400 | 198 | 24 | 0.30 |
| 21-1 | L.O. | 80 | | 38 | 0.49 | 135 | 23 | 30 | 21 | 25400 | 338 | 50 | 0.20 |
| 21-2 | A. | 100 | | 14 | 0.35 | 95 | 25 | 50 | 24 | 39800 | 692 | 80 | |
| 21-3 | L.O. | 64 | | 29 | 0.46 | 70 | 10 | 15 | 5 | 13800 | 138 | 22 | |
| 22-2 | L.O. | 78 | | 24 | 0.65 | 63 | 9 | 20 | 14 | 16700 | 202 | 26 | 0.15 |
| 23-1 | L.O. | 98 | | 36 | 0.34 | 166 | 32 | 45 | 23 | 37800 | 400 | 68 | |
| 23-3 | L.O. | 95 | | 34 | 0.54 | 128 | 21 | 30 | 23 | 26600 | 304 | 47 | |
| 24-1 | L.O. | 82 | 2.2 | 18 | 0.35 | 66 | 12 | 25 | 7 | 22300 | 294 | 27 | |
| 24-2 | A.L.O. | 74 | 8.3 | 44 | 0.70 | 185 | 33 | 40 | 23 | 37700 | 402 | 63 | |
| 24-3 | G.Mx.O. | 65 | 2.1 | 18 | 0.52 | 57 | 8 | 15 | 17 | 14500 | 162 | 21 | 0.20 |
| 25-1 | L. | 82 | | 44 | 0.80 | 230 | 41 | 40 | 20 | 43000 | 443 | 72 | 0.85 |
| 25-3 | L.O. | 61 | | 43 | 0.40 | 164 | 26 | 35 | 26 | 34000 | 320 | 61 | |
| 26-1 | L. | 73 | | 59 | 0.73 | 270 | 49 | 55 | 27 | 45000 | 530 | 84 | 0.90 |
| 26-2 | L. | 77 | | 67 | 0.75 | 258 | 42 | 45 | 27 | 46000 | 589 | 88 | |
| 26-3 | A.L. | 73 | | 56 | 0.64 | 223 | 37 | 60 | 37 | 52500 | 772 | 104 | |
| 27-1 | A.L.O. | 17 | | 7 | 0.26 | 42 | 3 | 0 | 9 | 10600 | 113 | 7 | |
| 27-2 | L.G.F.M. | 18 | | 48 | 0.77 | 210 | 35 | 50 | 22 | 45000 | 456 | 76 | 0.60 |
| 27-3 | A.L. | 71 | | 29 | 0.30 | 132 | 31 | 50 | 35 | 43700 | 533 | 88 | |
| 28-1 | G.F.O. | 94 | | 13 | 0.20 | 112 | 17 | 40 | 36 | 33000 | 547 | 64 | |
| 28-2 | L. | 79 | | 29 | 0.44 | 248 | 38 | 65 | 32 | 49800 | 786 | 100 | |
| 28-3 | L.O. | 98 | | 70 | 0.17 | 97 | 15 | 15 | 7 | 24800 | 400 | 28 | |
| 29-1 | L. | 91 | | 32 | 0.26 | 145 | 22 | 20 | 18 | 30000 | 378 | 42 | |
| 29-2 | A. | 49 | | 55 | 0.29 | 123 | 31 | 40 | 26 | 40400 | 463 | 76 | |
| 29-3 | G.F.M.O. | 23 | | 58 | 0.39 | 101 | 27 | 20 | 14 | 23800 | 306 | 37 | 0.20 |
| 30-1 | L.O. | 89 | 6.1 | 36 | 0.29 | 173 | 25 | 30 | 18 | 33300 | 566 | 49 | |
| 30-2 | G.Mx.O. | 33 | 5.4 | 23 | 0.23 | 65 | 12 | 20 | 10 | 15200 | 123 | 27 | |
| 30-3 | G.Mx.O. | 25 | 4.0 | 142 | 1.56 | 158 | 92 | 20 | 12 | 17300 | 132 | 24 | 0.60 |
| 31-1 | L.G.F.O. | 78 | | 40 | 0.40 | 192 | 27 | 20 | 15 | 31800 | 427 | 52 | |
| 31-2 | L. | 92 | | 33 | 0.26 | 173 | 23 | 35 | 24 | 31100 | 388 | 52 | |
| 31-3 | L.O. | 76 | | 39 | 0.25 | 153 | 27 | 40 | 21 | 32400 | 341 | 62 | 0.55 |
| 32-1 | L.O. | 70 | | 47 | 0.49 | 205 | 36 | 40 | 26 | 39500 | 395 | 72 | |
| 32-3 | L.O. | 82 | | 55 | 0.29 | 123 | 20 | 30 | 18 | 29000 | 288 | 54 | 0.50 |
| 33-1 | L. | 29 | | 55 | 0.40 | 225 | 35 | 45 | 26 | 44500 | 631 | 82 | 0.60 |
| 33-3 | A.L. | 55 | | 44 | 0.28 | 98 | 21 | 45 | 22 | 87000 | 637 | 44 | |

