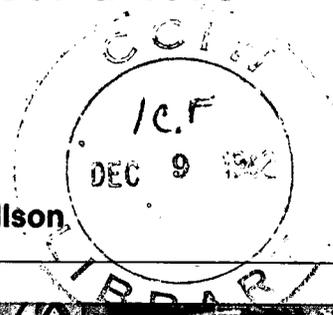




Estimation des apports vers le lac Érié, de 1967 à 1976



A. S. Fraser et K. E. Willson



ÉTUDE N° 120, SÉRIE SCIENTIFIQUE

GB
707
C335
no. 120F



DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES SUR LES EAUX
CENTRE CANADIEN DES EAUX INTÉRIEURES
BURLINGTON (ONTARIO) 1981



Environnement
Canada

Environment
Canada

Estimation des apports vers le lac Érié, de 1967 à 1976

A. S. Fraser et K. E. Willson

ÉTUDE N° 120, SÉRIE SCIENTIFIQUE

**DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES SUR LES EAUX
CENTRE CANADIEN DES EAUX INTÉRIEURES
BURLINGTON (ONTARIO) 1981**

Canada

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1982

N° de cat. En 36-502/120F

ISBN 0-662-91844-4

Table des matières

	Page
RESUME	v
ABSTRACT	v
REMERCIEMENTS	vii
INTRODUCTION	1
PROVENANCES DES DONNEES	1
METHODES	2
Tributaires	2
Sources urbaines et industrielles	2
Apports atmosphériques	3
TECHNIQUES DE CALCUL	3
RIVIERES DETROIT ET NIAGARA	4
Rivière Détroit	4
Rivière Niagara	5
TECHNIQUES D'ESTIMATION	5
Apports des tributaires	5
Apports urbains	6
Apports industriels	7
Rivières Détroit et Niagara	8
Apports diffus des tributaires	8
DISCUSSION	8
REFERENCES	12
ANNEXE A. Résultats	13
ANNEXE B. Provenances des données	21

Tableau

1. Apports supplémentaires de chlorures attribuables à l'épandage de sel sur les routes	11
--	----

Illustrations

	Page
Figure 1. Variabilité des concentrations en phosphore total et en chlorures de la rivière Détroit à la section DT 3.9	4
Figure 2. Panneaux à la section DT 3.9 de la rivière Détroit	5
Figure 3. Apport total de phosphore total au lac Erié	8
Figure 4. Apport total de phosphore réactif soluble au lac Erié	9
Figure 5. Apport total d'azote total au lac Erié	9
Figure 6. Apport total de nitrates et nitrites au lac Erié	9
Figure 7. Apport total d'azote de Kjeldahl au lac Erié	10
Figure 8. Apport total d'ammoniac au lac Erié	10
Figure 9. Apport total de chlorures au lac Erié	10
Figure 10. Comparaison des estimations des apports de phosphore total au lac Erié	11

Résumé

On présente ici les meilleures estimations des auteurs de l'apport de plusieurs matières chimiques au lac Erié. Pour affranchir l'évaluation des données de tous les facteurs possibles, les auteurs se sont efforcés d'obtenir les données originales brutes acceptées par les organismes locaux, puis ils les ont traitées de façon uniforme pour faciliter la comparaison des apports, opération rendue compliquée par l'existence de diverses techniques de calcul. Toutefois, les limites de l'échantillonnage d'un milieu naturel très variable font qu'il faut tenir les résultats comme des estimations auxquelles il est difficile d'attribuer des seuils de confiance à cause d'erreurs insoupçonnées ou inexplicables. Malgré tout, on croit que ces données constituent les résultats les plus détaillés et les plus fiables de l'étude des apports au lac Erié.

Abstract

This report presents the authors' best estimate of the loading for several chemical variables to Lake Erie. Every effort has been made to obtain original raw data as accepted by local agencies so that a truly independent assessment of loadings could be made. The raw data, once obtained, were treated uniformly to eliminate the difficulties that arise from the comparison of loads calculated by various techniques. However, because of the limitations of sampling a highly variable natural system in the environment, the results included in this study must be called estimates and hence may be subject to unknown or unaccountable errors, which make placement of confidence limits difficult. Nevertheless, the following document is presented with the belief that the results represent the most comprehensive, independent study of loadings to Lake Erie presently available.

Remerciements

Les auteurs veulent remercier tous ceux qui leur ont permis de si bonne grâce de consulter l'énorme masse de données brutes et détaillées sans lesquelles ils n'auraient pas pu bien réaliser ce projet. Ils tiennent aussi à remercier Mme N. Snelling qui a infatigablement dactylographié le manuscrit ainsi que M. W. Finn et l'équipe de dessinateurs de l'Institut national de recherches sur les eaux pour les figures qui font partie du présent rapport.

Estimation des apports vers le lac Érié, de 1967 à 1976

A. S. Fraser et K. E. Willson

INTRODUCTION

Le présent rapport communique les résultats d'un travail exhaustif qui visait à réunir et à évaluer les données sur les apports de toutes provenances vers le lac Érié, pour la période de 1967 à 1976. L'objet ultime de ce travail était d'utiliser ces renseignements comme données d'entrée pour les modèles mathématiques actuellement mis au point ou utilisés par le gouvernement du Canada. Plus particulièrement, le travail actuellement en cours pour juguler l'eutrophisation du lac Érié comprend la mise au point de modèles prédictifs. Ces modèles peuvent être de divers types, c'est-à-dire qu'ils peuvent être constitués d'un ensemble complexe d'équations différentielles reliées les unes aux autres ou simplement de bilans d'entrée-sortie. Quel que soit leur type, ils nécessitent tous des données d'entrée fiables.

Au cours de l'étude, on s'est efforcé d'obtenir des données relatives aux débits et aux concentrations plutôt que d'utiliser des apports déjà calculés. Après qu'on les a évaluées, ces données ont été soumises à des modalités uniformes de calcul des apports. Ainsi, pour la première fois, des données de ce genre étaient traitées de façon uniforme et indépendante. Dans certains cas où des paramètres n'avaient pas fait l'objet d'échantillonnages ni de mesures, il a fallu employer d'autres techniques d'estimation. Dans ces cas, la nature de la technique employée est identifiée dans le rapport.

Depuis la fin des années 60, la plus grande partie de l'intérêt consacré aux Grands lacs a porté sur l'eutrophisation des lacs Érié et Ontario. L'état du lac Érié a suscité un intérêt particulier à cause de l'appauvrissement en oxygène dissous de l'hypolimnion de son bassin central à la fin de l'été. Il a été montré qu'une partie de ce phénomène était attribuable à la production biologique, laquelle est reliée aux apports de phosphore au lac. Ainsi, l'importance de connaître aussi exactement que possible les apports de phosphore total (P_t) explique pourquoi les auteurs se sont particulièrement intéressés à ce paramètre. Parmi les autres paramètres étudiés se trouvent le phosphore réactif soluble ($P_{r.s.}$), l'azote total (N_t), l'azote sous forme de nitrates et nitrites ($N-NO_3+NO_2$), l'azote de Kjeldahl (N_K), l'azote ammoniacal ($N-NH_3$) et les chlorures (Cl^-).

