

Record Number: 530
Author, Monographic: Cluis, D.//Durocher, H.
Author Role:
Title, Monographic: Étude intégrée de la qualité des eaux des bassins versants des rivières Saint-François et Yamaska. Volume 3 : secteur du modèle d'apports
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1976
Original Publication Date:
Volume Identification:
Extent of Work: 105
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche
Series Volume ID: 53
Location/URL:
ISBN: 2-89146-056-1
Notes: Rapport annuel 1976-1977
Abstract: Rapport rédigé pour le ministère des Richesses naturelles du Québec
15.00\$
Call Number: R000053
Keywords: rapport/ ok/ dl

Rapport final

par

D. Cluis
H. Durocher

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500
Québec 10, Québec

Entente MRN (Qualité) - INRS (Eau)

Etude intégrée de la qualité des eaux
des bassins versants des rivières
Saint-François et Yamaska.

Volume 3: Secteur du modèle d'apports

Novembre 1976

Entente MRN (Qualité) - INRS (Eau)

Etude intégrée de la qualité des eaux
des bassins versants des rivières
Saint-François et Yamaska.

Volume 3: Secteur du modèle d'apports

Rapport final

Rapport scientifique no 53

par

D. Cluis
H. Durocher

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500
Québec 10, Québec

Novembre 1976

Entente MRN (Qualité) - INRS (Eau)

Etude intégrée de la qualité des eaux
des bassins versants des rivières
Saint-François et Yamaska.

Volume 3: Secteur du modèle d'apports

Rapport final

par

D. Cluis
H. Durocher

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500
Québec 10, Québec

Novembre 1976

ISBN 2-89146-056-1

DEPOT LEGAL 1976

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés

© 1976 - Institut national de la recherche scientifique

PARTICIPANTS A L'ETUDE

D. Cluis	professeur	INRS-Eau
R. Charbonneau	professeur	INRS-Eau
D. Couillard	professeur	INRS-Eau
G. Morin	professeur	INRS-Eau
H. Durocher	professionnel	MRN-Qualité
L. Potvin	agent de recherche	INRS-Eau
M. Lachance	agent de recherche	INRS-Eau

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes suivantes qui ont bien voulu collaborer à la réalisation de ce rapport:

- Magella Cantin, informatiste, du Service de documentation de l'INRS-Eau, pour le support apporté à la réalisation finale de ce rapport;
- André Parent, dessinateur à l'INRS-Eau, pour la production des figures et graphiques;
- Lise Raymond, secrétaire à l'INRS-Eau, pour sa participation intéressée à la dactylographie du texte.

RESUME

A la suite d'une étude détaillée des charges en éléments nutritifs exportées par les utilisations du territoire d'un bassin, un schéma simple de transport a été établi. Le modèle résultant permet de prédire les transports d'éléments nutritifs (azote et phosphore) sur une base annuelle ou saisonnière en tout point d'une rivière et d'évaluer la contribution relative des différentes sources.

L'application du modèle à un bassin donné comprend les étapes suivantes:

- a) drainage - Le sens des écoulements est établi par l'intermédiaire des subdivisions hydrographiques de la grille Universelle Transverse de Mercator de 10 km de côté.
- b) utilisations du territoire - Les statistiques municipales des utilisateurs sont compilées et distribuées sur les unités de drainage. Les sources ponctuelles et diffuses d'éléments nutritifs sont prises en compte dans ce calcul: population humaine (avec et sans égout), population animale, surfaces fertilisées, apports des forêts et rejets des industries.
- c) contributions en éléments nutritifs - L'apport spécifique des différentes sources a été tiré des chiffres publiés dans la littérature.
- d) transport des éléments nutritifs - Le schéma de transport utilise 2 coefficients constants:
 - C_I = Coefficient interne de perte pour le transfert de source diffuse vers la rivière.
 - C_T = Coefficient de transport d'une unité de drainage à la suivante.

La contribution d'une unité de drainage à une station d'échantillonnage située en aval s'écrit alors:

$$L = C_T^K \cdot \{ P + C_I \cdot D \}$$

- où K = distance en nombre d'unités de drainage
P = contribution en éléments nutritifs des sources ponctuelles
D = contribution en éléments nutritifs des sources diffuses.

Des données mesurées, obtenues par une étude de 2 ans (1973-1975), des rivières Yamaska et Saint-François ont été utilisées pour calibrer le modèle. Des valeurs stables de C_I et C_T ont été obtenues pour l'azote et le phosphore sur chaque bassin et pour chaque période. Comme des considérations chimiques et biologiques le laissaient prévoir, des couples de coefficients différents ont été obtenus pour les deux éléments nutritifs, l'azote étant considérablement plus mobile que le phosphore.

MOTS CLE:

modèle / transport / azote / phosphore / nutriment / source ponctuelle /
source diffuse / producteur / apport

REFERENCE:

Cluis, D. et H. Durocher (1976). *Etude intégrée de la qualité des eaux des bassins versants des rivières Saint-François et Yamaska. Volume 3: Secteur du modèle d'apports*. INRS-Eau, rapport scientifique no 53, 105 p. (Rapport soumis au Ministère des Richesses naturelles, Québec).

ABSTRACT

Following a detailed study of the nutrient loads exported by various land-uses, a simple transport scheme has been devised. Using the resulting model, nutrient budgets (nitrogen and phosphorus) can be predicted on an annual or seasonal basis at any point on a river, and the relative contributions of the different nutrients sources can be evaluated.

Application of the model to a given river basin involves the following steps:

- (a) drainage - the drainage pattern is established via hydrographic subdivision of the unit areas (10 km x 10 km) defined by the Universal Transverse Mercator Grid.
- (b) land-use - municipal statistics concerning the various land uses within the river basin are compiled, and the pattern of land-use in each drainage unit is established. Included in this compilation are both point and non-point nutrient sources: human population (sewered and unsewered); livestock populations; crop fertilization; forested areas; industries.
- (c) nutrient export - the unit nutrient contributions of the various land-uses are obtained by reference to published literature values.
- (d) nutrient transport - two coefficients are used for the transfer of the nutrient loads of drainage unit: C_I = internal loss coefficient for the transfer of non-point sources to the river;
 C_T = transport coefficient from one drainage unit to another.

The contribution of one drainage unit to a sampling station downstream can then be written:

$$L = C_T^K \cdot \{ P + (C_I \times NP) \}$$

where K = distance in number of drainage units

P = nutrient contributions from point sources

NP = nutrient contributions from non-point sources.

Field data obtained during a two-year (1973-1975) study of the Yamaska and Saint-Francis river (Québec, Canada) have been used for calibration purposes. Stable sets of coefficients C_I and C_T have been established for nitrogen and phosphorus in each basin.

As anticipated from chemical and biological considerations, different coefficients are obtained for the two nutrient elements, nitrogen being considerably more mobile than phosphorus.

KEY WORDS:

model / export / load / nitrogen / phosphorus / nutrient / point source / non-point source / producer

REFERENCE:

Cluis, D. et H. Durocher (1976). *Etude intégrée de la qualité des eaux des bassins versants des rivières Saint-François et Yamaska. Volume 3: Secteur du modèle d'apports*. INRS-Eau, rapport scientifique no 53, 105 p. (Rapport soumis au Ministère des Richesses naturelles, Québec).

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	1
1.1	Historique	2
1.2	But du modèle	2
1.3	Travaux récents dans le domaine de l'eutrophisation des rivières et des lacs	2
2	STRUCTURE DU MODELE D'APPORTS	4
2.1	Terminologie	5
2.2	Utilisation du territoire	6
2.3	Apports spécifiques	6
2.4	Hypothèses du modèle	7
2.5	Schéma général	8
2.5.1	Support topographique et drainage	8
2.5.2	Banque de données des producteurs à l'échelle du carreau partiel	8
2.5.3	Schéma général de transfert	9
2.5.4	Sens physique des coefficients	9
2.5.5	Modèle hydrologique utilisé pour la simulation des débits	10
2.5.6	Mesures des concentrations d'azote et de phosphore totaux	
2.5.7	Calibration	11
3	APPLICATION DU MODELE D'APPORTS AUX BASSINS DES RIVIERES YAMASKA ET SAINT-FRANCOIS	14
3.1	Description des bassins versants	15

	<u>PAGE</u>
3.2 Stations d'échantillonnage	15
3.3 Schéma de drainage des deux bassins	16
3.4 Utilisation du territoire en amont des stations d'échantillonnage	18
3.5 Production d'azote et de phosphore en amont des stations d'échantillonnage	18
3.6 Simulation des débits	18
3.7 Calcul des charges	19
3.8 Programmes développés et résultats	20
3.8.1 Programme BILAN	20
3.8.2 Programme UN: producteurs	21
3.8.3 Programme DEUX: productions	22
3.8.4 Programme TROIS: densité de production	23
3.8.5 Programme QUATRE: banque complète des productions	23
3.8.6 Programme CINQ: simulation et calibration	23
4 RESULTATS ET DEVELOPPEMENTS	49
4.1 Difficultés rencontrées	50
4.1.1 Apports dus aux forêts	50
4.1.2 Rétention des lacs	50
4.1.3 Apports industriels	51
4.2 Résultats des simulations du modèle	52
4.2.1 Méthodes d'ajustement utilisées	52
4.2.2 Résultats des simulations moyennes	53
4.2.3 Discussion des résultats globaux	53
4.2.4 Explication de certaines anomalies	55
4.3 Applications du modèle d'apports pour la gestion	56
4.3.1 Considérations générales	56
4.3.2 Impact de l'implantation d'usines de traitement à Waterloo et à Granby	57
4.3.3 Le cas des élevages industriels	58
4.4 Améliorations projetées	58
4.4.1 Problèmes liés à la dimension de la grille carrée	58
4.4.2 Problèmes liés à la surface du carreau partiel	59
4.5 Limites d'utilisation du modèle d'apports	59
4.5.1 Sans échantillonnage de contrôle	60

	<u>PAGE</u>
4.5.2 Avec échantillonnage de contrôle	61
5 RESUME ET CONCLUSIONS	89
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	91
DOCUMENTATION ADDITIONNELLE	94
ANNEXE A; Bibliographie des apports spécifiques	95
ANNEXE B1: Productions potentielles	101
ANNEXE B2: Apports réels	105

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>	
2.1	Apports spécifiques moyens annuels	12
3.1	Caractéristiques des bassins versants des rivières Yamaska et Saint-François	25
3.2	Utilisation du territoire en amont des stations d'échantillonnage (rivière Yamaska)	26
3.3	Utilisation du territoire en amont des stations d'échantillonnage (rivière Saint-François)	27
3.4	Production d'azote en amont des stations d'échantillonnage (rivière Yamaska)	28
3.5	Production de phosphore en amont des stations d'échantillonnage (rivière Yamaska)	29
3.6	Production d'azote en amont des stations d'échantillonnage (rivière Saint-François)	30
3.7	Production de phosphore en amont des stations d'échantillonnage (rivière Saint-François)	31
3.8	Charges en azote total - bassin de la rivière Yamaska	32
3.9	Charges en phosphore total - bassin de la rivière Yamaska	33
3.10	Charges en azote total - bassin de la rivière Saint-François	34
3.11	Charges en phosphore total - bassin de la rivière Saint-François	35

	<u>PAGE</u>	
3.12	Producteurs (bassin de la rivière Yamaska)	36
3.13	Producteurs drainés (bassin de la rivière Yamaska)	37
3.14	Productions d'azote (bassin de la rivière Yamaska)	38
3.15	Productions drainées d'azote (bassin de la rivière Yamaska)	39
3.16	Productions d'azote par unité de surface (bassin de la rivière Yamaska)	40
3.17	Productions drainées d'azote par unité de surface (bassin de la rivière Yamaska)	41
3.18	Productions regroupées d'azote (bassin de la rivière Yamaska)	42
3.19	Productions regroupées et drainées d'azote (bassin de la rivière Yamaska)	43
4.1	Coefficients de rétention de phosphore par les lacs	62
4.2	Résultats des différentes simulations par les deux méthodes d'ajustement	63
4.3	Simulations moyennes et pourcentage moyen d'ajustement	64
4.4	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Yamaska (année)	65
4.5	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Yamaska (printemps)	66
4.6	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Yamaska (été)	67
4.7	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Yamaska (automne)	68