Tableau 2(b). Analyse chimique des sédiments des rivières des Outaouais et Rideau
Sédiments de la rivière Rideau

| Numéro de l'échantillon | Description de l'échantillon | % massique -80 mesh | % massique matières organiques | Concentration en p.p.m. | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|------|-----|-----|----|----|-------|-----|----|------|
| | | | | Pb | Hg | Zn | Cu | Ni | Co | Fe | Mn | Cr | Cd |
| A-1 | G.F.O. | 65 | | 33 | 0.26 | 42 | 14 | 15 | 5 | 18700 | 285 | 20 | |
| A-2 | G.F.O. | 69 | | 72 | 0.34 | 61 | 19 | 15 | 17 | 25500 | 266 | 22 | |
| A-3 | G.M.G. | 19 | | 215 | 0.43 | 81 | 24 | 20 | 14 | 39900 | 258 | 22 | |
| B-1 | L.G.F. | 59 | | 78 | 0.36 | 122 | 96 | 15 | 11 | 19700 | 227 | 19 | |
| B-3 | L.O. | 80 | | 295 | 0.53 | 670 | 121 | 35 | 21 | 34400 | 415 | 56 | 1.00 |
| C-2 | G.G. | 3 | | 98 | 0.18 | 34 | 5 | 20 | 5 | 20200 | 410 | 18 | |
| D-1 | L.O. | 43 | | 98 | 0.27 | 128 | 16 | 20 | 18 | 24500 | 207 | 29 | |
| D-2 | G.F. | 39 | | 26 | 0.23 | 35 | 14 | 10 | 13 | 18200 | 225 | 18 | |
| D-3 | L.G.F.O. | 56 | | 183 | 0.39 | 113 | 17 | 20 | 13 | 29300 | 297 | 33 | 0.55 |

Tableau 2 (b). Analyse chimique des sédiments des rivières des Outaouais et Rideau
Sédiments de la rivière Rideau (suite)