PROVENANCES DES DONNEES

Pour obtenir les données brutes nécessaires, il a fallu consulter de nombreuses sources. A l'annexe B, on trouvera la liste des principaux tributaires, des usines municipales d'épuration et des établissements industriels pour lesquels des données ont été obtenues. Les usines d'épuration énumérées sont les sources considérées pour la décennie étudiée même si certaines d'entre elles n'ont pas été exploitées durant toute la période. Sans la collaboration et l'aide des organismes et des particuliers avec lesquels les auteurs ont

communiqué, ils n'auraient pu obtenir aucune de ces données. Parmi les principaux organismes qui ont aidé à recueillir les données, on peut citer:

- 1) L'Institut national de recherches sur les eaux d'Environnement Canada (INRE);
- 2) Le Michigan Department of Natural Resources (MDNR);
- 3) Le New York Department of Environmental Conservation (NYDEC);
- 4) L'Ohio Environmental Protection Agency (OEPA);
- 5) Le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO);
- 6) L'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (EPA);
- 7) L'U.S. Geological Survey (USGS); et
- 8) La National Oceanic and Atmospheric Administration des Etats-Unis (NOAA).

METHODES

Pour obtenir les données brutes et calculer les apports vers le lac Erié, il a fallu définir un protocole par lequel on pouvait sélectionner et définir les sources. On s'est fondé sur les définitions empiriques suivantes.

Tributaires

Il s'agit de tous les cours d'eau qui se jettent directement dans le lac Erié. Les données relatives aux concentrations ont été obtenues de la station de surveillance de la qualité de l'eau la plus rapprochée de l'embouchure de chaque cours d'eau et celles concernant les débits, de la station de jaugeage la plus rapprochée de la station de surveillance. On n'a pas tenté de distinguer et d'identifier séparément les sources telles que les usines municipales d'épuration ou les exutoires industriels qui se jetaient dans un tributaire en amont de la station de surveillance.

Les rivières Détroit et Niagara ont été considérées comme des cas spéciaux et feront l'objet d'une discussion détaillée dans la partie consacrée aux techniques de calcul.

Les données concernant les tributaires du côté canadien ont été obtenues du MEO pour la période de 1967 à 1974. Pour les années 1975 et 1976, les données manquantes ont été extraites des informations recueillies par le Groupe D, section canadienne, du Groupe d'étude de la pollution causée par les activités liées à l'utilisation des terres (PLUARG). Pour ce qui est des 14 tributaires du côté américain, les données relatives aux débits et aux concentrations ont été tirées de publications hydrologiques de l'USGS pour les Etats de New York, de Michigan et d'Ohio (de 1966 à 1976). Ces données ont aussi été complétées par des renseignements extraits directement de la base américaine de données STORET, qui contient des données sur les concentrations et les débits de certains tributaires aux Etats-Unis.

Sources urbaines et industrielles

Il s'agit de sources ponctuelles qui se déversent directement dans le lac ou dans un tributaire en aval de la station de surveillance de la qualité de l'eau. Dans tous les cas, les données concernant les concentrations et les débits ont été obtenues au point de surveillance le plus rapproché du point de rejet.

Pour les huit usines municipales canadiennes d'épuration identifiées pour cette étude, les données pour 1967, 1975 et 1976 proviennent des rapports de la Commission mixte internationale (CMI), publiés en 1969 et en 1976. Des données supplémentaires ont été tirées d'un rapport écrit par Appelby (1977) pour 1968, 1972, 1973 et 1974. Certaines de ces données

étaient incomplètes et avant de les utiliser, il a fallu les soumettre à des techniques d'estimation dont il sera question plus loin.

Quant aux sources municipales directes qui ont été étudiées du côté américain, elles sont identifiées dans un rapport du U.S. Corps of Engineers (1975). Les données relatives aux débits et concentrations pour les six usines du New York ont été tirées des dossiers d'exploitation et d'entretien du NYDEC. Pour les 22 sources municipales de l'Ohio, ces données ont été tirées des dossiers des bureaux régionaux du nord-est et du nord-ouest de l'OEPA. Les données relatives aux trois usines du Michigan ont été fournies par le MDNR.

Pour ce qui est des apports industriels de substances nutritives et de chlorures, les données étaient très peu nombreuses, ce qui a nécessité l'utilisation des publications de la CMI (CMI, 1973, 1974, 1975, 1976). Les données relatives aux installations industrielles énumérées à l'annexe A ont servi aux calculs, surtout dans le cas de l'Ohio, dont les données ont été très complètes particulièrement en ce qui concerne les chlorures.

Apports atmosphériques

Ici, on s'est fié aux données publiées. Ainsi, pour les apports annuels de P_t , de Cl^- et de N_t , on a puisé dans une étude d'Elder et coll. (1977). Les données relatives à $N-NH_3$, à $N-NO_3+NO_2$ et à N_K proviennent d'un rapport de Kuntz (1978). On a supposé que les apports atmosphériques avaient été constants au cours de la décennie et qu'ils étaient également répartis dans l'espace. Ces hypothèses ne sont sans doute pas totalement valides, mais on peut raisonnablement s'y tenir (Elder et coll., 1977; Centre canadien des eaux intérieures, 1977).

TECHNIQUES DE CALCUL

Dans tous les cas (sauf celui des apports atmosphériques), le débit annuel moyen, qu'il ait été directement obtenu ou qu'il ait été calculé à partir du débit mensuel, a mené à la sélection de l'estimateur des apports de Beal, utilisé par la CMI depuis 1976. Les propriétés de cette technique ont été discutées en détail par Tin (1965), ainsi que par Kendall et Stuart (1968). Cet estimateur permet d'utiliser dans les calculs les renseignements supplémentaires, s'ils existent, concernant les débits annuels et mensuels. Ainsi, on se trouve à éliminer les écarts liés aux fluctuations du débit, ce qui permet d'obtenir une estimation du débit dont la variance est minime.

L'estimateur $\bar{\mu}$ se calcule par la relation suivante:

$$\bar{\mu}_y = \bar{\mu}_x \cdot \frac{m_y}{m_x} \cdot \frac{\left(1 + \frac{1}{n} \frac{S_{xy}}{m_y m_x}\right)}{\left(1 + \frac{1}{n} \frac{S_x^2}{m_x^2}\right)} \quad (1)$$

- où $\bar{\mu}_x$ = le débit journalier moyen au cours de l'année
 m_y = l'apport journalier moyen pour les journées au cours desquelles des concentrations ont été déterminées
 m_x = le débit journalier moyen pour les journées où des concentrations ont été déterminées
 n = le nombre de jours où des concentrations ont été déterminées

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n \cdot m_y \cdot m_x}{n-1}$$

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \cdot m_x^2}{n-1}$$

et X_i et Y_i sont le débit mesuré et l'apport calculé, respectivement, pour chaque journée où des concentrations ont été déterminées. L'erreur quadratique moyenne de cet estimateur peut être estimée en termes de l'ordre de n^{-2} , si on suppose que la population est grande, à l'aide de la relation suivante:

$$\hat{E} [(\mu - \mu_y)^2] = m_y^2 \cdot$$

$$\left[\frac{1}{n} \cdot \left(\frac{S_x^2}{m_x^2} + \frac{S_y^2}{m_y^2} - 2 \frac{S_{xy}}{m_x m_y} \right) + \frac{1}{n^2} \cdot \left(2 \cdot \left(\frac{S_x^2}{m_x^2} \right)^2 - 4 \frac{S_x^2}{m_x^2} \frac{S_{xy}}{m_x m_y} + \left(\frac{S_{xy}}{m_x m_y} \right)^2 + \frac{S_x^2}{m_x^2} \frac{S_y^2}{m_y^2} \right) \right] \quad (2)$$

où S_y^2 se calcule de façon analogue à S_x^2 .