	<u>PAGE</u>	
4.8	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Yamaska (hiver)	69
4.9	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Yamaska (année)	70
4.10	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Yamaska (printemps)	71
4.11	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Yamaska (été)	72
4.12	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Yamaska (automne)	73
4.13	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Yamaska (hiver)	74
4.14	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Saint-François (année)	75
4.15	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Saint-François (printemps)	76
4.16	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Saint-François (été)	77
4.17	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Saint-François (automne)	78
4.18	Simulation des apports en azote - bassin de la rivière Saint-François (hiver)	79
4.19	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Saint-François (année)	80
4.20	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Saint-François (printemps)	81
4.21	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Saint-François (été)	82
4.22	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Saint-François (automne)	83
4.23	Simulation des apports en phosphore - bassin de la rivière Saint-François (hiver)	84
4.24	Essai de classification des anomalies aux stations	85
4.25	Réduction, le long de la rivière Yamaska, du débit massique d'azote, causée par un traitement, à 95%, des rejets des villes de Waterloo et Granby	86

4.26

Réduction, le long de la rivière Yamaska, du débit massique de phosphore, causée par un traitement, à 95%, des rejets des villes de Waterloo et de Granby

PAGE

87

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>	
2.1	Organigramme général du modèle d'apports	13
3.1	Bassins versants des rivières Yamaska et Saint-François	44
3.2	Localisation des stations d'échantillonnage - bassin de la rivière Yamaska	45
3.3	Localisation des stations d'échantillonnage - bassin de la rivière Saint-François	46
3.4	Schéma de drainage du bassin versant de la rivière Yamaska	47
3.5	Schéma de drainage du bassin versant de la rivière Saint-François	48
4.1	Profil en long de la réduction des charges transitées	88

1. INTRODUCTION

1.1 HISTORIQUE

Le développement d'un modèle d'apports s'inscrit logiquement dans la suite d'une étude effectuée pour le Ministère des Richesses naturelles (MRN), intitulée: "Planification de l'acquisition des données de qualité de l'eau au Québec" (MRN-INRS, 1974). Cette étude proposait une méthode d'acquisition de données (tome 5) et décrivait la structure générale d'un modèle d'apports (tome 4).

Le présent travail se rapporte à la mise au point et à l'application du modèle d'apports sur deux rivières du Québec (Yamaska et Saint-François). Cette technique, encore au stade de la recherche, présente beaucoup de potentiel pour l'étude de l'enrichissement des lacs et des rivières du Québec en substances nutritives.

1.2 BUT DU MODELE

Par une étude détaillée des charges en substances nutritives rejetées par les différents utilisateurs sur le territoire, le modèle propose un schéma simple de cheminement de ces substances. Il permet d'établir sur une base annuelle ou saisonnière les quantités de substances nutritives transportées en tout point du réseau hydrologique et de mettre en évidence les contributions relatives des différents utilisateurs du territoire à ces apports. Il permet également de prévoir les répercussions d'un aménagement projeté sur la diminution relative des quantités d'éléments nutritifs transités dans les tronçons de rivière situés en aval.

1.3 TRAVAUX RECENTS DANS LE DOMAINE DE L'EUTROPHISATION DES RIVIERES ET DES LACS

L'étude de la littérature montre que la teneur en éléments nutritifs des eaux d'un bassin est reliée étroitement à l'utilisation du territoire drainé.

- Vollenweider (1968) a mis en évidence la possibilité de classer les lacs selon leur fertilité en fonction de la vitesse d'apport en phosphore par unité de surface et de leur profondeur moyenne. Ce modèle a été amélioré par la suite (Dillon et Rigler, 1975) en introduisant la notion de temps de renouvellement de l'eau.

- Dans le but d'évaluer les apports en phosphore à une cinquantaine de lacs ontariens peu développés, Dillon et Kirchner (1974) ont tenté d'améliorer la formule présentée par Patalas (1972) en précisant, par des mesures effectuées sur le terrain, la gamme des charges en phosphore exportées selon la géologie (roches sédimentaires ou ignées) et l'utilisation du territoire (forêt, forêt + pâturage, agriculture) (Kirchner, 1975).

Deux travaux très récents s'inscrivent encore plus dans la ligne de pensée du modèle d'apports:

- L'Agence américaine de Protection de l'Environnement (EPA, 1974) vient de publier son premier rapport concernant l'échantillonnage national sur l'eutrophisation. Ce rapport porte sur 143 bassins de drainage de la partie du Centre-Nord et du Nord-Est des Etats-Unis. Son but est d'établir des relations générales entre l'utilisation du territoire et les éléments nutritifs (N, P) des rivières, dans la perspective d'établir des coefficients d'exportation par ruissellement de ces corps chimiques, reliés à l'utilisation du territoire et à certaines caractéristiques géographiques. Cette étude insiste surtout sur les sources diffuses et la densité des animaux d'élevage. L'interprétation axée sur la méthode des régressions entre les charges mesurées et les types d'utilisation du sol n'a pas donné les résultats souhaités; l'étude se poursuit avec, pour objectif, d'étudier environ 1000 bassins à la grandeur des Etats-Unis.
- Uttomark *et al.* (1974) ont publié, dans le cadre de la même étude, une revue très complète de la littérature sur les charges en éléments nutritifs provenant des sources diffuses au sens large (précipitations, zones urbanisées, forêts, territoires agricoles). Cette étude insiste sur la part exportée de ces charges.

La préoccupation commune des recherches précédentes est de préciser, pour un bassin donné (lac ou rivière), les contributions des différentes utilisations du territoire drainé, aux charges cheminant dans le réseau hydrographique d'un bassin.

2. STRUCTURE DU MODELE D'APPORTS

2.1 TERMINOLOGIE

Carreau entier: unité de découpage cartographique de dimensions 10 km par 10 km, développée par Environnement Canada (1973) et tracée sur les cartes à projection Universelle Transverse de Mercator (UTM).

Carreau partiel: unité de drainage, comprise dans un carreau entier. La banque physiographique du Canada fournit la couverture végétale du carreau partiel et les sens des écoulements de carreau partiel en carreau partiel, permettant ainsi de suivre le cheminement des charges dans le réseau hydrographique.

Ce découpage est compatible avec le modèle hydrologique CEQUEAU utilisé sur les mêmes bassins (Girard, 1970; Girard, Charbonneau et Morin, 1972).

Producteur: utilisation du territoire génératrice d'éléments nutritifs (N, P) (ex.: population bovine); par extension, ce terme recouvre aussi les contributions naturelles (ex.: précipitations).

Apports spécifique: quantité d'éléments nutritifs rejetée par jour, en moyenne, par chacun des utilisateurs sur le territoire (en kg/jour/unité de producteur).

Production: quantité journalière d'éléments nutritifs fournie par les producteurs (en kg/jour de N ou P).

Apport réel: production dont la totalité atteint le réseau de drainage (ex.: les rejets d'égouts, la pluie sur un lac, les charges exportées par une forêt).

Apport potentiel: production dont une partie seulement atteint le réseau de drainage (ex.: apport des animaux, apport des cultures engraisées, rejets humains non collectés).

Débit massique: quantité journalière d'éléments nutritifs transitée dans la rivière (en kg/jour de N ou P).

2.2 UTILISATION DU TERRITOIRE

Les statistiques canadiennes sont disponibles tous les 5 ans sur une base municipale (Statistique Canada, 1971). Elles sont utilisées pour identifier les apports réels (ex.: populations) et potentiels (ex.: ruissellement agricole) en éléments nutritifs.

D'autres sources fournissent, par municipalité, le nombre de personnes desservies par un réseau d'égouts (Québec, Bureau de la Statistique, 1971) et la liste des principales industries, leur type et le nombre de leurs employés (Scott's, 1975).

L'approche fondamentale de distribution des apports est la suivante:

les apports ponctuels sont affectés directement aux carreaux partiels où ils se jettent, alors que les apports diffus sont distribués sur les carreaux entiers proportionnellement aux surfaces des municipalités qui s'y trouvent.

2.3 APPORTS SPECIFIQUES

Pour chacun des apports (égouts domestiques, rejets industriels, ruissellement agricole, élevage, précipitation, forêts), les productivités spécifiques en azote et en phosphore ont été établies à partir de la littérature, en séparant les apports réels à la rivière des apports potentiels, c'est-à-dire non totalement transférés (tableau 2.1).

On trouvera à l'annexe A, les références ayant servi de base à cette compilation et à l'annexe B, un index permettant de déterminer quelles références ont été utilisées pour chacun des producteurs.

Cette approche s'est avérée valable pour les contributions humaines et animales, de même que pour les autres sources agricoles. En ce qui concerne les rejets industriels, les données n'étant pas disponibles, il a fallu utiliser des méthodes indirectes d'estimation, comme le type d'industrie et le nombre d'employés. Nous avons utilisé pour cela les données recueillies par Couillard et Cluis (1974).

Cette technique indirecte est certainement très imprécise et nous en sommes tout à fait conscients, mais aussi longtemps que les effluents industriels ne seront pas mesurés sur le terrain et que les résultats ne seront pas rendus disponibles, il n'existera pas d'autre moyen d'évaluer la contribution des rejets industriels.

2.4 HYPOTHESES DU MODELE

Les hypothèses suivantes ont été adoptées:

- a) les différentes sources sont additives;
- b) la densité de drainage est suffisamment grande pour qu'une source potentielle atteigne un cours d'eau à l'intérieur de son carreau partiel d'origine;
- c) une fois dans un cours d'eau, une charge reste dans le lit et se déplace vers l'aval avec possibilité saisonnière de sédimentation ou de remise en suspension ou solution, d'assimilation ou de relâchement par la matière vivante (organismes planctoniques et benthiques);
- d) comme le modèle cherche à établir les charges transportées sur une base saisonnière et non journalière (épisode hydrologique), nous considérons que le transfert des charges est suffisamment tamponné pour que les apports spécifiques puissent être considérés comme constants durant la période considérée;
- e) faute de relevés géologiques à petite échelle, nous considérons que les deux bassins étudiés sont relativement homogènes, de ce point de vue;
- f) une autre hypothèse importante est qu'il n'y ait pas eu de variations trop rapide de l'utilisation du territoire dans le temps; en effet, les données utilisées sont celles de Statistique Canada (1971). Ces données pourraient être réévaluées avec le recensement de 1976.

Un organigramme général des différentes opérations nécessaires à l'établissement du modèle d'apports est représenté sur la figure 2.1.

2.5 SCHEMA GENERAL

2.5.1 Support topographique et drainage

Pour stocker les informations, nous avons utilisé comme support cartographique le quadrillage Universel Transverse de Mercator (grille UTM), disponible au Canada et décrit par Sebert (1972). Les dimensions du carreau de base choisi sont de 10 km par 10 km, ce qui le rend compatible avec des données fournies sur une base journalière, qui sont utilisées dans le modèle de génération des débits.

L'usage de la grille carrée représente une amélioration pour le stockage et le traitement automatique des données par rapport aux découpages en sous-bassins de taille variable. Ses applications en hydrologie, développées récemment grâce aux travaux de Solomon (1972), se sont avérées fructueuses à cause des relations entre la banque physiographique des données primaires (altitude, couverture végétale, pente) et les phénomènes secondaires (évaporation, précipitations, débits).

Chacun des carreaux de base est divisé en carreaux partiels ayant les mêmes caractéristiques physiographiques que leur carreau de base, mais faisant partie de sous-bassins différents. En conservant en mémoire, pour chaque carreau partiel, les références des carreaux partiels situés à l'amont et du carreau partiel situé à l'aval, on peut représenter très simplement la circulation de l'eau sur le bassin. Ce schéma de drainage est identique à celui du Guide d'utilisation des banques de données (Environnement Canada, 1973).

2.5.2 Banque de données des producteurs à l'échelle du carreau partiel

Les données d'utilisation du territoire à l'échelle du carreau partiel constituent la banque des producteurs; si l'on multiplie le nombre de producteurs de chaque classe, par l'apport spécifique journalier correspondant en azote et phosphore, on obtient les banques de production (réelle et potentielle) d'éléments nutritifs.

2.5.3 Schéma général du transfert

A partir des banques de productions (réelles et potentielles) et de drainage établies pour les carreaux partiels, et en tenant compte des hypothèses du modèle énoncées au paragraphe 2.4, nous définissons 2 coefficients de transfert:

C_I = coefficient interne de transfert des apports potentiels au cours d'eau (selon l'hypothèse 2.4.a);

C_T = coefficient de transport de carreau partiel en carreau partiel (selon l'hypothèse 2.4.b).