| Numéro de l'échantillon | Description de l'échantillon | % massique -80 mesh | % massique matières organiques | Concentration en p.p.m. | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|------|-----|------|-----|----|-------|------|-----|------|
| | | | | Pb | Hg | Zn | Cu | Ni | Co | Fe | Mn | Cr | Cd |
| E-1 | G.Mx. | 14 | | 33 | 0.35 | 21 | 4 | 10 | 6 | 18400 | 195 | 20 | |
| E-2 | G.M.G. | 26 | | 8 | 0.33 | 28 | 1 | 10 | 10 | 16500 | 252 | 20 | 0.15 |
| E-3 | G.F.O. | 81 | | 25 | 0.26 | 44 | 9 | 10 | 9 | 22200 | 352 | 27 | |
| F-1 | A. | 84 | 1.0 | 15 | 0.26 | 75 | 23 | 45 | 32 | 35500 | 562 | 79 | 0.15 |
| F-2 | G.M. | 2 | 1.8 | 23 | 0.20 | 25 | 6 | 10 | 8 | 33800 | 328 | 26 | |
| F-3 | G.F. | 71 | 1.7 | 17 | 0.12 | 18 | 0 | 10 | 10 | 10400 | 121 | 10 | |
| G-1 | L. | 71 | | 22 | 0.20 | 34 | 9 | 20 | 10 | 28600 | 313 | 28 | 0.15 |
| G-2 | G.G. | 13 | | 31 | 0.33 | 24 | 7 | 10 | 20 | 23300 | 172 | 27 | |
| G-3 | G.M.O. | 48 | | 15 | 0.28 | 16 | 0 | 10 | 4 | 9600 | 113 | 14 | |
| H-1 | A. | 43 | | 35 | 0.42 | 108 | 28 | 35 | 24 | 50000 | 776 | 70 | |
| H-2 | L. | 60 | | 26 | 0.27 | 84 | 14 | 20 | 19 | 29800 | 572 | 43 | |
| H-3 | L.O. | 51 | | 26 | 0.20 | 80 | 10 | 15 | 15 | 26500 | 576 | 40 | 0.40 |
| I-1 | L. | 52 | | 24 | 0.27 | 75 | 9 | 20 | 18 | 26000 | 459 | 43 | 0.30 |
| I-2 | L. | 98 | | 12 | 0.25 | 62 | 11 | 30 | 21 | 39800 | 458 | 42 | |
| I-3 | L. | 88 | | 20 | 0.28 | 80 | 12 | 30 | 14 | 28700 | 722 | 46 | |
| J-1 | A. | 100 | 12.4 | 70 | 0.33 | 175 | 24 | 40 | 30 | 41200 | 1270 | 70 | |
| J-2 | L.O. | 70 | 23.5 | 61 | 0.30 | 150 | 20 | 30 | 26 | 36900 | 1795 | 57 | 0.55 |
| J-3 | L. | 66 | 4.7 | 28 | 0.23 | 80 | 15 | 30 | 19 | 34200 | 575 | 53 | 0.22 |
| K-1 | G.G. | 7 | | 21 | 0.35 | 16 | 23 | 10 | 7 | 16600 | 198 | 12 | 0.20 |
| K-3 | A. | 27 | | 34 | 0.18 | 81 | 20 | 30 | 32 | 58600 | 601 | 62 | |
| L-1 | L.O. | 73 | | 42 | 0.48 | 94 | 12 | 20 | 15 | 25000 | 609 | 41 | |
| L-2 | G.F.O. | 59 | | 12 | 0.20 | 30 | 0 | 10 | 18 | 12300 | 293 | 14 | 0.10 |
| L-3 | L.O. | 60 | | 25 | 0.37 | 83 | 10 | 25 | 21 | 31800 | 847 | 45 | |
| M-1 | L.O. | 80 | 6.2 | 29 | 0.47 | 102 | 15 | 30 | 21 | 36800 | 741 | 52 | 0.40 |
| M-2 | L.G.F. | 16 | 2.9 | 6 | 0.21 | 31 | 0 | 15 | 9 | 14000 | 340 | 13 | |
| M-3 | L.O. | 79 | 10.4 | 24 | 0.22 | 74 | 14 | 20 | 24 | 33600 | 567 | 41 | |
| N-1 | G.F.O. | 73 | | 12 | 0.18 | 28 | 1 | 20 | 7 | 9600 | 167 | 13 | |
| N-2 | L.O. | 36 | | 34 | 0.23 | 105 | 19 | 25 | 15 | 29900 | 1037 | 42 | |
| N-3 | L.O. | 59 | | 27 | 0.36 | 80 | 13 | 20 | 24 | 25600 | 481 | 35 | 0.50 |
| O-1 | L.O. | 52 | | 25 | 0.28 | 73 | 9 | 25 | 14 | 20200 | 505 | 25 | |
| O-2 | L.O. | 57 | | 40 | 0.37 | 127 | 19 | 20 | 18 | 31200 | 947 | 47 | 0.70 |
| O-3 | L.G.F.O. | 76 | | 23 | 0.15 | 57 | 2 | 10 | 16 | 14100 | 274 | 20 | |
| P-1 | L.O. | 86 | 15.3 | 35 | 0.32 | 105 | 12 | 25 | 18 | 26700 | 555 | 40 | 0.40 |
| P-2 | L. | 74 | 21.8 | 42 | 0.24 | 104 | 17 | 35 | 25 | 34200 | 648 | 56 | |
| P-3 | G.F.O. | 50 | 14.6 | 158 | 0.22 | 65 | 2 | 10 | 11 | 21600 | 270 | 19 | |
| Q-1 | L.O. | 78 | | 40 | 0.34 | 106 | 12 | 20 | 21 | 32400 | 595 | 42 | 0.55 |
| Q-2 | L.G.F. | 75 | | 52 | 0.37 | 118 | 16 | 30 | 21 | 37200 | 502 | 45 | |
| Q-3 | L.O. | 45 | | 34 | 0.32 | 139 | 21 | 25 | 17 | 39600 | 512 | 56 | |
| R-1 | L.O. | 71 | | 25 | 0.19 | 82 | 6 | 25 | 21 | 29600 | 365 | 35 | |
| R-2 | G.F.O. | 10 | | 16 | 0.25 | 43 | 2 | 10 | 7 | 26800 | 248 | 16 | |
| R-3 | L.O. | 82 | | 42 | 0.35 | 104 | 12 | 20 | 20 | 32800 | 462 | 41 | |
| S-1 | L.O. | 70 | 7.4 | 26 | 0.27 | 85 | 15 | 20 | 12 | 29800 | 475 | 40 | |
| S-3 | L.G.F.O. | 48 | 7.0 | 17 | 0.29 | 81 | 14 | 30 | 27 | 39500 | 477 | 48 | |
| T-1 | L.O. | 80 | 8.7 | 80 | 0.36 | 197 | 29 | 40 | 19 | 35900 | 769 | 56 | |
| T-2 | L.O. | 78 | | 156 | 0.66 | 570 | 57 | 135 | 18 | 39900 | 717 | 138 | |
| T-3 | G.Mx. | 7 | | 70 | 0.34 | 140 | 2500 | 10 | 7 | 29000 | 418 | 32 | |
| U-1 | L.O. | 57 | | 25 | 0.43 | 45 | 7 | 0 | 18 | 13900 | 224 | 16 | |
| U-2 | L.O. | 45 | | 64 | 0.85 | 220 | 37 | 30 | 20 | 27800 | 1339 | 47 | 0.40 |
| U-3 | L.O. | 30 | | 22 | 0.33 | 84 | 16 | 10 | 12 | 22200 | 585 | 31 | |
| V-1 | L.O. | 63 | 23.5 | 65 | 0.59 | 211 | 25 | 15 | 20 | 24200 | 500 | 41 | |
| V-2 | L.G.F. | 36 | 21.0 | 42 | 0.53 | 105 | 8 | 0 | 15 | 17100 | 255 | 19 | |
| V-3 | L.G.F.O. | 28 | 15.2 | 54 | 0.60 | 327 | 14 | 10 | 15 | 38400 | 473 | 33 | |
| W-1 | L.O. | 48 | | 190 | 1.69 | 327 | 102 | 15 | 16 | 22500 | 180 | 63 | 0.90 |
| W-2 | L.O. | 67 | | 157 | 1.31 | 345 | 54 | 40 | 18 | 30800 | 379 | 57 | |
| W-3 | L.O. | 30 | | 270 | 1.05 | 370 | 54 | 45 | 19 | 40500 | 302 | 58 | |
| X-1 | G.Mx. | 23 | | 150 | 0.46 | 138 | 37 | 10 | 15 | 58700 | 4000 | 74 | |
| X-3 | L.G.F.O. | 74 | | 317 | 0.89 | 325 | 37 | 10 | 19 | 37900 | 413 | 32 | 0.90 |
| Y-3 | L.O. | 58 | | 77 | 0.38 | 98 | 13 | 15 | 10 | 20000 | 449 | 27 | 0.75 |
| Z-3 | L.G.F. | 73 | | 63 | 0.30 | 59 | 7 | 15 | 12 | 27000 | 363 | 20 | 0.35 |