RIVIERES DETROIT ET NIAGARA

Rivière Détroit

La répartition des concentrations des paramètres relatifs à la qualité de l'eau est complexe dans la rivière Détroit. Dans le secteur choisi pour calculer les apports de cette rivière (section DT 3.9), les gradients horizontaux de la concentration en P et en Cl^- , par exemple, sont prononcés et opposés en direction le

long de la section transversale (figure 1). Il a donc fallu subdiviser la section en panneaux et pondérer le débit afin de calculer des apports représentatifs. Pour cette pondération, on a supposé que le débit était uniformément distribué le long de la section DT 3.9 et qu'il était proportionnel à la superficie des panneaux.

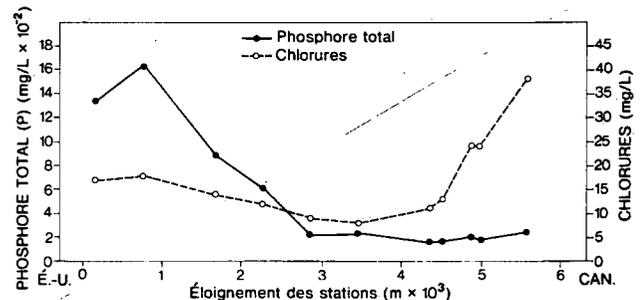


Figure 1. Variabilité des concentrations en phosphore total et en chlorures de la rivière Détroit à la section DT 3.9.

La section 3.9, qui s'étend entre la pointe Lee aux Etats-Unis et la pointe Bar au Canada, a été subdivisée en 20 panneaux dans un rapport de l'U.S. Army Corps of Engineers (1975). Aux fins de la présente étude, les points d'échantillonnage utilisés au cours de la décennie par le MEO et le MDNR ont été comparés à la segmentation du cours d'eau. On a subdivisé la section en 13 panneaux de façon que deux stations d'échantillonnage pussent être situées dans chaque panneau et qu'au cours de la période décennale, il y eût toujours au moins une station d'échantillonnage dans chaque panneau pendant chaque année (figure 2).

Les données relatives aux débits journaliers de la rivière pour la période de 1968 à 1976 ont été obtenues de l'USGS à l'aide du calcul de la NOAA fondé sur les variations des niveaux de la rivière et du lac. Ces données ont été complétées par des renseignements relatifs au débit en 1967, estimés à partir de calculs des moyennes mensuelles communiqués par Dercki (1975).

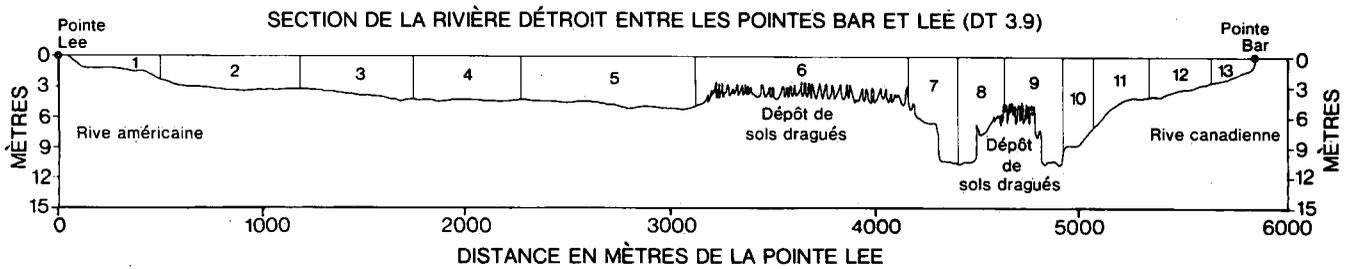


Figure 2. Panneaux à la section DT 3.9 de la rivière Détroit.

Pour la période de 1967 à 1976, les résultats des analyses chimiques canadiennes réalisées par le MEO ont été fournis par le groupe D canadien du PLUARG. Les données américaines ont été extraites du système informatique STORET, exploité par l'EPA. Quand ces ensembles de données ont été réunis, on disposait de 22 stations d'échantillonnage pour l'ensemble de la période décennale.

L'apport de la rivière a été calculé en sommant la contribution de chaque panneau qui a été traité comme une section indépendante possédant son propre débit et ses propres concentrations. L'estimateur sans distorsion (équation 1) a servi dans tous les cas à obtenir l'apport de chaque panneau.

Rivière Niagara

La procédure suivie pour cette rivière a été la même qu'on a suivie pour la rivière Détroit, à la seule différence que la section entre Fort Erié en Ontario et Buffalo dans le New York a été subdivisée en neuf panneaux de superficie pondérée. Les données relatives aux débits ont été extraites de publications hydrologiques de l'USGS pour l'Etat de New York (USGS, 1966 à 1976). Ces débits ont été mesurés comme étant la somme des rejets de centrales électriques et du débit estimé des chutes. Les concentrations en matières chimiques ont été obtenues du MEO et du groupe D canadien du PLUARG. Les panneaux étaient construits de telle sorte que chaque segment était doté d'une station

d'échantillonnage à la mi-distance de la surface horizontale. Comme pour la rivière Détroit, l'apport de chaque panneau a été calculé de façon indépendante à l'aide de l'équation 1. Les apports des neuf panneaux ont été sommés pour obtenir l'apport total sortant.

TECHNIQUES D'ESTIMATION

A cause de l'ampleur et de la portée des ensembles de données nécessaires à cette étude, et dans certains cas à cause des lacunes dans les données au cours de la période étudiée, il a fallu mettre au point plusieurs techniques d'estimation pour compléter, lorsque c'était possible, la matrice des données. En outre, certaines données étaient douteuses, et il a fallu les filtrer de façon sélective. Les données manquantes de cette catégorie ont aussi été soumises à une estimation. Les techniques utilisées sont décrites dans la partie suivante.

Apports des tributaires

Pour les dix tributaires principaux et les cinq tributaires mineurs au Canada, les données sur les débits et les concentrations n'étaient suffisantes que pour neuf d'entre eux au cours de la période de 1967 à 1974. Pour les six autres, seules les données relatives aux concentrations étaient disponibles. Pour calculer les débits nécessaires, on a appliqué la technique d'estimation proposée par

Ongley (1974) et on a ensuite estimé le débit journalier à partir du débit annuel. Le rapport est le suivant:

$$\log Q = 0,111\ 06 + 0,914\ 14 \log A \quad (3)$$

où Q = le débit annuel moyen (pi^3/s)
 A = la superficie du bassin versant (mi^2)

Les apports en 1975 et en 1976 de neuf des principaux tributaires canadiens ont été calculés à l'aide de l'équation 1, sur la base d'années hydrologiques (d'octobre à septembre). Il a donc fallu convertir ces mesures en valeurs relatives aux années civiles. Le rapport entre les apports de l'année civile et ceux de l'année hydrologique déterminé par Sonzogni et coll. (1978) pour les tributaires américains a servi à cette fin. On a ainsi obtenu les apports des tributaires canadiens sur la base d'années civiles. Quant aux six tributaires mineurs, les estimations pour les années 1975 et 1976 se sont fondées sur le rapport entre l'apport total et l'apport de ces six cours d'eau en 1974, puis sur l'application des résultats aux données de 1975 et 1976. Ainsi, pour les tributaires canadiens, la matrice de données pour la décennie était complète.