Soient AP et AR les apports potentiels et réels d'un carreau partiel situé à k carreaux partiels en amont d'un point d'échantillonnage. La contribution de ce carreau partiel à la charge transitée pour une période de temps donnée, à la station s'écrira:

$$Q_M = C_T^k \times (AR_i + C_I \cdot AP_i) \times \Delta t$$

Le transport total en éléments nutritifs à la station d'échantillonnage sera donc la somme des contributions de ce type pour l'ensemble des carreaux partiels situés à l'amont. Ainsi, ce même schéma permet de simuler en tout point du réseau hydrographique les charges transportées.

2.5.4 Sens physique des coefficients de transport et de transfert

- C_T représente le transport des charges une fois acheminées dans le cours d'eau. Nous nous attendons à ce que C_T soit proche de 1 sur une base annuelle, inférieur à 1 aux étiages d'hiver et d'été (sédimentation et/ou assimilation), supérieur à 1 à la débâcle de printemps et aux crues d'automne (mise en suspension et/ou relâchement).
- C_I représente la fraction des apports potentiels atteignant la rivière. Nous nous attendons à ce que ce coefficient soit très faible en

hiver (sol gelé), fort au printemps (déstockage) et intermédiaire durant la saison végétative. De plus, compte tenu de la chimie des substances nutritives, on s'attend à ce que le coefficient relatif à l'azote soit plus élevé que celui relatif au phosphore.

De plus, de meilleurs résultats seront obtenus pour les stations d'échantillonnage situées suffisamment en aval pour regrouper un nombre adéquat de carreaux partiels. En effet, à cause de l'effet de compensation des erreurs d'affectation des données statistiques, on bénéficie alors d'une meilleure représentation de la réalité. A titre de référence, les bassins complets des rivières Yamaska et Saint-François comprennent respectivement 123 et 301 carreaux partiels.

2.5.5 Modèle hydrologique utilisé pour la simulation des débits

Un modèle déterministe de simulation de débits utilisant la même schématisation du drainage a été développé par Girard *et al.* (1970; 1972). A partir des données physiographiques de chaque carreau (altitude moyenne, surface de lacs, de marais, de forêts et de sol nu), et de données météorologiques mesurées il permet d'évaluer en tout point du bassin, sur une base journalière les éléments suivants:

- a) les données météorologiques probables, compte tenu des données observées aux stations météorologiques situées sur les carreaux voisins et des corrélations existantes entre ces données et les caractéristiques propres de chaque carreau;
- b) le transport de l'eau produite par les précipitations liquides ou la fonte de neige compte tenu des caractéristiques topographiques et géologiques;
- c) l'écoulement traversant chaque carreau.

Après calage des coefficients du modèle par comparaison avec des débits observés aux stations hydrométriques, le modèle peut simuler, avec une précision suffisante (10-15% durant l'année, 20-25% sous couvert de glace),

les débits traversant chaque carreau partiel en tout temps, à partir des données météorologiques.

Ce modèle a été appliqué sur les bassins étudiés et a servi à simuler les débits moyens journaliers aux stations d'échantillonnage. Il aurait été souhaitable de travailler avec des débits mesurés; cela n'a pas été possible. Dans le cas de station d'échantillonnage correspondant à une station hydrométrique, nos contraintes de temps nous imposaient de travailler avant que les enregistrements de niveaux soient dépouillés et que les débits soient rendus disponibles; dans le cas des autres stations d'échantillonnage, il était impossible, pendant la durée de cette étude, d'installer des stations temporaires et de les calibrer valablement à cause de leur site souvent inadéquat (absence de section de contrôle hydraulique).

2.5.6 Mesures des concentrations d'azote et de phosphore totaux

Un échantillonnage systématique a été réalisé par le Service de la qualité des eaux du Ministère des Richesses naturelles pendant les deux années de l'étude (MRN-INRS, 1976). Une banque de données a été créée dont nous avons extrait, pour l'usage de ce modèle, les concentrations en azote total et en phosphore total des échantillons naturels (non filtrés). En utilisant des concentrations mesurées ainsi que les débits moyens journaliers simulés par le modèle hydrologique, nous avons évalué sur une base annuelle et saisonnière les charges transportées. Le mode de calcul est détaillé au chapitre 3.

2.5.7 Calibration

La calibration s'effectue en optimisant sur chaque bassin, pour chacune des périodes étudiées, la paire de coefficients C_I et C_T (coefficient interne de transfert et coefficient de transport de carreau partiel à carreau partiel), de façon à ce que les charges calculées se rapprochent des charges mesurées sur le bassin. Cette technique d'optimisation est détaillée au chapitre 3.

TABLEAU 2.1: APPORTS SPECIFIQUES MOYENS ANNUELS.

	PRODUCTEUR	TYPES D'APPORTS	APPORTS DE N	APPORTS DE P
Apports naturels	Lacs - pluie sur le lac	réels	2.1 kg/jour-km ²	0.02 kg/jour-km ²
	forêts - ruissellement	potentiels ¹	5.3 kg/jour-km ²	0.6 kg/jour-km ²
	marécages - ruissellement	réels	1.5 kg/jour-km ²	
	sol nu - pluie sur sol nu	potentiels	2.1 kg/jour-km ²	0.02 kg/jour-km ²
Apports de la population humaine	population avec égout	réels	14 g/jour-habitant	1.8 g/jour-habitant
	population sans égout	potentiels	14 g/jour-habitant	1.8 g/jour-habitant
Apports de la population animale	bovins	potentiels	187 g/jour-animal	33.6 g/jour-animal
	porcs	potentiels	31	9.5
	moutons	potentiels	24	4.4
	poulets	potentiels	2	0.7
	chevaux	potentiels	159	23.1
Apports des engrais chimiques	blé	potentiels	15 kg/jour-km ² fertilisé	9.4 kg/jour-km ² fertilisé
	avoine	potentiels	4.6	9.4
	orge	potentiels	12	12
	fruits de vergers	potentiels	3.4	7.1
	petits fruits	potentiels	29	28
	pâturage défriché	potentiels	15.4	9.1
	foin cultivé	potentiels	15.4	9.1
	maïs-grain	potentiels	40	13
	tabac	potentiels	11	18
	patates	potentiels	25	23
	betteraves	potentiels	25	24
	légumes	potentiels	15	12
	autres	potentiels	31	11
Apports des industries	chacune des industries	réels	dépendant du nombre d'employés et du type d'industrie	

¹ La littérature donne des apports spécifiques réels (0.64 kg/jour-km² d'azote et 0.032 kg/jour-km² de phosphore); cependant, comme la forêt est une source diffuse, son apport est considéré comme potentiel par un artifice de calcul (voir le Chapitre 4).

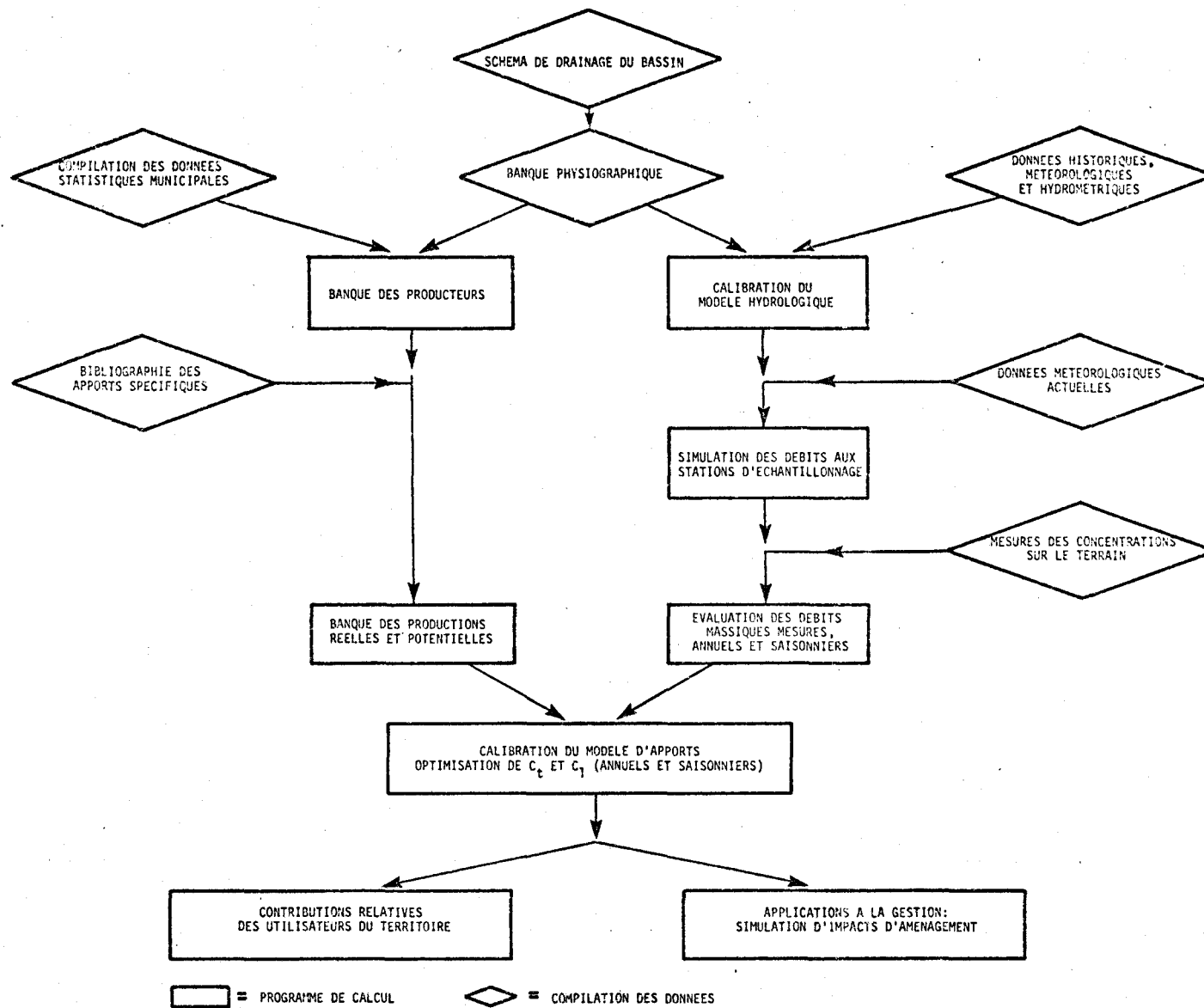


FIGURE 2.1. ORGANIGRAMME GENERAL DU MODELE D'APPORTS.

**3. APPLICATION DU MODELE D'APPORTS AUX BASSINS DES
RIVIERES YAMASKA ET SAINT-FRANCOIS**

3.1 DESCRIPTION DES BASSINS VERSANTS

Le bassin versant de la rivière Yamaska est situé au Québec, au sud du fleuve Saint-Laurent; il est compris entre les latitudes nord $45^{\circ}05'$ et $46^{\circ}05'$ et les longitudes ouest $72^{\circ}12'$ et $73^{\circ}07'$. Les eaux de la rivière Yamaska se jettent dans le lac Saint-Pierre qui constitue un élargissement du fleuve Saint-Laurent entre les villes de Montréal et Québec. Le bassin, couvrant $4,843 \text{ km}^2$, se divise en deux régions distinctes: l'amont, drainé par la rivière Noire et par les branches nord, sud-est et centrale de la rivière Yamaska, appartient aux Appalaches; l'aval, qui comprend le tronçon principal de la rivière Yamaska, se trouve dans les basses terres du Saint-Laurent.

Le bassin versant de la rivière Saint-François se situe immédiatement à l'est de celui de la rivière Yamaska. Le bassin, compris entre les latitudes nord $44^{\circ}34'$ et $46^{\circ}07'$ et les longitudes ouest $71^{\circ}08'$ et $73^{\circ}03'$, se déverse également dans le lac Saint-Pierre. La superficie du bassin est de $10,230 \text{ km}^2$, dont 15% (la partie sud-ouest du bassin, $1,535 \text{ km}^2$) se trouvent aux Etats-Unis. Ce bassin versant comporte un grand nombre d'affluents et des lacs importants. Parmi les principaux sous-bassins, citons ceux des rivières Au Saumon, Eaton, Massawippi, Magog et Saint-Germain. Ici encore, l'amont du bassin appartient à la province géologique des Appalaches, alors que l'aval fait partie des basses terres du Saint-Laurent. Les deux bassins sont localisés sur la figure 3.1.