Tableau 3. Concentrations naturelles moyennes en métaux lourds absorbés et précipités dans les sédiments des rivières des Outaouais et Rideau (tamis de -80 mesh)

| Métal lourd | Concentration moyenne (p.p.m.) | |
|-------------|--------------------------------|----------------|
| | Rivière des Outaouais | Rivière Rideau |
| Pb | 46 | 62 |
| Hg | 0.53 | 0.38 |
| Zn | 138 | 118 |
| Cu | 26 | 20 |
| Ni | 26 | 22 |
| Co | 19 | 16 |
| Fe | 26800 | 28500 |
| Mn | 373 | 534 |
| Cr | 44 | 38 |
| Cd | 0.45 | 0.46 |

rivière était de 0.45 p.p.m. Un seul échantillon (2-1 au tableau 2 (a)), prélevé à l'embouchure du ruisseau Brewery, contenait une quantité anormalement élevée de Cd (2.4 p.p.m.). Étant donné que le cadmium est un élément extrêmement toxique, il faudra réduire au minimum les rejets de cadmium dans les cours d'eau.

RÉFÉRENCES

Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy, 1968, Perkin-Elmer Corporation, Norwalk, Connecticut.

Atkinson, H.J., G.R.Giles, A.J. MacLean, et J.R. Wright. 1958. Contribution n° 169, Division de la chimie, ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa, Ontario.

Hatch, W. R., et W. L. Ott. 1968. *Anal. Chem.*, 40, 2085.

Hawkes, H. E., et J. S. Webb. 1972. *Geochemistry in Mineral Exploration*. Harper et Row, New York, N.Y.

LaBarre, N., J. B. Milne, et B. G. Oliver. 1973. *Water Research*, 7, 1215.

Oliver, Barry G. 1972. *Environ. Sci. Technol.*, 6, 274.

Oliver, B. G., et J. Kinrade. 1972. Direction générale des eaux intérieures, ministère de l'Environnement du Canada, Ottawa, Ontario. Étude n° 14, Série scientifique.

Oliver, Barry G., John B. Milne, et Norman LaBarre. À l'impression. *J. Water Poll. Control Fed.*

Peech, M., L. T. Alexander, L. A. Dean, et J. F. Reed. 1917. *U. S. Department of Agriculture, Circ. 757*.

Thomas, R. L. 1972. *Can. J. Earth Sci.*, 9, 636.

Environment Canada Library, Burlington



3 9055 1018 8151 3

Environment CANADA Environnement

ETUDE COMPLEMENTAIRE DES CONCENTRATIONS EN ME
TAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS DES RIVIERES D
OLIVER, BARRY G.

GB 707 C3354 NO. 37
00FF

7012012C