En ce qui concerne les tributaires américains, deux techniques principales ont été utilisées pour estimer les données manquantes. Lorsque les apports d'un tributaire donné étaient connus pour deux années encadrant une année de données manquantes, on a fait une interpolation à partir du rapport entre les débits de ces années. En l'absence d'apports antérieurs connus, on a déterminé la relation entre l'apport et le débit pour l'année la plus rapprochée dont l'apport était connu, puis on a appliqué cette relation au débit de l'année pour laquelle les données manquaient.

Pour certains tributaires américains, les concentrations en P_t

étaient connues mais non celles en $P_{r.s.}$ à cause de la technique d'échantillonnage. On a estimé les données manquantes en appliquant le rapport $P_t/P_{r.s.}$ des tributaires canadiens aux concentrations en P_t des tributaires américains. Cette technique a été considérée comme valable à cause des caractéristiques généralement semblables des sous-bassins de la région.

A cause des déficiences de la technique d'échantillonnage, il a fallu estimer de vastes pans de l'apport d'azote, sous quelque forme que ce soit, des tributaires américains. Pour calculer l'apport de N_t des tributaires américains, on a appliqué le rapport entre l'apport de P_t de ces tributaires et l'apport de P_t des tributaires canadiens à l'apport de N_t des tributaires canadiens. De même, pour calculer l'apport de $N\text{-NO}_3\text{+NO}_2$ des tributaires américains pour la période de 1967 à 1973, on a appliqué le rapport entre l'apport de N_t de ces tributaires et celui des tributaires canadiens aux apports de $N\text{-NO}_3\text{+NO}_2$ des tributaires canadiens. Dans le cas de $N\text{-NH}_3$, on ne disposait de données sur les tributaires américains que pour 1974 à 1976. Pour estimer les apports de 1967 à 1973, on a calculé le rapport $N\text{-NH}_3/N_K$ pour 1974 à 1976 et on l'a appliqué aux apports de N_K de la période pour laquelle les données manquaient.

Apports urbains

Pour les rejets directs des usines municipales canadiennes d'épuration dans le lac Erié, entre 1968 et 1974, on possédait des concentrations, mais point de débits. On a donc estimé ces derniers en appliquant aux années de données complètes le pourcentage de variation des concentrations en P_t dans les effluents au cours des années de données manquantes; on a pu calculer les débits à partir des résultats

de ce procédé. Cela supposait une relation directement proportionnelle entre le débit et la concentration en P_t des effluents. On a donc pu ainsi calculer les apports de P_t pour dix années.

Du côté américain, les lacunes concernant P_t et $P_{r.s.}$ ont été comblées en utilisant des techniques similaires à celles qui ont été décrites dans la partie réservée aux tributaires. Lorsqu'on disposait des données relatives aux apports pour les années encadrant une année où les données manquaient pour une usine, on a interpolé grâce au rapport entre les débits. Si aucun apport antérieur n'était connu, on a appliqué le rapport débit/apport de l'année la plus rapprochée au débit connu de l'usine en question pour arriver à une estimation de son apport.

Au cours de la décennie, les méthodes d'échantillonnage ont subi une modification majeure. Avant 1975, l'exutoire de l'usine d'épuration de Toledo, en Ohio, était situé en amont de la station de surveillance de la qualité de l'eau de la rivière Maumee et, par conséquent, son apport figurait dans celui de ce tributaire. En 1975, la station a été déplacée en amont de l'exutoire, ce qui a nécessité l'inclusion de cet exutoire urbain parmi les sources ponctuelles de 1975 et 1976.

Certaines sources urbaines n'ont communiqué aucunes données sur le P_t . Comme elles étaient significatives (débit supérieur à 1 million de gallons par jour) et que seules les données relatives aux débits étaient disponibles, on a calculé le pourcentage d'accroissement de l'apport à partir du débit et ajouté le résultat aux chiffres finals des apports des usines municipales américaines.

On ne disposait d'aucunes données sur les apports de $P_{r.s.}$ des usines municipales canadiennes; par consé-

quent, on en a fait l'estimation annuelle en appliquant le rapport $P_t/P_{r.s.}$ des usines américaines aux apports de P_t des usines canadiennes.

Comme pour les tributaires américains, il existait des lacunes relatives à l'azote, qui ont nécessité certaines estimations concernant cet élément. Les usines municipales américaines possédaient une série satisfaisante de données sur la DBO_5 (demande biologique en oxygène de cinq jours), ce qui a permis d'appliquer le rapport entre l'apport de N_t , d'après la CMI (1969), et la DBO_5 aux neuf autres années de données sur la DBO_5 pour ainsi estimer l'apport de N_t de ces usines. Pour ce qui est des usines municipales canadiennes, on s'est servi similairement du rapport obtenu pour les usines américaines sous la forme du rapport usines canadiennes/usines américaines pour les années 1968 à 1976.

Les apports de $N-NO_3+NO_2$ de certaines usines canadiennes ont été estimés à partir du rapport entre les apports de N_t des usines canadiennes et ceux des usines américaines et en appliquant ce rapport aux apports de $N-NO_3+NO_2$ calculés à partir des données empiriques pour les usines américaines. De même, comme on disposait des données sur les apports de $N-NH_3$ des usines américaines, on a appliqué le rapport usines américaines/usines canadiennes pour N_K aux données pour les usines américaines afin d'obtenir l'apport estimatif de $N-NH_3$ des usines municipales canadiennes.

Apports industriels

Comme il a été mentionné ci-dessus, les données industrielles concernant les substances nutritives étaient très incomplètes, notamment en ce qui a trait aux diverses formes de l'azote. Dans le cas de N_t prove-

nant des industries canadiennes et américaines, le rapport P_t/N_t établi pour l'année 1967 par la CMI (1969) a été appliqué aux apports industriels de P_t de 1968 à 1976. De même, le rapport N_t des industries/ N_t urbain a été appliqué aux apports urbains de $N-NO_3+NO_2$ pour estimer les apports de $N-NO_3+NO_2$ des industries canadiennes et américaines. Pour ce qui est de $N-NH_3$ d'origine industrielle, les données manquaient pour soit calculer un apport, soit établir un rapport utilisable pour une estimation. Comme N_K est essentiellement la somme de N organique et de $N-NH_3$, ce dernier a été estimé en multipliant N_K par 90 %. Ce pourcentage élevé a été considéré comme raisonnable étant donné que l'origine de cet azote était des industries dont l'effluent devait normalement contenir de faibles concentrations de N organique.

Le manque de données sur les apports de N_K des tributaires américains et des sources urbaines et industrielles des deux pays a exigé l'emploi du rapport

$$N_{Kt} = N_t - NO_3 - NO_2$$

pour estimer ces apports. Les apports de N_K des autres sources ont été soit calculés à partir de données brutes, soit tirés des publications.

Rivières Détroit et Niagara

A cause de la technique des panneaux et de la pondération subséquente des débits de ces rivières, l'estimation des données manquantes a compris deux étapes. Si le débit d'un panneau manquait pour une année donnée, il a été interpolé à partir des débits des années encadrant l'année en question. Ensuite, il a été interpolé à l'aide du rapport entre les débits des panneaux adjacents, au cours de l'année en question. Comme la segmentation de la section transversale a été conçue

pour réduire au minimum les estimations du paramètre principal, soit P_t , ces méthodes n'ont servi que dans quelques cas pour les paramètres secondaires.

Apports diffus des tributaires

L'apport à partir des sources non contrôlées, que la CMI estime à 30 % de l'apport total des tributaires, a été ajouté à l'apport calculé de ces derniers. Cette estimation s'est faite en comparant la superficie et l'apport des bassins connus et contrôlés à la superficie des bassins des régions non contrôlées et contiguës, dont le type de sol était similaire.