Le tableau 3.1 permet de comparer certaines caractéristiques générales des deux bassins versants; on y remarque des différences importantes. Le bassin de la rivière Yamaska se distingue par sa petite taille relative, par la forte proportion de son territoire qui est déboisée (62%), par l'importance de la superficie des terres utilisées à des fins agricoles (36%), et par une densité de population supérieure à celle du bassin versant de la rivière Saint-François. Cette situation est intéressante car la plupart des autres bassins versants du Québec ont des utilisations du territoire intermédiaires entre ces deux cas.

3.2 STATIONS D'ECHANTILLONNAGE

Les figures 3.2 et 3.3 montrent la localisation des stations d'échantillonnage; leurs dénominations sont les suivantes:

BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE ST-FRANCOIS

STATION	NUMERO	DESCRIPTION DES STATIONS ¹
1	03021L	Saint-François au pont-route à Pierreville
2	03021N	Saint-Germain à son embouchure
3	03021M	Saint-François au pont-route en amont de la Saint-Germain
4	03021P	Saint-François au pont-route 22 à Richmond
5	03021Q	Saint-François au pont-route 5-22 à Bromptonville
6	03021S	Magog au pont-route 55 à la sortie du lac Memphrémagog
7	03021R	Magog au pont de Rock-Forest
8	03021V	Saint-François au pont-route en amont de la Massawippi
9	03021U	Massawippi au pont-route à 0.5 mi. en aval de la Coaticook
10	03021T	Ascot au pont-route à Huntingville
11	03020Y	Saint-François au pont-route 1 à Ascot Corner
12	03020C	Eaton à 0.4 mi. de la Saint-François
13	03021W	Saint-François au pont-route en amont de la Eaton
14	03021Y	Saint-François à 0.4 mi. en aval de la rivière au Saumon
15	03021X	Au Saumon au pont-route de Fontainebleau
16	03021Z	Saint-François à la sortie du lac Aylmer
17	03022A	Saint-François au pont-route à 1.0 mi. en amont du lac Aylmer

BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE YAMASKA

STATION	NUMERO	DESCRIPTION DES STATIONS ¹
1	03030Y	Yamaska au pont-route à Yamaska
2	03031M	David au pont-route à l'embouchure
3	03030Z	Yamaska au pont-route de Saint-Marcel
4	03031N	Salvail au pont-route à son embouchure
5	03031P	Chibouet au pont-route à Saint-Hugues
6	03030D	Yamaska au pont-route 20 à Saint-Hyacinthe
7	03031A	Yamaska au pont-route à Douville
8	03031B	Yamaska au pont-route à 2.5 mi. en amont de la Noire
9	03030C	Noire au pont-route à Saint-Pie
10	03031H	Yamaska au pont-route à 1.0 mi. en aval de Farnham
11	03031G	Yamaska Sud-Est à 2.0 mi. de son embouchure
12	03031D	Yamaska-Nord au pont-route à 1.2 mi. en aval de Saint-Alphons
13	03031E	Yamaska au pont-route à 1.3 mi. en amont de la Yamaska-Nord
14	03031F	Yamaska Sud-Est au pont-route à 3.0 mi. en amont de Brigham
15	03031C	Yamaska-Nord au pont-route à 3.5 mi. en amont de St-Alphonse
16	03031R	Yamaska-Nord au pont route 39 à 1.8 mi. en aval du lac Waterl
17	03031Q	Noire au pont-route de Saint-Hector-de-Bagot
18	03031K	Saint-Nazaire au pont-route à 1.5 mi. de son embouchure
19	03031J	Noire au pont-route à 3.0 mi. en aval de Roxton Falls

3.3 SCHEMA DE DRAINAGE DES DEUX BASSINS

Les figures 3.4 et 3.5 présentent la subdivision en carreaux partiels (123

¹ La description et numérotation des stations correspond à celle utilisée par les services du Ministère des Richesses naturelles du Québec.

pour la rivière Yamaska et 301 pour la rivière Saint-François) des deux bassins, et les sens de l'écoulement.

Dans ces schémas, la localisation des stations d'échantillonnage s'effectue par une combinaison de bassins versants définis par des carreaux partiels.

BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS

STATION	NUMERO	CARREAUX PARTIELS DEFINISSANT LE BASSIN VERSANT
1	03021L	8616C
2	03021N	9126A+8978B
3	03021M	9126B+9253C
4	03021P	9433B
5	03021Q	9512A
6	03021S	9428A
7	03021R	9483A
8	03021V	9593A
9	03021U	9537A+9511B-9591B
10	03021T	9537A+9592B-9536A
11	03020Y	9593A
12	03020C	9672A-9775C-9673A
13	03021W	9673A
14	03021Y	9778A-9675A
15	03021X	9903A
16	03021Z	9905A
17	03022A	10055D

BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE YAMASKA

STATION	NUMERO	CARREAUX PARTIELS DEFINISSANT LE BASSIN VERSANT
1	03030Y	8615A-8616B
2	03031M	8614A+8808C
3	03030Z	8416B
4	03031N	8415A-8613C
5	03031P	8806B
6	03030D	8611B
7	03031A	8412A
8	03031B	8411A
9	03030C	8609A+8803B
10	03031H	8409A-8210A
11	03031G	8607+8799A-8608B-8800B
12	03031D	8801C
13	03031E	8800B-8801C-8799A
14	03031F	8799A
15	03031C	8801C
16	03031R	9121A
17	03031Q	8804A
18	03031K	8975C
19	03031J	9123A-9249C

3.4 UTILISATION DU TERRITOIRE EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE

On applique le schéma de drainage à la banque d'utilisation du territoire; on peut ainsi reconstituer l'utilisation du territoire en amont des stations d'échantillonnage en cumulant les producteurs de chaque carreau partiel dont le drainage passe au droit des stations. Les résultats de cette opération sont regroupés dans les tableaux 3.2 et 3.3.

3.5 PRODUCTIONS EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE

En multipliant les coefficients d'apports spécifiques en azote et phosphore par le nombre des utilisateurs de chaque classe, on obtient la production en éléments nutritifs en amont des stations d'échantillonnage; ces résultats apparaissent dans les tableaux 3.4, 3.5, 3.6 et 3.7. Compte tenu des incertitudes sur les valeurs des rejets industriels, nous ne les avons pas introduites dans ces tableaux; ce problème précis sera abordé dans la discussion des résultats (chapitre 4). Dans ces tableaux, nous avons tenu à séparer les apports réels des apports potentiels pour tenir compte des différences dans leurs transferts éventuels au cours d'eau.

3.6 SIMULATION DES DEBITS

Pour simuler les débits journaliers aux 36 stations d'échantillonnage (19 sur le bassin de la rivière Yamaska et 17 sur le bassin de la rivière Saint-François), nous avons utilisé le modèle hydrologique CEQUEAU. Ce modèle utilise la banque physiographique de la province de Québec et le même schéma de drainage que la banque de données d'utilisation du territoire. Ce modèle peut être considéré comme un opérateur (précipitations et températures → débits). A partir de données historiques d'ordre météorologique (69 stations) et d'ordre hydrologique (12 stations), le modèle a été calibré pour la période 1968-1972. Par la suite, durant la période de l'étude, les débits ont été simulés aux sites d'échantillonnage pour les années 1973, 1974 et 1975. Deux difficultés principales ont été rencontrées:

- la première consistait à travailler en temps réel, ce qui a impliqué d'informatiser et de traiter nous mêmes les données météorologiques et hydrologiques, avant les services gouvernementaux responsables;

- la deuxième consistait à devoir tenir compte dans le modèle des débits influencés par les opérations de barrages, ce qui a nécessité une modification du modèle.

3.7 CALCUL DES CHARGES

Pour calculer les charges, nous nous sommes trouvés devant le problème classique d'une évaluation d'un débit massique (L):

$$L = K \cdot \Sigma c \cdot q$$

où:

- L = le débit massique (kg/jour)
- c = la concentration mesurée à toutes les 4 semaines (mg/l)
- q = le débit simulé à chaque jour (m³/j)
- K = coefficient de conversion d'unités

Nous avons d'abord essayé de trouver s'il existait une relation systématique entre c et q, sur une base annuelle ou saisonnière durant la période du 1er mars 1974 au 28 février 1975.

Les données recueillies n'ont mis en évidence aucune relation simple (corrélation générale ou selon la saison, relation par classes de débits, relation selon le sens de variation du débit). Nous sommes malgré tout dans un cas relativement favorable en ce qui a trait à la précision du bilan puisque le paramètre (c) mesuré à la fréquence la plus faible, a une variabilité nettement plus faible que le paramètre généré à la fréquence la plus forte, "q".

Les coefficients de variation suivent la relation:

$$\frac{\sigma_c}{\bar{c}} \ll \frac{\sigma_q}{\bar{q}}$$

où:

- σ_c et σ_q = l'écart type des variables c et q
- \bar{c} et \bar{q} = les moyennes de c et q.

L'utilisation des débits moyens journaliers a été jugée nécessaire au maintien d'une précision acceptable sur l'estimation de la charge. Ce mode de calcul a déjà été utilisée avec succès par Taylor *et al.* (1971), selon les recommandations de Borman et Likens (1967). Il a donc fallu estimer les concentrations journalières entre les dates d'échantillonnage.

Pour ce faire, plusieurs méthodes sont possibles: des prélèvements plus rapprochés dans le temps seraient nécessaires pour choisir la meilleure. Face à l'absence de telles données, nous avons choisi la technique la plus simple, celle de l'interpolation linéaire des concentrations.

Ainsi, l'équation du débit massique journalier choisie pour chacune des stations et chacune des périodes (année ou saisons) s'écrit:

$$L = \sum c_i \cdot q_i$$

où:

L = débit massique journalier

c_i = concentration mesurée ou interpolée entre deux dates d'échantillonnage;

q_i = débit moyen journalier simulé par le modèle hydrologique.

3.8 PROGRAMMES DEVELOPPES ET RESULTATS

Les programmes décrits ci-dessous ont été développés en FORTRAN, puis appliqués séparément sur chacun des deux bassins; leurs résultats sont disponibles aux utilisateurs éventuels sur demande.

3.8.1 Programme bilan

Ce programme utilise comme données d'entrée les deux banques suivantes:

- la banque générale des données de qualité de l'eau comprenant les concentrations en azote total et en phosphore total aux dates d'échantillonnage;
- la banque des débits moyens journaliers simulés aux stations d'échantillonnage.

Le programme BILAN calcule par interpolation linéaire entre les dates d'échantillonnage les concentrations journalières, et effectue le produit journalier $c_j \cdot q_j$.

Le débit massique annuel ou saisonnier est la sommation de ces produits journaliers ($\sum c_j \cdot q_j$) entre les dates appropriées et la valeur journalière moyenne de cette charge s'écrit $(\sum c_j \cdot q_j)/n$. Par opposition aux valeurs déduites de l'utilisation du territoire, nous appelons ces valeurs les charges *mesurées*.

On trouvera aux tableaux 3.8, 3.9, 3.10 et 3.11 les résultats annuels et saisonniers des charges totales et moyennes journalières *mesurées*. La valeur annuelle a été établie pour la période entre le 01-03-1974 et le 28-02-1975. Les saisons sont définies à partir du régime hydrologique.

printemps:	du 01-03-74	au	31-05-74;
été	: du 01-06-74	au	31-08-74;
automne	: du 01-09-74	au	15-12-74;
hiver	: du 16-12-74	au	28-02-75 (sous couvert de glace).

On notera dans ces tableaux que les pourcentages représentent la contribution de chacune des saisons ainsi définies, à la charge totale annuelle. Cela met en évidence les disparités saisonnières. Pour fin de comparaison, on a établi une moyenne journalière (en kg/jour) pour chacune des périodes considérées. Ces valeurs de charges journalières moyennes pour chaque période ont été utilisées comme base pour la calibration du modèle d'apports.

3.8.2 Programme UN: Producteurs

Ce programme traite essentiellement de la répartition spatiale des producteurs sur le bassin versant.

- Pour chacune des municipalités, les données de populations humaines (avec égout ou sans égout), animales (bovins, porcs, moutons, poulets, chevaux) et les superficies des différentes cultures (engraissées ou non) sont recensées.