DISCUSSION

Les tableaux A1 à A7 de l'annexe A comprennent les estimations détaillées des apports annuels des paramètres suivants : phosphore total, phosphore réactif soluble, azote total, nitrates et nitrites, azote de Kjeldahl, ammoniac et chlorures. On n'a pas tenté d'estimer les apports mensuels de ces substances, travail qui fera l'objet d'un rapport distinct.

Le paramètre principal de la présente étude, P_t , a diminué de façon marquée, de l'ordre de 50 %, au cours de la décennie (figure 3).

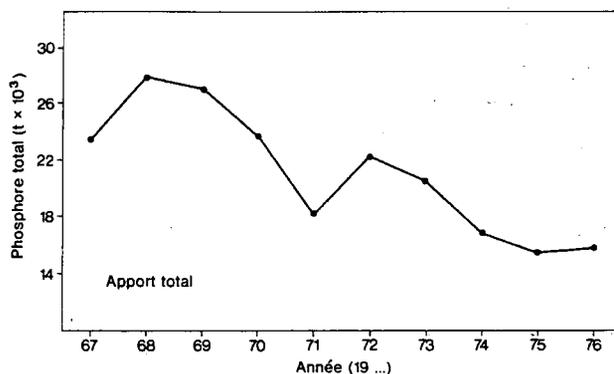


Figure 3. Apport total de phosphore total au lac Erié.

L'influence de la rivière Détroit (annexe A) était notable sur ce point : 56 % de l'apport total vers le lac était attribué à ce cours d'eau. Entre 1967 et 1976, son apport de P_t est passé de 14 309 à 7991 t. On peut aussi constater une réduction d'environ 50 % des apports urbains et industriels, mais non des tributaires; les apports de ces derniers, bien que variables, n'ont pratiquement pas diminué. Comme les tributaires subissent l'influence des activités qui se produisent dans leur bassin versant respectif, on ne peut s'attendre à ce que ces sources montrent des signes de réduction à moins d'y réglementer les modes d'utilisation des terres.

Le $P_{r.s.}$, qu'on peut considérer comme la forme inorganique soluble du phosphore la plus assimilable, a montré une diminution semblable à celle de P_t . En moyenne, cette forme de phosphore constituait 34 % de l'apport de P_t . Sur cet aspect, l'apport de la rivière Détroit était dominant, des réductions supplémentaires étant observées pour les apports des tributaires ainsi que des villes et des industries. La tendance vers la baisse des apports totaux était tout à fait évidente, notamment entre 1967 et 1969. Au cours des dernières années de l'étude, les réductions des apports se sont poursuivies, mais à un taux moindre (figure 4).

Les quatre formes d'azote, N_t , $N-NO_3+NO_2$, N_K et $N-NH_3$, bien qu'apparentées, ont montré un comportement quelque peu divergent au cours de la décennie étudiée (figures 5 à 8). Depuis 1967 $N-NO_3+NO_2$, qui constitue la principale forme d'azote inorganique soluble, a augmenté de façon à peu près continue de 7 800 t/a. L'examen de ces apports (tableau 4) montre que ceux de la rivière Détroit et des tributaires ont augmenté tandis que ceux des municipalités et des industries ont diminué.

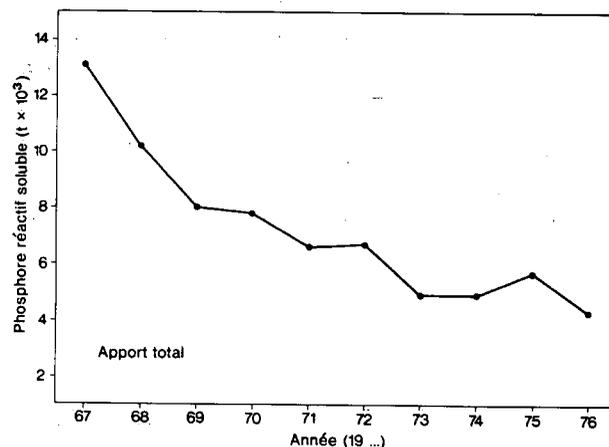


Figure 4. Apport total de phosphore réactif soluble au lac Érié.

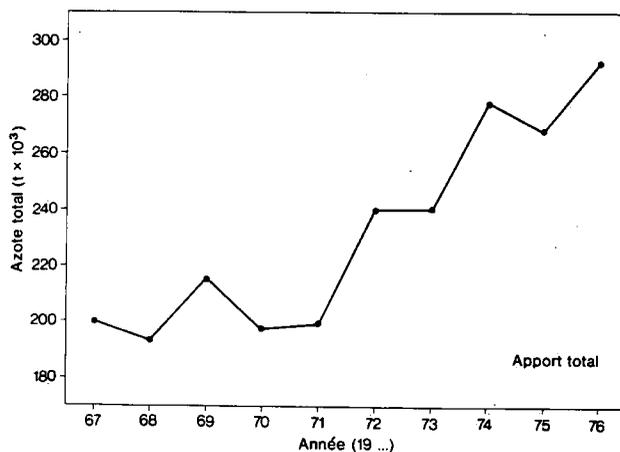


Figure 5. Apport total d'azote total au lac Érié.

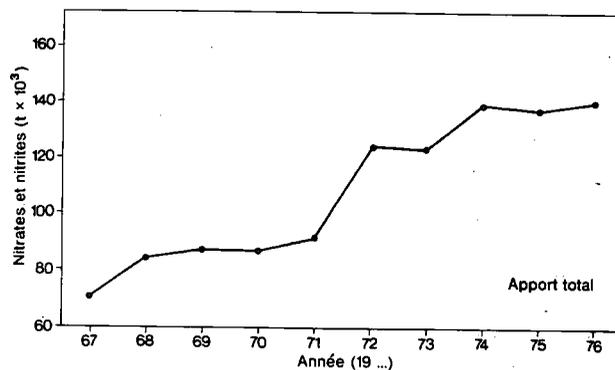


Figure 6. Apport total de nitrates et nitrites au lac Érié.

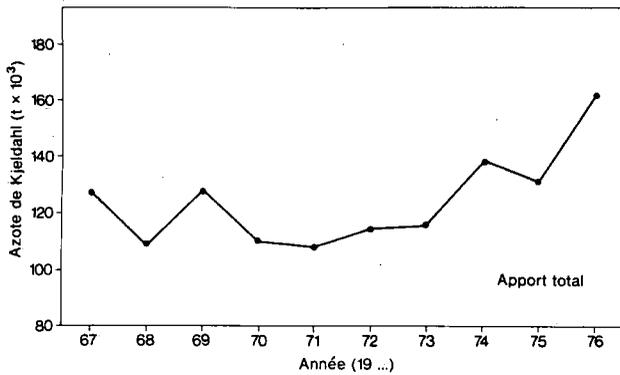


Figure 7. Apport total d'azote de Kjeldahl au lac Erié.

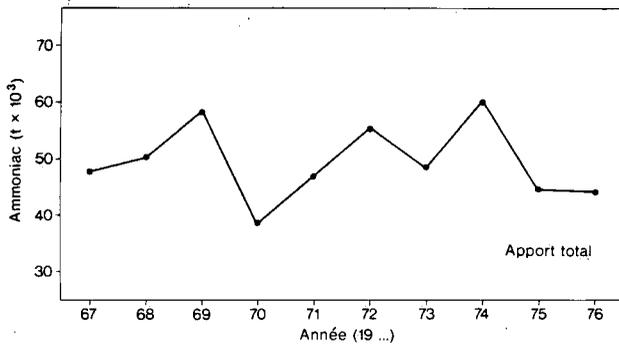


Figure 8. Apport total d'ammoniac au lac Erié.

On peut expliquer ce phénomène par l'installation d'usines d'épuration municipales qui, bien que conçues pour réduire les matières organiques et éliminer le phosphore, enlèvent en même temps une certaine quantité d'azote. Ainsi, les effluents traités sont susceptibles d'être moins chargés en azote tandis que les sources non traitées peuvent montrer une augmentation de leurs apports.

L'azote de Kjeldahl, qui réunit l'azote organique et l'azote ammoniacal, a subi des fluctuations entre 1967 et 1970, s'est stabilisé jusqu'en 1973 inclusivement, puis a augmenté jusqu'en 1976. De la même façon, l'apport de $N-NH_3$ est très variable, sa moyenne étant de 47 000 t/a pour la décennie. On doit souligner ici l'augmentation des apports d'azote

organique, de 1974 à 1976, attribuable à la rivière Détroit et aux tributaires.

En tant qu'une vue d'ensemble, si l'on considère ces trois paramètres comme des composants des apports totaux d'azote, on voit que l'augmentation significative des apports totaux a commencé en 1972. Les implications et les répercussions de cette augmentation ne figurent pas dans cette étude, mais il est à souhaiter qu'elles fassent l'objet d'un autre travail.

Comme il a été mentionné dans la partie intitulée «Techniques d'estimation», les apports de certaines formes d'azote ont nécessité un vaste travail d'estimation dans certaines régions. C'est pourquoi, à l'exception de N_t et de $N-NO_3+NO_2$, on peut accorder moins de confiance aux résultats de ces calculs.

La variable qui a été incluse en tant que variable simple était les chlorures (figure 9) qui ont fluctué au cours de la décennie sans tendance significative vers l'augmentation des apports, sauf en 1975 et en 1976 où ils semblent avoir atteint un niveau supérieur à la moyenne. Cette augmentation est surtout attribuable aux tributaires. En analysant les apports de chlorures, on observe un

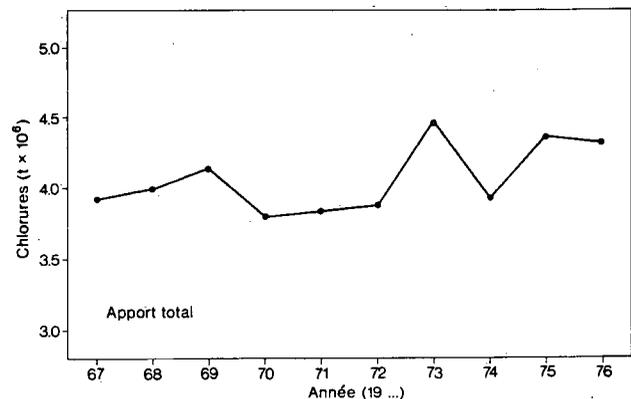


Figure 9. Apport total de chlorures au lac Erié.

Tableau 1. Apports supplémentaires de chlorures attribuables à l'épandage de sel sur les routes (chlorures, t x 10⁶).

ANNEE	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
APPORT	0,73	1,14	1,06	0,66	0,90	1,05	0,77	1,18	0,40	0,25

apport net négatif lorsqu'on soustrait ce qui sort du lac (par la haute Niagara) des apports totaux. Ceci signifie qu'il existe une source non contrôlée de chlorures. L'une de ces sources importantes, dont on n'a pas tenu compte jusqu'ici, est l'épandage de sel sur les routes en hiver suivi de l'écoulement naturel sur les terres et des rejets ponctuels des égouts pluviaux. Si par hypothèse on propose que la concentration de Cl⁻ dans le lac Erié fût constante au cours de la décennie de l'étude, le bilan des entrées/sorties donnerait les apports supplémentaires attribuables à l'épandage de sel sur les routes comme montrés au tableau 1.

Si l'on tenait compte des variations de concentrations lacustres causées par les fluctuations du niveau de l'eau et de la rétention des chlorures dans le système lacustre, les chiffres du tableau 1 seraient quelque peu modifiés. On ne traitera pas davantage de cette question car elle n'entre pas dans le propos de la présente étude; par conséquent, il est à remarquer qu'en moyenne, 0,8 x 10⁶ t de chlorures sont déversées dans le lac chaque année.

Au cours des quelques dernières années, plusieurs organismes et groupes se sont attelés à la tâche complexe d'estimer l'apport de P_t vers le lac Erié. Les quatre principaux organismes qui ont fait oeuvre de précurseur ont été l'U.S. Army Corps of Engineers, la CMI, le Groupe de travail III sur l'examen à sa cinquième année d'existence de l'Accord relatif à la qualité de l'eau

dans les Grands lacs (CMI, 1978a) et le PLUARG (CMI, 1978b). Les résultats de leurs études ont été comparés aux estimations produites par la présente étude (figure 10).

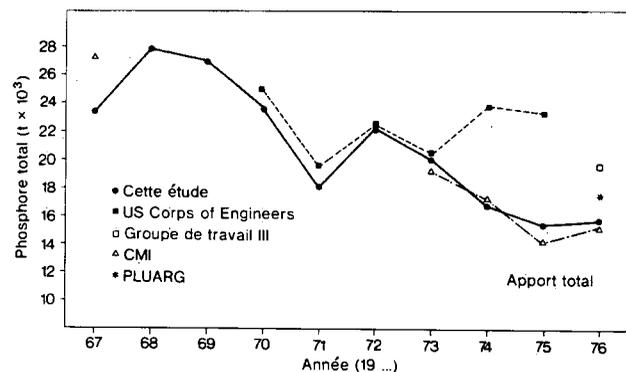


Figure 10. Comparaison des estimations des apports de phosphore total au lac Erié.

De 1970 à 1973, les estimations de cette étude concordent très bien avec celles de l'U.S. Army Corps of Engineers, l'écart étant inférieur à 5 %. De même, pour la période de 1973 à 1976, elles concordent à 5 % près avec celles de la CMI. Pour ce qui est des estimations du PLUARG et du Groupe de travail, limitées à 1976 seulement, l'écart est un peu plus important, atteignant des valeurs de 10 % et de 24 %, respectivement. Le plus gros écart, de 50 % ou 8 000 t, concerne les apports de 1974 et de 1975 calculés par l'U.S. Army Corps of Engineers. Toutefois l'accord entre les trois études qui ont communiqué des données pour 1973 est bon. Il a été montré, à l'examen des divers apports de phosphore (tableau A1) que la principale cause de leur réduction entre 1973 et 1974 était la diminution

des apports de la rivière Détroit. A cause de ceci, il est difficile d'expliquer l'augmentation de 1974.

Pour l'ensemble de la décennie, ceux qui ont étudié les apports vers le lac Erié sont arrivés en général à des résultats qui concordent bien, et l'apport de phosphore a subi une réduction générale mais significative.

Le prolongement de l'étude en vue d'obtenir et de calculer les apports jusqu'en 1979 est actuellement en cours et permettra de déterminer si les réductions des apports constatées par la présente étude se sont poursuivies.