- Les producteurs responsables des apports ponctuels sont affectés directement aux carreaux partiels où ils se jettent, alors que ceux responsables des apports diffus sont distribués sur les carreaux partiels proportionnellement aux surfaces des municipalités qui s'y trouvent.
- Ces données sont ensuite combinées avec la banque physiographique du bassin qui fournit le schéma de drainage des carreaux partiels et l'utilisation générale du sol (superficie du carreau partiel et sa répartition en surface de lacs, de forêts, de marécages et de sol nu).

Le résultat des opérations décrites précédemment donne la banque des utilisateurs du territoire qui comprend pour chaque carreau partiel le schéma de drainage, l'utilisation générale du sol, la population humaine (avec et sans égout), les populations animales et les surfaces de grandes cultures engraisées ou non. Les producteurs industriels ne sont introduits dans cette banque qu'au programme QUATRE.

Une version "drainée" de cette banque a aussi été établie; il s'agit d'un cumul de toutes ces données qui donne en chaque point du territoire l'utilisation du bassin en amont de ce point. Des exemples de ces résultats sont fournis dans les tableaux 3.12 et 3.13.

3.8.3 Programme DEUX: Productions

Ce programme établit, pour chacun des producteurs de chaque carreau partiel, les apports (réels ou potentiels) en azote total et en phosphore total (kg/jour) générés en utilisant le tableau 2.1 des productivités spécifiques des producteurs. Un tableau des productions locales, regroupées par grandes classes d'utilisation, est aussi produit (population avec égout, sans égout, animaux, engrais chimiques, apports réels et potentiels).

Une version "drainée" de cette banque a aussi été établie; il s'agit d'un cumul de ces productions, qui donne en chaque point du territoire les apports en azote et phosphore produits sur le bassin en amont de ce point. Des exemples de ces résultats sont fournis dans les tableaux 3.14 et 3.15.

3.8.4 Programme TROIS: Densité de production

Ce programme établit, pour les productions regroupées par grandes classes d'utilisation, la densité de production en azote et phosphore en divisant les productions par la surface considérée. Ces densités sont produites sous deux formes:

- densités de production locale (carreau partiel);
- densités de production drainée (bassin situé en amont).

Des exemples de ces résultats sont fournies dans les tableaux 3.16 et 3.17.

3.8.5 Programme QUATRE: Banque complète des productions

Dans cette banque sont introduits les apports théoriques en azote et phosphore attribués aux industries, les charges apportées par la pluie sur les lacs (apports réels) et sur le sol nu (apports potentiels), les charges drainées des forêts et des marécages ainsi que la contribution des détergents aux apports humains en phosphore. Cette banque constitue notre banque de travail au niveau des carreaux partiels.

Dans ce schéma, les bassins aux stations d'échantillonnage sont constitués par des combinaisons très simples de carreaux partiels (voir la section 3.3). Des exemples de ces résultats sont fournis dans les tableaux 3.18 et 3.19.

3.8.6 Programme CINQ: Simulation et calibration

Pour chacune des stations d'échantillonnage, nous disposons des débits massiques moyens journaliers en phosphore et en azote, sur une base annuelle ou saisonnière. Ce sont les charges *mesurées*. Nous disposons aussi des apports réels et ponctuels produits sur chaque carreau partiel. Par une série de simulations sur les deux coefficients du modèle:

C_I = coefficient interne de transfert des apports potentiels au cours d'eau;

C_T = coefficient de transport de carreau partiel en carreau partiel,

nous avons évalué, pour chaque saison, des charges *calculées* à chaque station d'échantillonnage.

L'optimisation s'est effectuée selon deux méthodes:

Méthode 1:

Cette méthode minimise, pour chaque bassin, l'écart relatif absolu moyen entre charges *mesurées* et *calculées*; elle donne donc une importance relative élevée aux erreurs d'ajustement effectuées sur les petits bassins.

Le critère d'ajustement s'écrit:

$$\text{minimiser } \frac{1}{n} \sum_1^n \left| \frac{C - M}{M} \right|$$

où:

n = nombre de stations d'échantillonnage du bassin;

M = charges *mesurées* à chaque station;

C = charges *calculées* à chaque station.

Méthode 2:

Cette méthode minimise, pour chaque bassin, l'écart entre la somme des charges *mesurées* et *calculées* à toutes les stations. Dans un tel ajustement, le poids donné aux stations drainant des grands bassins versants est prédominant.

Le critère d'ajustement s'écrit alors:

$$\text{minimiser } \frac{1}{n} \frac{\sum_1^n C - \sum_1^n M}{\sum_1^n M}$$

avec les mêmes notations.

Les résultats obtenus par ces 2 méthodes seront discutés au chapitre 4.

**TABEAU 3.1: CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS DES RIVIERES
YAMASKA ET SAINT-FRANCOIS.**

Description	Rivière Yamaska	Rivière Saint-François
Superficie (km ²)	4857	10236
lacs (%)	1.0	3.1
marais (%)	1.7	2.0
forêts (%)	32.5	67.8
déboisée (%)	62.3	25.1
urbanisée (%)	2.5	2.0
Altitude moyenne (m)	192	341
Pente moyenne (%)	1.1	1.2
Débit spécifique moyen annuel (m ³ s ⁻¹ km ⁻²)	0.105	0.127

TABLEAU 3.2: UTILISATION DU TERRITOIRE EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE (RIVIERE YAMASKA).

STATIONS	SURFACE TOTALE (km ²)	LACS (km ²)	FORETS (km ²)	MARECAGES (km ²)	SOL DECOUVERT (km ²)	POP. AVEC EGOUT	POP. SANS EGOUT	BOVINS	PORCS	MOUTONS	POULETS	CHEVAUX	KM ² FER- TILISES	INDUSTRIES	
														NOMBRE	EMPLOYES
03030Y	4588	42	1360	84	3102	113542	67128	152403	246163	3887	4199449	3327	521	135	14944
03031M	329	2.6	75	0	251	852	3721	12146	13233	267	283956	146	55	1	21
03030Z	4093	32	1267	84	2709	111926	61130	133356	225759	3494	3882398	3109	443	133	14902
03031N	216	1.6	62	0	152	720	3480	8645	8998	26	349186	105	35	0	0
03031P	149	0	25	0	124	155	2045	6612	13351	190	220997	65	28	1	20
03030D	3401	23	1158	84	2135	107733	51224	104753	171948	3177	3011004	2756	318	130	14836
03031A	3301	22	1148	84	2046	70414	49549	101137	165533	3130	2920887	2710	296	104	11805
03031B	1665	17	610	16	1021	58605	26816	45453	70824	2492	1646763	1314	115	82	9468
03030C	1479	4.2	520	67	887	8288	19356	48635	76657	550	1041698	1337	140	15	1717
03031H	1365	17	554	9.4	784	56041	20555	32670	37543	2473	995337	11	65	70	9021
03031G	470	.85	203	0	266	9032	7318	10786	11620	1405	326750	350	22	10	2056
03031D	294	1.9	122	2.5	168	39518	5303	7811	6926	156	240617	375	13	53	5962
03031E	490	15	218	1.7	256	1060	6287	9701	10314	901	207975	453	14	3	309
03031F	362	.85	174	0	187	9032	5633	6036	4792	1360	128170	279	10	10	2056
03031C	294	1.9	122	2.5	168	39518	5303	7811	6926	156	240617	375	13	53	5962
03031R	76	.76	30	2.2	42	4974	1043	1595	807	25	14826	105	1.5	11	983
03031Q	1148	3.6	423	65	656	7634	13289	36750	44828	382	560140	1063	104	11	1596
03031K	335	0	76	35	224	4853	3576	12282	13735	110	161234	308	33	8	1391
03031J	463	3.3	250	6.2	204	2568	5237	11836	7126	147	120308	422	32	3	205

TABLEAU 3.3: UTILISATION DU TERRITOIRE EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE (RIVIERE SAINT-FRANCOIS).

STATIONS	SURFACE TOTALE (km ²)	LACS (km ²)	FORETS (km ²)	MARECAGES (km ²)	SOL DECOUVERT (km ²)	POP. AVEC EGOUT	POP. SANS EGOUT	BOVINS	PORCS	MOUTONS	POULETS	CHEVAUX	KM ² FER- TILISES	INDUSTRIES	
														NOMBRE	EMPLOYES
03021L	10236	322	6839	209	2864	199067	77259	177950	83572	5513	1948415	5427	450	111	19517
03021N	242	0.44	100	15	127	1104	3263	6882	5562	43	760558	172	17	2	463
03021M	9653	300	6651	194	2507	154694	67734	161340	73662	5067	1050101	5105	403	75	13056
03021P	9233	289	6464	173	2306	154694	63445	151020	69123	4757	834936	4606	377	75	13056
03021Q	8157	266	5729	155	2007	143499	52447	128005	59521	4333	734586	3584	225	69	11001
03021S	1868	115	1002	47	704	21659	9573	27799	4743	539	232242	495	93	8	2143
03021R	1985	126	1080	48	730	21659	12712	29495	5352	566	258518	546	96	8	2143
03021V	4246	105	3531	93	517	19148	20435	47027	27746	2314	241418	1927	113	15	1269
03021U	1164	34	641	11	477	14041	8151	30825	13638	526	139100	597	77	9	1216
03021T	1156	24	685	6	442	7375	8960	32923	18661	714	171906	785	76	3	622
03020Y	4246	105	3531	93	517	19148	20435	47027	27746	2314	241418	1927	113	15	1269
03020C	683	0.03	569	23	90	7368	2882	10055	5010	213	45377	333	21	7	1072
03021W	3380	105	2832	69	373	11219	14887	33381	20939	1932	182981	1496	85	8	197
03021Y	2976	103	2518	58	297	10429	12923	27941	19775	1403	171020	1262	76	7	173
03021X	1026	7	916	34	69	1366	2535	5584	2041	672	10509	222	12	2	59
03021Z	1725	92	1405	21	206	7095	9569	20177	17258	462	132431	934	58	3	65
03022A	1221	52	981	18	170	677	7827	16139	13508	278	68108	761	53	1	32

TABLEAU 3.4: PRODUCTION D'AZOTE¹ EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE (RIVIERE YAMASKA).

STATIONS	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS				
	POPULATION AVEC EGOUT	PLUIE SUR LAC	FORET	MARECAGE	APPORTS REELS ²	POPULATION SANS EGOUT	ANIMAUX	ENGRAIS CHIMIQUES	PLUIE SUR SOL NU	APPORTS POTENTIELS TOTAUX
03030Y	1545.08	85.44	877.28	126.26	2634.06	913.49	45190.68	9221.06	6382.60	61707.81
03031M	11.60	5.37	48.48	0.00	65.45	50.64	3280.47	860.23	516.84	4708.18
03030Z	1523.08	66.64	817.30	126.26	2533.27	831.86	40315.39	7988.06	5574.34	54709.65
03031N	9.80	3.19	40.00	0.00	52.99	47.35	2611.62	608.58	313.59	3581.15
03031P	2.11	0.00	16.06	0.00	18.17	27.83	2109.44	519.04	255.30	2911.61
03030D	1466.02	47.07	747.26	126.26	2386.61	697.05	31482.82	5718.09	4393.64	42291.60
03031A	958.18	46.04	740.80	126.26	1871.29	674.25	30418.16	5299.39	4209.55	40601.35
03031B	797.49	35.88	393.16	24.85	1251.38	364.91	14267.39	2145.57	2101.39	18879.26
03030C	112.79	8.62	335.57	101.41	558.38	263.40	13792.89	2347.09	1825.21	18228.58
03031H	762.60	35.88	357.21	14.18	1169.87	279.70	9519.58	1171.76	1613.41	12584.46
03031G	122.91	1.75	130.94	0.00	255.60	99.58	3121.63	433.44	547.47	4202.11
03031D	537.76	3.87	78.56	3.80	623.99	72.16	2220.13	207.17	345.17	2844.63
03031E	14.42	30.26	140.32	2.57	187.58	85.69	2644.77	235.36	526.66	3492.48
03031F	122.91	1.75	111.98	0.00	236.64	76.66	1611.41	162.18	385.76	2236.01
03031C	537.76	3.87	78.56	3.80	623.99	72.16	2220.13	207.17	345.17	2844.63
03031R	67.69	1.56	19.60	3.44	92.29	14.20	370.16	22.67	87.56	494.58
03031Q	103.88	7.34	272.66	98.10	481.98	180.84	9567.00	1736.18	1350.68	12834.70
03031K	66.03	0.00	49.07	52.36	167.47	48.66	3098.53	534.66	461.17	4143.02
03031J	34.95	6.81	161.04	9.48	212.28	71.26	2745.69	478.28	419.03	3714.26

¹ La production d'azote est exprimée en kg j⁻¹.