REFERENCES

- Appelby, D.J. 1977. The impact of phosphorus control activities, the experience in Ontario. Erco Industries Ltd.
- Centre canadien des eaux intérieures. 1977. Atmospheric loading of the lower Great Lakes. Rapport d'Acres Consulting Ltd. pour Environnement Canada. DSS-02SS KL347-6-0146.
- Commission mixte internationale. 1969. Report to the International Joint Commission on the pollution of Lake Erie, Lake Ontario, and the international section of the St. Lawrence River. Vol. 2.
- Commission mixte internationale. 1973, 1974, 1975, 1976. Great Lakes water quality annual report, Appendix "C". Rapport du sous-comité sur les programmes correctifs au Conseil de la qualité de l'eau des Grands lacs.
- Commission mixte internationale. 1978a. Fifth year review of Canada-United States Great Lakes Water Quality Agreement, report of Task Group III.
- Commission mixte internationale. 1978b. Stratégie de gestion écologique du bassin des Grands lacs. Rapport final du Groupe d'étude de la pollution causée par les activités liées à l'utilisation des terres.
- Dercki, J.A. 1975. Evaporation from Lake Erie. Rapport technique de la Nat. Oceanic Atmos. Admin. ERL 342-GLERL3.
- Elder, F. C., A. W. Andren, S. J. Eisenreich, T.J. Murphy, M. Sanderson et R.J. Vet. 1977. Atmospheric loadings to the Great Lakes. Manuscrit non publié.
- Kendall, M. G. et A. Stuart. 1968. The advanced theory of statistics. Vol. 3, 2^e éd. Hafner Pub., New York.
- Kuntz, K.W. 1978. Atmospheric bulk precipitation in the Lake Erie basin. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Série des rapports généraux, Etude n^o 56.
- Ongley, E. D. 1974. Hydrophysical characteristics of Great Lakes tributary drainage, Canada. Vol. 1. Université Queen's. Ontario.
- Sonzogni, W. C., T. J. Monteith, W.N. Bach et V.G. Hughes. 1978. United States Great Lakes tributary loadings. Rapport au Groupe D américain du Groupe d'étude de la pollution causée par les activités liées à l'utilisation des terres.
- Tin, M. 1965. Comparison of some ratio estimators. J. Amer. Statist. Assoc., Vol. 60.
- U.S. Army Corps of Engineers. 1975. Lake Erie wastewater management study, feasibility report.
- U.S. Geological Survey. 1966-1976. Water resources data for New York. U.S. Dept. of Interior. Rapports annuels.
- U.S. Geological Survey. 1966-1976. Water resources data for Ohio. U.S. Dept. of Interior. Rapports annuels.
- U.S. Geological Survey. 1966-1976. Water resources data for Michigan. U.S. Dept. of Interior. Rapports annuels.

NOTES AUX TABLEAUX

- * Les apports ont été estimés à partir d'un nombre de sources significatives inférieur à celui qui est donné.
- R - Comme on ne possédait aucunes données sur le phosphore réactif soluble pour les tributaires du côté américain, ces apports ont été estimés de la façon décrite dans le texte.
- E - Pour ces années, les débits n'étaient pas connus, ce qui a nécessité l'utilisation des techniques d'estimation décrites dans le texte.

Annexe A
Résultats

APPORTS ANNUELS TOTAUX DE PHOSPHORE TOTAL (TONNES METRIQUES)

	TRIBUTAIRES CANADIENS	TRIBUTAIRES AMERICAINS	VILLES CANADIENNES	VILLES AMERICAINES	INDUSTRIES CANADIENNES	INDUSTRIES AMERICAINES	APPORTS ATMOSPHERIQUES	RIVIERE DETROIT	TOTAL	HAUTE NIAGARA	APPORT NET
1967	1473	4684	23	2112*	15	47	774	14309	23437	3479	19958
1968	1234	4464*	20 ^E	3575*	9	46	774	17822	27944	5352	22592
1969	792	5886*	20 ^E	2061*	9	46	774	17389	26977	4408	22569
1970	1511	4291*	20 ^E	1652*	9	45	774	15422	23724	7016	16708
1971	770	4385*	19 ^E	1639*	9	45	774	10436	18077	3421	14656
1972	966	6803*	19 ^E	1658*	7	44	774	12000	22271	3554	18717
1973	1430	6518*	11 ^E	1163*	9	32	774	10548	20485	5141	15344
1974	711	5699	8 ^E	1118*	7	12	774	8492	16821	5262	11559
1975	728	5161	6	1332*	1	11	774	6521	14534	3806	10728
1976	983	4937*	6	1106*	14	20	774	7991	15831	5071	10760

APPORTS ANNUELS TOTAUX DE PHOSPHORE REACTIF SOLUBLE (TONNES METRIQUES)

	TRIBUTAIRES CANADIENS	TRIBUTAIRES AMERICAINS	VILLES CANADIENNES	VILLES AMERICAINES	INDUSTRIES CANADIENNES	INDUSTRIES AMERICAINES	APPORTS ATMOSPHERIQUES	RIVIERE DETROIT	TOTAL	HAUTE NIAGARA	APPORT NET
1967	887	2820 ^R	13	1157*	8	26	-	8163	13074	1953	11121
1968	744	2691 ^R	13	2320*	5	25	-	4373	10171	2009	8162
1969	372	2764 ^R	11	1081*	5	25	-	3759	8017	2031	5986
1970	915	2569 ^R	10	842*	5	25	-	3428	7794	4602	3192
1971	402	2288 ^R	11	943*	5	25	-	2938	6612	920	5692
1972	425	2994 ^R	10	871*	4	24	-	2395	6723	1023	5700
1973	376	1712 ^R	6	617*	5	18	-	2113	4847	1654	3193
1974	213	1708 ^R	4	592*	4	7	-	2341	4869	1480	3389
1975	177	1547 ^R	3	699*	1	6	-	3243	5676	904	4772
1976	291	1481 ^R	4	638*	8	11	-	1884	4317	998	3319

APPORTS ANNUELS TOTAUX D'AZOTE TOTAL (TONNES METRIQUES)

	TRIBUTAIRES CANADIENS	TRIBUTAIRES AMERICAINS	VILLES CANADIENNES	VILLES AMERICAINES	INDUSTRIES CANADIENNES	INDUSTRIES AMERICAINES	APPORTS ATMOSPHERIQUES	RIVIERE DETROIT	TOTAL	HAUTE NIAGARA	APPORT NET
1967	11423	36324	97	8442	87	118	35088	108851	200430	83251	117179
1968	9335	33769	96	8381	52	115	35088	105816	192652	105815	86837
1969	8059	59893	96	8381	52	115	35088	103637	215321	72841	142480
1970	9493	26644	94	8165	52	113	35088	117100	196749	76883	119866
1971	7071	40268	98	8507	52	113	35088	108231	199428	71460	127968
1972	12929	91052	89	7782	41	110	35088	93340	240431	68655	171776
1973	14257	64984	79	6909	52	80	35088	118670	240119	109117	131002
1974	12714	101909	79	6880	41	30	35088	121390	278133	144313	133820
1975	13317	94408	88	7638	6	28	35088	118311	268884	136647	132237
1976	21585	108408	81	7059	81	50	35088	119458	291810	130026	161784

APPORTS ANNUELS TOTAUX DE NITRATES ET NITRITES (TONNES METRIQUES)

	TRIBUTAIRES CANADIENS	TRIBUTAIRES AMERICAINS	VILLES CANADIENNES	VILLES AMERICAINES	INDUSTRIES CANADIENNES	INDUSTRIES AMERICAINES	APPORTS ATMOSPHERIQUES	RIVIERE DETROIT	TOTAL	HAUTE NIAGARA	APPORT NET
1967	4013	12761*	25	2164*	22	30	17000	34604	70619	5665	64954
1968	5555	20095*	18	1556*	10	21	17000	40491	84746	8598	76148
1969	4256	31630*	21	1869*	11	26	17000	32488	87301	8266	79035
1970	7112	19961*	15	1263*	8	17	17000	41485	86862	6454	80408
1971	3959	22546*	15	1340*	8	18	17000	46491	91377	11013	80364
1972	7830	55142	29	2568*	13	36	17000	42113	124713	11350	113381
1973	8579	39103	30	2602*	20	30	17000	56260	123623	33970	89653
1974	8652	62824	12	1067*	6	5	17000	49822	139387	64381	75006
1975	9143	56475*	15	1282*	1	5	17000	53550	137471	70626	66845
1976	16358	52585*	13	1173*	13	8	17000	53211	140361	56255	84106

APPORTS ANNUELS TOTAUX D'AZOTE DE KJELDAHL (TONNES METRIQUES)

	TRIBUTAIRES CANADIENS	TRIBUTAIRES AMERICAINS	VILLES CANADIENNES	VILLES AMERICAINES	INDUSTRIES CANADIENNES	INDUSTRIES AMERICAINES	APPORTS ATMOSPHERIQUES	RIVIERE DETROIT	TOTAL	HAUTE NIAGARA	APPORT NET
1967	5204	23563	72	6278	65	88	18000	74247	127517	77586	49931
1968	4389	13674	78	6825	42	94	18000	65325	108427	96217	12210
1969	3856	28263	75	6512	41	89	18000	71149	127985	64575	63410
1970	3322	6683	79	6902	44	96	18000	75615	110741	70429	40312
1971	3125	17722	83	7167	44	95	18000	61740	107976	60447	47529
1972	3983	35910	60	5214	28	74	18000	51227	114496	57305	57191
1973	5381	25881	49	4307	32	50	18000	62410	116110	75147	40963
1974	3916	39085	67	5813	35	25	18000	71570	138511	79932	58579
1975	4198	37933	73	6356	5	23	18000	64761	131349	66021	65328
1976	5246	55823	68	5886	68	42	18000	77284	162417	63203	99214

APPORTS ANNUELS TOTAUX D'AMMONIAC (TONNES METRIQUES)

	TRIBUTAIRES CANADIENS	TRIBUTAIRES AMERICAINS	VILLES CANADIENNES	VILLES AMERICAINES	INDUSTRIES CANADIENNES	INDUSTRIES AMERICAINES	APPORTS ATMOSPHERIQUES	RIVIERE DETROIT	TOTAL	HAUTE NIAGARA	APPORT NET
1967	724	11441	43	3726*	59	79	8500	23113	47703	10833	36870
1968	1346	13299	43	3784*	38	85	8500	22978	50073	11657	38414
1969	764	21413	37	3241*	37	80	8500	24556	58628	10744	47884
1970	865	8191	33	2862*	40	86	8500	17948	38531	7671	37770
1971	801	14486	35	2981*	40	86	8500	20004	46933	9485	37448
1972	619	24599	46	3970*	25	67	8500	17580	55406	4583	50823
1973	788	17095	36	3181*	29	45	8500	18547	48221	9105	39116
1974	741	31054*	31	2676*	32	23	8500	17199	60256	8245	52011
1975	404	15227*	47	4080*	5	21	8500	16659	44943	5783	39160
1976	386	14554*	47	4043*	61	38	8500	16665	44294	2326	41968

APPORTS ANNUELS TOTAUX DE CHLORURES (TONNES METRIQUES)

	TRIBUTAIRES CANADIENS	TRIBUTAIRES AMERICAINS	VILLES CANADIENNES	VILLES AMERICAINES	INDUSTRIES CANADIENNES	INDUSTRIES AMERICAINES	APPORTS ATMOSPHERIQUES	RIVIERE DETROIT	TOTAL	HAUTE NIAGARA	APPORT NET
1967	90424	500058*	986	28008*	496	35000	20124	3228092	3903188	4627756	-724568
1968	93093	763370	1566	44477*	491	34677	20124	3074453	4032251	5167232	-1134981
1969	87074	1019088	1443	40977*	495	34938	20124	2943825	4147964	5205519	-1057555
1970	78381	948307*	1627	46207*	454	32013	20124	2671961	3799074	4455620	-656546
1971	78914	712726*	1604	45557*	403	28410	20124	2960767	3848505	4746531	-898026
1972	113075	1043410	2525	71719*	353	24908	20124	2605927	3882041	4928428	-1046387
1973	80746	1103890	2397	68088*	357	25158	20124	3165226	4465985	5240321	-774336
1974	112200	858406	1022	29033*	354	25000	20124	2881108	3927247	5106014	-1178767
1975	150717	1573519*	1688	47962*	354	25000	20124	2542438	4361802	4766073	-404272
1976	136000	1381702	1649	46854*	354	25000	20124	2722626	4334309	4583503	-249194

Annexe B
Provenances des données

TRIBUTAIRES

Ohio

R. Maumee
R. Portage
R. Sandusky
R. Huron
R. Vermilion
R. Black
R. Cuyahoga
R. Rocky
R. Chagrin
R. Grand
R.. Ashtabula
Ruiss. Conneaut

Ontario

Ruiss. Sturgeon
Ruiss. Kettle
Ruiss. Catfish
Ruiss. Big Otter
Ruiss. South Otter
Ruiss. Big
Ruiss. Dedrick
R. Lynn
Ruiss. Nanticoke
R. Grand

Michigan

R. Raisin
R. Huron

New York

R. Buffalo
Ruiss. Cattaragus
Ruiss. Eighteen Mile

SOURCES INDUSTRIELLES

Ohio

Gulf Oil - Toledo
Interlake Steel - Toledo
Sun Oil - Toledo
Standard Oil - Oregon
Routh Packing - Sandusky
U.S. Steel - Lorain
U.S. Steel - Cleveland
Jones & Loughlin Steel - Cleveland
Harshaw Chemicals - Cleveland
Republic Steel Corp. - Cleveland
Union Carbide - Ashtabula
R.M.I. Sodium Chloride - Ashtabula
Olin Corp. - Ashtabula

New York

Bethlehem Steel

Ontario

Omstead Foods - Wheatley
Omstead Fisheries - Wheatley
H.J. Heinz Co. - Leamington
Mallory Hardware Products - Blenheim
Inco - Port Colborne
Algoma Steel - Port Colborne

SOURCES URBAINES

Ohio

Camp Perry
Port Clinton
Oak Harbor
Clyde
Bellevue
Sandusky
Vermilion
Amherst
Lorain
Rocky River, S.D. n° 6
Avon Lake
Lakewood
Brookport
Middleburg Heights S.D. n° 8
North Olmstead
Cleveland - Ouest
 - Est
 - Sud
Euclid
Willoughby - Eastlake
 - Greater Mentor
Geneva-On-The-Lake
Lake County - Madison
Ashtabula
Conneaut
Toledo

New York

Erie County n° 2 sud
Dunkirk
Fredonia
Westfield
Hamburg Master
Lackawanna

Michigan

Monroe
Wayne County - Flat Rock
 - Rockwood

Pennsylvanie

Erie

Ontario

Port Dover
Fort Erié - Crystal Beach
Ontario Hospital
Port Stanley
Port Burwell
Kingsville
Leamington
Dutton

Environment Canada Library, Burlington



3 9055 1017 2983 7