² Apports réels sans compter les apports industriels.

TABLEAU 3.5: PRODUCTION DE PHOSPHORE¹ EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE (RIVIERE YAMASKA).

STATIONS	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS				
	POPULATION AVEC EGOUT	PLUIE SUR LAC	FORET	MARECAGE	APPORTS REELS ²	POPULATION SANS EGOUT	ANIMAUX	ENGRAIS CHIMIQUES	PLUIE SUR SOL NU	APPORTS POTENTIELS TOTAUX
03030Y	305.08	1.03	41.59	0.00	347.70	121.25	10354.82	5491.90	77.16	16045.12
03031M	1.54	0.07	2.30	0.00	3.91	6.72	727.65	566.57	6.25	1307.18
03030Z	202.15	0.81	38.74	0.00	241.70	110.41	9302.91	4687.12	67.39	14167.82
03031N	1.30	0.04	1.89	0.00	3.23	6.28	611.30	370.88	3.79	992.26
03031P	0.28	0.00	0.76	0.00	1.04	3.70	498.80	295.27	3.09	800.85
03030D	194.58	0.57	35.42	0.00	230.57	92.52	7239.62	3347.74	53.12	10732.99
03031A	127.18	0.56	35.12	0.00	162.86	89.49	6995.81	3100.14	50.89	10236.33
03031B	105.85	0.43	18.63	0.00	124.91	48.44	3339.85	1195.97	25.40	4609.66
03030C	14.96	0.11	15.90	0.00	30.97	34.96	3090.63	1423.11	22.07	4570.77
03031H	101.22	0.43	16.93	0.00	118.58	37.12	2156.88	659.32	19.50	2872.83
03031G	16.31	0.02	6.20	0.00	22.53	13.22	704.97	229.08	6.61	953.87
03031D	71.38	0.05	3.73	0.00	75.16	9.58	497.98	132.34	4.17	644.06
03031E	1.91	0.36	6.65	0.00	8.92	11.37	577.01	142.44	6.37	737.22
03031F	16.31	0.02	5.31	0.00	21.64	10.17	346.22	95.79	4.66	456.84
03031C	71.38	0.05	3.73	0.00	75.16	9.58	497.98	132.34	4.17	644.06
03031R	8.98	0.02	0.93	0.00	9.93	1.89	73.64	14.65	1.06	91.23
03031Q	13.78	0.09	12.93	0.00	26.80	24.01	2060.35	1043.42	16.33	3144.10
03031K	8.76	0.00	2.33	0.00	10.99	6.46	658.21	325.20	5.58	995.45
03031J	4.64	0.08	7.63	0.00	12.35	9.45	555.81	306.45	5.07	876.78

¹ La production de phosphore est exprimée en kg j⁻¹.

² Apports réels sans compter les apports industriels.

TABLEAU 3.6: PRODUCTION D'AZOTE¹ EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE (RIVIERE SAINT-FRANCOIS).

STATIONS	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS				
	POPULATION AVEC EGOUT	PLUIE SUR LAC	FORET	MARECAGE	APPORTS REELS ²	POPULATION SANS EGOUT	ANIMAUX	ENGRAIS CHIMIQUES	PLUIE SUR SOL NU	APPORTS POTENTIELS TOTAUX
03021L	2708.88	662.97	4410.52	315.47	8097.83	1051.33	40756.59	6478.85	5894.21	54180.98
03021N	15.02	0.91	64.25	22.27	102.45	44.40	3006.36	263.26	261.58	3575.60
03021M	2105.06	617.72	4289.06	293.20	7305.04	921.72	35487.46	5786.50	5157.90	47353.59
03021P	2105.06	594.64	4168.65	261.01	7129.36	863.35	32900.42	5429.93	4744.99	43938.69
03021Q	1952.73	546.50	3694.49	233.10	6426.81	713.69	27926.04	4706.69	4130.29	37476.71
03021S	294.73	236.42	646.38	70.41	1247.94	130.26	5898.85	1571.50	1448.41	9049.03
03021R	294.73	259.93	696.64	72.15	1323.45	172.98	6296.14	1612.15	1502.88	9584.14
03021V	260.56	216.89	2277.00	139.88	2894.34	278.07	10501.50	1393.91	1063.12	13236.60
03021U	191.07	69.41	413.74	17.10	691.32	110.90	6572.88	1149.22	982.03	8815.05
03021T	100.36	49.51	441.49	8.46	599.84	121.93	7222.16	1118.38	908.70	9371.18
03020Y	260.56	216.89	2277.00	139.88	2894.34	278.07	10501.50	1393.91	1063.12	13236.60
03020C	100.26	0.06	367.25	34.84	502.42	39.24	2184.80	303.37	185.91	2713.29
03021W	152.67	216.83	1826.71	103.69	2299.89	202.57	7543.63	992.67	767.53	9506.42
03021Y	141.91	211.23	1623.93	87.51	2064.59	175.85	6416.66	869.15	610.99	8072.65
03021X	18.59	14.40	590.51	51.16	674.66	34.49	1180.14	171.94	142.62	1529.19
03021Z	96.54	189.49	906.26	31.64	1223.93	130.21	4734.61	612.78	424.94	5902.54
03022A	9.21	106.57	632.86	26.88	775.52	106.50	3702.37	532.32	349.70	4690.89

¹ La production d'azote est exprimée en kg j⁻¹.

² Apports réels sans compter les apports industriels.

TABLEAU 3.7: PRODUCTION DE PHOSPHORE¹ EN AMONT DES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE (RIVIERE SAINT-FRANCOIS).

STATIONS	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS				
	POPULATION AVEC EGOUT	PLUIE SUR LAC	FORET	MARECAGE	APPORTS REELS ²	POPULATION SANS EGOUT	ANIMAUX	ENGRAIS CHIMIQUES	PLUIE SUR SOL NU	APPORTS POTENTIELS TOTAUX
03021L	359.08	8.01	209.06	0.00	576.19	151.44	8218.40	4284.05	71.26	12725.15
03021N	1.99	0.01	3.02	0.00	5.02	5.90	795.23	169.31	3.16	973.50
03021M	279.04	7.47	203.88	0.00	490.39	122.15	6958.06	3818.46	62.35	10960.96
03021P	279.04	7.19	197.33	0.00	483.56	114.21	6412.01	3572.69	57.36	10156.27
03021Q	258.85	6.61	174.93	0.00	440.39	94.34	5455.61	3077.58	49.93	8677.46
03021S	39.07	2.86	30.65	0.00	72.53	17.26	1146.98	885.71	17.51	2067.46
03021R	39.07	3.14	33.03	0.00	75.24	22.90	1228.55	913.12	18.17	2182.74
03021V	34.53	2.62	107.95	0.00	145.10	36.87	2058.68	1064.15	12.85	3172.55
03021U	25.32	0.84	19.61	0.00	45.77	14.71	1273.49	731.50	11.87	2031.57
03021T	13.30	0.60	20.93	0.00	34.83	16.14	1418.84	722.98	10.98	2168.94
03020Y	34.53	2.62	107.95	0.00	145.10	36.87	2058.68	1064.15	12.85	3172.55
03020C	13.30	0.00	17.38	0.00	30.68	5.21	424.18	202.27	2.25	633.91
03021W	20.24	2.62	86.40	0.00	109.26	26.87	1485.13	795.93	9.28	2317.21
03021Y	18.80	2.55	76.80	0.00	98.15	23.33	1275.71	711.73	7.39	2018.16
03021X	2.46	0.17	27.98	0.00	30.61	4.59	222.01	110.52	1.72	338.84
03021Z	12.80	2.29	42.95	0.00	58.04	17.25	953.59	545.74	5.14	1521.72
03022A	1.22	1.29	30.00	0.00	32.51	14.09	734.64	494.53	4.23	1247.49

¹ La production de phosphore est exprimée en kg j⁻¹.

² Apports réels sans compter les industries.

TABLEAU 3.8: CHARGES EN AZOTE TOTAL - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA.

STATION	ANNEE (01-03-74 au 28-02-75)		PRINTEMPS (01-03-74 au 31-05-74)			ETE (01-06-74 au 31-08-74)			AUTOMNE (01-09-74 au 15-12-74)			HIVER (16-12-74 au 28-02-75)		
	kg/jour	kg	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%
03030Y	16275	5940265	38075	3502908	59	6386	587518	10	8772	929873	16	12266	919966	15
03031M	1005	366946	2725	250691	68	263	24239	7	360	38160	10	718	53855	15
03030Z	15273	5574519	35262	3244148	58	6308	580348	10	8419	892388	16	11435	857635	16
03031N	1063	367933	2330	214378	55	716	65874	17	503	53307	14	725	54373	14
03031P	713	260361	1537	141436	54	378	34795	14	378	40118	15	587	44012	17
03030D	11162	4074005	24303	2235869	55	5333	490665	12	6385	676813	17	8942	670658	16
03031A	11049	4032738	26124	2403445	60	4883	449238	11	5647	598599	15	7753	581457	14
03031B	5978	2181955	14193	1305794	60	2438	224252	10	3324	352363	16	3994	299545	14
03030C	3486	1272381	7002	644148	51	1835	168845	13	2197	232886	18	3020	226502	18
03031H	3215	1173328	6482	569300	51	1672	153839	13	2144	227215	19	2613	195974	17
03031G	1042	380358	2279	209661	55	538	49526	13	661	70099	18	681	51072	14
03031D	1681	613557	2869	263921	43	1158	106574	17	1497	158700	26	1125	84364	14
03031E	710	258991	1344	123663	48	555	51041	20	463	49040	19	470	35248	13
03031F	835	304943	1723	158492	52	453	41665	14	670	71015	23	450	33770	11
03031C	1310	477979	1834	168735	35	1497	137691	29	1229	130262	27	551	41291	9
03031R	181	65977	306	21134	43	124	11430	17	147	15568	24	145	10845	16
03031Q	2212	807256	4152	381958	47	1466	134894	17	1377	145909	18	1927	144496	18
03031K	850	310279	1568	144283	47	475	43660	14	559	59250	19	841	63086	20
03031J	604	220620	1068	98296	45	423	38913	18	413	43765	20	529	39647	17

Note: Des chiffres non significatifs ont été conservés pour fins de comparaison avec les tableaux 4.4 à 4.8.

TABLEAU 3.9: CHARGES EN PHOSPHORE TOTAL - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA.

STATION	ANNEE (01-03-74 au 28-02-75)		PRINTEMPS (01-03-74 au 31-05-74)			ETE (01-06-74 au 31-08-74)			AUTOMNE (01-09-74 au 15-12-74)			HIVER (16-12-74 au 28-02-75)		
	kg/jour	kg	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%
	03030Y	1360	496363	2774	255198	51	783	72020	15	940	99622	20	927	69523
03031M	94	34265	191	17583	51	43	3991	12	61	6507	19	82	6184	18
03030Z	1404	512470	3056	281139	55	778	71573	14	921	97613	19	829	62145	12
03031N	87	31780	156	14388	45	96	8872	28	43	4602	14	52	3917	13
03031P	48	17639	99	9111	52	43	3933	22	24	2586	15	27	2009	11
03030D	1036	378283	2224	204568	54	546	50229	13	646	68484	18	733	55001	15
03031A	1204	439356	3123	287298	65	553	50867	12	553	58573	13	568	42618	10
03031B	754	275394	1806	166120	60	365	33581	12	457	48429	18	364	27264	10
03030C	317	115666	659	60668	53	149	13722	12	223	23597	20	236	17679	15
03031H	404	147634	913	83974	57	268	24624	17	198	20991	14	241	18045	12
03031G	103	37518	227	20911	56	66	6105	16	69	7317	20	42	3185	8
03031D	351	128270	637	58595	46	252	23162	18	273	28924	22	235	17588	14
03031E	71	25978	113	10355	40	147	13491	52	9	904	3	16	1228	5
03031F	109	39705	244	22420	56	75	6868	17	63	6693	17	50	3724	10
03031C	211	77052	327	30106	39	224	20564	27	182	19263	25	95	7119	9
03031R	60	21733	58	5380	25	64	5898	27	65	6938	32	47	3518	16
03031Q	240	87587	549	50476	58	115	10576	12	94	9968	11	221	16567	19
03031K	82	30090	222	20400	68	29	2678	9	33	3486	12	47	3525	11
03031S	52	19090	114	10521	55	31	2820	15	28	3018	16	36	2731	14

Note: Des chiffres non significatifs ont été conservés pour fins de comparaison avec les tableaux 4.9 à 4.13.

TABLEAU 3.10: CHARGES EN AZOTE TOTAL - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS.

STATION	ANNEE (01-03-74 au 28-02-75)		PRINTEMPS (01-03-74 au 31-05-74)			ETE (01-06-74 au 31-08-74)			AUTOMNE (01-09-74 au 15-12-74)			HIVER (16-12-74 au 28-02-75)		
	kg/jour	kg	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%
	03021L	13676	4991750	30569	2812377	56	8009	736827	15	8654	917326	18	7003	525220
03021N	684	249508	1272	117062	47	433	39876	16	434	46055	18	620	46515	19
03021M	12604	4600443	25650	2359825	51	6900	634826	14	9150	969897	21	8479	635896	14
03021P	11950	4361670	25211	2319396	53	6678	614343	14	8824	935374	21	6567	492557	12
03021Q	10593	3866356	23420	2154603	56	5864	539465	14	7221	765449	20	5425	406839	10
03021S	1926	702985	5196	477993	68	852	78405	11	926	98192	14	645	48395	7
03021R	1674	610971	3920	360603	59	1013	93189	15	968	102568	17	728	54612	9
03021V	5154	1881304	11859	1091021	58	2722	250417	13	3170	335973	18	2719	203892	11
03021U	1672	610350	4291	394726	65	693	63770	10	931	98465	16	709	53208	9
03021T	817	298112	1947	176116	60	384	35285	12	465	49327	17	458	34384	11
03020Y	5136	1874536	12532	1152929	61	2539	233567	13	2797	296487	16	2554	191553	10
03020C	936	341620	2302	211810	62	388	35711	11	584	61866	18	430	32232	9
03021W	3628	1324258	7468	687076	52	2430	223593	17	2381	252406	19	2149	161183	12
03021Y	3227	1177941	6904	635165	54	2123	195280	17	2008	212826	18	1796	134670	11
03021X	1140	416282	2536	233335	56	593	54570	13	840	89002	21	525	39374	10
03021Z	1750	638866	4219	388114	61	989	90947	14	586	62128	10	1302	97676	15
03022A	1560	569580	3335	306831	54	1005	92499	16	780	82631	15	1168	87619	15

Note: Des chiffres non significatifs ont été conservés pour fins de comparaison avec les tableaux 4.14 à 4.18.

TABLEAU 3.11: CHARGES EN PHOSPHORE TOTAL - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS.

STATION	ANNEE		PRINTEMPS			ETE			AUTOMNE			HIVER		
	(01-03-74 au 28-02-75)		(01-03-74 au 31-05-74)			(01-06-74 au 31-08-74)			(du 01-09-74 au 15-12-74)			(16-12-74 au 28-02-75)		
	kg/jour	kg	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%	kg/jour	kg	%
03021L	2066	754009	5861	539245	72	742	68293	9	1192	126400	17	268	20072	2
03021N	74	27087	109	10057	37	46	4218	16	64	6775	25	80	6037	22
03021M	630	229802	962	88499	39	452	41557	18	659	69869	30	398	29878	13
03021P	711	259579	919	84585	33	468	43089	17	863	91465	35	539	40439	15
03021Q	612	223516	1134	104338	47	443	40740	18	491	52047	23	352	26393	12
03021S	128	46737	246	22630	48	71	6507	14	148	15682	34	26	1918	4
03021R	83	30121	169	15528	52	64	5883	20	71	7510	25	16	1201	3
03021V	264	96444	619	56939	59	111	10189	11	206	21810	23	100	7507	7
03021V	79	28864	197	18162	63	28	2538	9	60	6378	22	24	1786	6
03021T	26	9310	59	5464	59	14	1277	14	21	2214	24	5	354	3
03020Y	155	56434	243	22386	40	107	9871	17	155	16428	29	103	7749	14
03020C	25	8998	58	5292	59	6	512	6	23	2439	27	10	755	8
03021W	83	30441	131	12062	40	49	4477	15	83	8776	29	68	5126	16
03021Y	124	45146	305	28022	61	43	3917	9	79	8383	19	64	4823	11
03021X	22	7852	26	2367	30	13	1159	15	32	3401	43	12	924	12
03021Z	49	18061	93	8518	47	21	1945	11	28	2945	16	62	4652	26
03022A	89	32474	291	26786	82	11	983	3	34	3576	12	15	1130	3

Note: Des chiffres non significatifs ont été conservés pour fins de comparaison avec les tableaux 4.19 à 4.23.

TABLEAU 3.12: PRODUCTEURS (BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA).

IDENTIFICATION	RANG C. PARTIEL	1 8417 A	2 8210 C	3 8416 A	4 8615 A	5 8217 B	6 8614 A	7 8616 B	8 8008 C	9 8614 B	10 8613 B
DRAINAGE	SORTIE	0	1	1	1	2	4	4	4	4	6
	ENTREE	2	5	0	6	0	10	0	0	12	0
	ENTREC	3	0	0	7	0	11	0	0	13	0
	ENTREC	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ENTREC	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	ENTREC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILISATION DU SOL (LN KM2)	S. TOTALE	100,000	27,000	82,000	100,000	19,000	45,000	41,000	10,000	55,000	7,000
	LACS	0,000	4,050	0,000	4,000	760	1,800	4,100	300	2,700	210
	FORETS	10,000	10,800	5,740	12,000	5,700	4,050	4,100	1,200	4,950	560
	MARÉCAGES	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SOL NU	90,000	12,150	76,260	84,000	12,540	39,150	32,800	8,500	47,850	6,230
POPULATION HUMAINE	TOTALE	2571,	1151,	1063,	1738,	309,	454,	86,	106,	1186,	74,
	AVEC EGOUT	364,	106,	0,	152,	0,	0,	0,	0,	632,	0,
	SANS EGOUT	2007,	1045,	1063,	1606,	309,	454,	86,	106,	554,	74,
POPULATION ANIMALE	BOVINS	3445,	869,	3861,	3971,	533,	2065,	341,	384,	2524,	258,
	PORCS	3683,	679,	5633,	3572,	541,	2124,	169,	340,	2682,	707,
	MOUTONS	197,	27,	41,	22,	22,	17,	15,	13,	73,	3,
	POULETS	30097,	552,	19986,	15070,	386,	3989,	1672,	1803,	4875,	8368,
	CHEVAUX	95,	37,	45,	44,	8,	15,	5,	3,	18,	7,
GRANDES CULTURES (LN KM2 CULTIVÉES)	BLE	,265	,033	,130	,125	,027	,131	,001	,026	,160	,101
	AVOINE-G.	7,932	1,644	7,803	7,851	,922	4,545	,624	,750	5,256	,738
	ORGE	1,076	,259	,644	,441	,210	,432	,019	,067	,528	,062
	SEIGLE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	LIN	0,000	0,000	0,000	,003	0,000	,002	0,000	0,000	,002	,001
	LER. MEL.	,382	,114	1,458	,281	,069	,753	,068	,112	,920	,207
	FOIN	22,244	5,006	19,820	30,017	3,010	15,959	2,541	2,903	19,506	1,829
	MAIS-GRAIN	2,713	,783	4,682	1,506	,551	1,637	,021	,138	2,001	,715
	MAIS-ENS.	1,726	,471	2,898	2,150	,316	1,227	,192	,221	1,500	,194
	AVOINE-E.	1,154	,151	1,033	1,863	,104	1,119	,126	,165	1,368	,070
	PATATES	,009	,007	,016	,004	,001	,002	,001	,002	,003	,001
	BETTERAVES	,102	0,000	,045	,014	0,000	,086	0,000	,007	,105	,078
	LEGUMES	,156	,013	,118	,109	0,000	,193	,007	,020	,256	,061
ENGRAIS CHIMIQUES (LN KM2 FERTILISÉS)	BLE	,046	,033	,025	,049	,027	,069	,001	,007	,084	,031
	AVOINE	3,477	,730	3,924	3,674	,361	2,517	,228	,446	3,076	,351
	ORGE	,479	,174	,228	,170	,141	,214	,006	,037	,262	,029
	P. VERGERS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	P. FRUITS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
	PATUR.DLF.	,930	,206	1,730	1,604	,127	1,268	,077	,217	1,550	,161
	FOIN CULT.	3,445	,865	3,070	3,241	,453	2,802	,241	,424	3,425	,332
	MAIS-GRAIN	1,601	,666	1,471	,768	,458	,699	,037	,076	,854	,154
	TABAC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	PATATES	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BETTERAVES	0,000	0,000	,001	,013	0,000	,085	0,000	,006	,104	,057
	LEGUMES	,008	0,000	,029	,021	0,000	,031	,001	,006	,037	,011
	AUTRES	1,479	,258	1,364	1,466	,210	,682	,135	,134	,833	,120

INDUSTRIES

TABLEAU 3.13: PRODUCTEURS DRAINÉS (BASSIN DE LA RIVIERE YAMAŠKA).

IDENTIFICATION	PANG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C. PARTIEL		8417	8218	8416	8615	8217	8614	8616	8808	8614	8613
		A	C	A	A	B	A	B	C	B	B
DRAINAGE	SORTIE	0	1	1	1	2	4	4	4	4	6
	ENTREE	2	5	0	6	0	10	0	0	12	0
	ENTREE	3	0	0	7	0	11	0	0	13	0
	ENTREE	4	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	ENTREE	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	ENTREE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTILISATION DU SOL (LN KM2)	S. TOTALE	4857,000	46,000	82,000	4629,000	19,000	319,000	41,000	10,000	4159,000	7,000
	LAGS	50,440	4,810	0,000	45,630	760	2,310	4,100	300	34,920	210
	FONETS	1396,760	16,500	5,740	1364,520	5,700	73,980	4,100	1,200	1273,240	560
	MARECAGES	83,790	0,000	0,000	83,790	0,000	0,000	0,000	0,000	83,790	0,000
	SOL NU	3326,010	24,690	76,260	3135,060	12,540	242,710	32,800	8,500	2767,050	6,230
POPULATION HUMAINE	TOTALE	185051,	1460,	1063,	180757,	309,	4467,	86,	106,	174360,	74,
	AVEC EGOUT	114013,	106,	0,	113542,	0,	852,	0,	0,	112558,	0,
	SANS EGOUT	71638,	1354,	1063,	67214,	309,	3615,	86,	106,	61801,	74,
POPULATION ANIMALE	BOVINS	161452,	1402,	3861,	152744,	533,	11762,	341,	384,	136286,	258,
	PORCS	256067,	1220,	5633,	246332,	541,	12893,	169,	340,	229551,	707,
	MOUTONS	4191,	49,	41,	3902,	22,	254,	15,	13,	3522,	3,
	POULETS	4252142,	937,	19986,	4201121,	386,	282153,	1672,	1803,	3900423,	8368,
	CHEVAUX	3518,	45,	45,	3332,	8,	143,	5,	3,	3137,	7,
GRANDES CULTURES (LN KM2 CULTIVES)	BLE	27,542	,059	,130	27,087	,027	2,033	,001	,026	24,902	,191
	AVOINE-G.	256,132	2,565	7,803	237,832	,922	29,126	,624	,750	199,481	,738
	ORGE	20,638	,469	,644	18,449	,210	2,456	,019	,067	15,467	,062
	SEIGLE	,262	0,000	0,000	,262	0,000	,004	0,000	0,000	,258	,000
	LIN	,165	0,000	0,000	,165	0,000	,004	0,000	,000	,159	,001
	GER. MEL.	49,418	,184	1,458	47,394	,069	4,732	,068	,112	41,501	,267
	FOIN	964,171	8,096	19,820	914,011	3,010	96,750	2,541	2,903	781,799	1,829
	MAIS-GRAIN	200,622	1,334	4,682	191,893	,551	13,478	,091	,138	176,680	,715
	MAIS-ENS.	95,282	,787	2,898	89,801	,316	7,584	,192	,221	79,653	,194
	AVOINE-E.	50,351	,255	1,033	47,908	,104	5,083	,126	,165	40,670	,070
	PATAIES	3,504	,008	,016	3,471	,001	,177	,001	,002	3,288	,001
	BETTERAVES	25,279	0,000	,045	25,132	0,000	2,025	0,000	,007	23,086	,098
	LEGUMES	52,641	,013	,118	52,354	0,000	3,214	,007	,020	49,004	,061
ENGRAIS CHIMIQUES (LN KM2 FERTILISES)	BLE	11,009	,059	,025	10,878	,027	,936	,001	,007	9,886	,031
	AVOINE	126,939	1,090	3,924	118,448	,361	16,273	,228	,446	97,826	,351
	ORGE	8,612	,315	,228	7,570	,141	1,535	,006	,037	5,822	,029
	F. VERGERS	5,375	0,000	0,000	5,375	0,000	0,000	0,000	0,000	5,375	0,000
	P. FRUITS	1,891	0,000	0,000	1,891	0,000	,008	0,000	,001	1,882	0,000
	PATUR. DEF.	70,685	,333	1,730	67,692	,127	6,583	,077	,217	59,211	,161
	FOIN CULT.	165,227	1,318	3,070	157,374	,453	15,773	,241	,424	137,015	,332
	MAIS-GRAIN	69,895	1,126	1,471	65,618	,458	4,026	,037	,096	60,690	,154
	TABAC	,376	0,000	0,000	,376	0,000	0,000	0,000	0,000	,376	0,000
	PATAIES	1,461	0,000	0,000	1,461	0,000	,059	0,000	0,000	1,403	0,000
	BETTERAVES	11,621	0,000	,001	11,619	0,000	1,249	0,000	,006	10,351	,057
	LEGUMES	20,927	0,000	,029	20,890	0,000	1,838	,001	,006	19,026	,011
	AUTRES	56,488	,468	1,364	53,157	,210	5,433	,135	,134	45,989	,120

INDUSTRIES

TABLEAU 3.14: PRODUCTIONS D'AZOTE¹ (BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA).

IDENTIFICATION	RANG C. PARTIEL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		8417	8210	8416	8615	8217	8614	8616	8808	8614	8613
		A	C	A	A	B	A	B	C	B	B
UTILISATION DU SOL	S, TOTALE										
	LACS										
	FORETS										
	MARECAGES										
	SOL NU										
POPULATION HUMAINE	TOTALE	32.269	15.663	10.460	23.653	4.201	6.173	1.164	1.446	16.145	1.011
	AVEC EGOUT	4.960	1.437	0,000	1.777	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600	0,000
	SANS EGOUT	27.309	14.225	10.460	21.856	4.201	6.173	1.164	1.446	7.544	1.011
POPULATION ANIMALE	BOVINS	643.866	162.324	721.501	742.077	99.702	395.873	63.770	71.742	471.622	48.305
	PORCS	115.258	21.242	176.301	105.752	16.932	60.678	5.279	10.635	83.939	22.126
	MOUTONS	4.804	655	1.011	2.416	533	463	357	321	566	980
	POULETS	60.069	1.101	39.889	30.078	770	7.961	3.336	3.598	9.730	16.702
	CHEVAUX	15.046	5.858	7.177	7.038	1.327	2.345	760	475	2.867	1.056
GRANDES CULTURES	BLE										
	AVOINE-G.										
	ORGE										
	SEIGLE										
	LIN										
	GR. MEL.										
	POIN										
	MAIS-GRAIN										
	MAIS-ENS.										
	AVOINE-E.										
	PATATES										
	BETTERAVES										
	LEGUMES										
ENGRAIS CHIMIQUES	BLE	.706	.503	.385	.753	.410	1,054	.016	.104	1,288	.476
	AVOINE	16,017	3,360	18,076	16,924	1,661	11,591	1,052	2,053	14,167	1,616
	ORGE	6,133	2,138	2,803	2,070	1,720	2,631	.072	.452	3,215	.357
	P. VERGERS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	P. FRUITS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	.020	0,000	0,000
	PATUR. DEF.	14,279	3,169	26,556	24,630	1,955	19,474	1,186	3,327	23,802	2,478
	POIN CULT.	52,874	13,202	47,136	60,510	6,958	43,021	3,697	6,509	52,581	5,092
	MAIS-GRAIN	67,105	26,666	58,720	30,600	18,269	27,907	1,477	3,844	34,109	6,153
	TABAC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	PATATES	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BETTERAVES	0,000	0,000	.036	.308	0,000	2,092	0,000	.160	2,557	1,402
	LEGUMES	.117	0,000	.443	.316	0,000	.469	.016	.085	.573	.169
	AUTRES	46,030	7,919	41,878	45,027	6,452	20,927	4,138	4,110	25,578	3,684
INDUSTRIES											

¹ Les productions sont exprimées en kg j⁻¹.

TABLEAU 3.15: PRODUCTIONS DRAINEES D'AZOTE¹ (BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA).

IDENTIFICATION	RANG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C. PARTIEL		8417	8210	8016	8615	8217	8614	8616	8808	8614	8613
		A	C	A	A	B	A	B	C	B	B
UTILISATION DU SOL	S. TOTALE										
	LACS										
	FORETS										
	MARECAGES										
	SOL NU										
POPULATION HUMAINE	TOTALE	2526,316	19,864	14,460	2457,722	4,201	60,791	1,164	1,446	2372,669	1,011
	AVEC EGOUT	1551,473	1,437	0,000	1545,076	0,000	11,598	0,000	0,000	1531,681	0,000
	SANS EGOUT	974,843	18,427	14,460	912,647	4,201	49,193	1,164	1,446	840,988	1,011
POPULATION ANIMALE	BOVINS	50172,478	262,025	721,501	28545,105	99,702	2198,137	65,770	71,742	25469,359	48,395
	PORCS	8039,487	38,173	176,301	7709,755	16,932	403,539	5,279	10,638	7184,547	22,126
	MOUTONS	102,684	1,108	1,011	95,574	,533	6,217	,357	,321	86,263	,080
	POULETS	8486,539	1,871	39,889	8384,709	,770	563,128	3,336	3,598	7784,570	16,702
	CHEVAUX	558,442	7,185	7,177	529,034	1,327	22,675	,760	,475	493,085	1,058
GRANDES CULTURES	BLE										
	AVOINE-G.										
	ORGE										
	SEIGLE										
	LIN										
	CER. MEL.										
	POIN										
	MAIS-GRAIN										
	MAIS-ENS.										
	AVOINE-E.										
	PATATES										
	BETTERAVES										
	LEGUMES										
ENGRAIS CHIMIQUES	BLE	169,030	,913	,385	167,025	,410	14,371	,016	,104	151,781	,476
	AVOINE	584,698	5,021	18,076	545,584	1,661	74,955	1,052	2,053	450,601	1,616
	ORGE	105,778	3,866	2,803	92,976	1,728	18,848	,072	,452	71,514	,357
	F. VERGERS	18,154	0,000	0,000	18,154	0,000	0,000	0,000	0,000	18,154	0,000
	P. FRUITS	55,167	0,000	0,000	55,167	0,000	,241	0,000	,028	54,898	0,000
	PATUR.DEF.	1085,278	5,114	26,556	1039,329	1,955	101,070	1,186	3,327	909,116	2,478
	POIN CULT.	2536,853	20,240	47,136	2416,587	6,958	242,175	3,697	6,509	2103,696	5,092
	MAIS-GRAIN	2790,195	44,935	58,720	2619,434	18,269	160,708	1,477	3,844	2422,745	6,153
	TARAC	4,045	0,000	0,000	4,045	0,000	0,000	0,000	0,000	4,045	0,000
	PATATES	35,899	0,000	0,000	35,899	0,000	1,444	0,000	0,000	34,455	0,000
	BETTERAVES	285,479	0,000	,036	285,442	0,000	30,681	0,000	,160	254,794	1,402
	LEGUMES	321,306	0,000	,443	320,747	0,000	28,217	,016	,085	292,113	,169
	AUTRES	1734,595	14,371	41,878	1632,316	6,452	166,847	4,138	4,110	1412,194	3,684
INDUSTRIES											

¹ Les productions sont exprimées en kg j⁻¹.

TABLEAU 3.16: PRODUCTIONS D'AZOTE PAR UNITE DE SURFACE¹ (BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA).

RANG	C. PARTIEL	AVEC EGOUT	SAHS EGOUT	ANIMAUX	ENGRAIS CHIMIQUES	APPORTS REELS	APPORTS POTENTIELS
1	8417 A	,050	,273	8,391	2,033	,050	10,697
2	8418 C	,053	,527	7,081	2,112	,053	9,720
3	8416 A	0,000	,176	11,555	2,391	0,000	14,102
4	8615 A	,018	,219	8,874	1,812	,018	10,905
5	8217 B	0,000	,221	6,277	1,970	0,000	8,468
6	8614 A	0,000	,137	10,340	2,670	0,000	13,348
7	8616 B	0,000	,028	1,793	,284	0,000	2,105
8	8808 C	0,000	,145	8,677	2,067	0,000	10,889
9	8614 B	,156	,137	10,340	2,870	,156	13,348
10	8613 B	0,000	,144	12,610	3,061	0,000	15,816
11	8807 A	,116	,187	8,458	2,757	,116	11,382
12	8416 B	0,000	,176	11,555	2,391	0,000	14,102
13	8613 A	0,000	,144	12,610	3,061	0,000	15,816
14	8806 A	0,000	,147	12,121	2,084	0,000	14,357
15	8808 B	0,000	,145	8,677	2,067	0,000	10,889
16	8978 C	0,000	,132	8,846	1,699	0,000	10,676
17	8415 A	,092	,136	9,259	1,711	,092	11,106
18	8977 A	0,000	,142	12,574	4,186	0,000	16,903
19	8414 A	0,000	,186	12,619	1,612	0,000	14,416
20	8613 C	,048	,144	12,610	3,061	,048	15,816
21	8415 B	0,000	,124	12,090	2,697	0,000	15,811
22	8413 A	,112	,210	9,277	5,150	,112	14,637
23	8612 A	,111	,173	12,765	3,799	,111	16,737
24	8806 B	0,000	,147	12,121	2,084	0,000	14,352
25	8214 B	0,000	,887	27,678	9,166	0,000	37,732
26	8414 B	0,000	,186	12,619	1,612	0,000	14,416
27	8611 A	,401	,204	10,367	2,992	,401	13,563
28	8805 C	0,000	,229	15,829	4,932	0,000	20,990
29	8611 B	5,255	,204	10,367	2,992	5,255	13,563
30	8805 A	,035	,229	15,829	4,932	,035	20,990
31	8977 D	0,000	,142	12,574	4,186	0,000	16,903
32	8804 B	0,000	,221	14,353	4,079	0,000	18,653
33	8413 B	6,605	,210	9,277	5,150	6,605	14,637
34	8610 A	0,000	,320	15,373	2,796	0,000	18,489
35	8976 B	0,000	,187	15,026	2,561	0,000	17,774
36	8412 A	,201	,263	14,631	7,699	,201	22,593
37	8411 A	,356	,373	11,278	3,424	,356	15,075
38	8610 B	,401	,320	15,373	2,796	,401	18,489
39	8410 A	0,000	,242	15,341	3,680	0,000	19,264
40	8609 C	,092	,252	16,147	2,612	,092	19,011
41	8609 A	0,000	,252	16,147	2,612	0,000	19,011
42	8803 B	0,000	,196	14,556	2,425	0,000	17,177
43	8211 B	0,000	,150	7,254	2,024	0,000	9,428
44	8409 A	1,183	,166	7,668	2,643	1,183	10,476
45	8608 C	0,000	,271	26,099	2,709	0,000	29,078
46	8608 D	0,000	,271	26,099	2,709	0,000	29,078
47	8802 C	0,000	,346	9,639	1,332	0,000	11,317
48	8802 A	0,000	,346	9,639	1,332	0,000	11,317
49	8604 A	,037	,221	14,353	4,079	,037	18,653
50	8974 D	0,000	,114	10,046	1,255	0,000	11,415
51	8210 A	0,000	,406	22,087	6,756	0,000	29,249
52	8607 A	0,000	,226	15,731	2,826	0,000	18,783
53	8609 B	0,000	,252	16,147	2,612	0,000	19,011
54	8801 A	0,000	,295	12,435	1,123	0,000	13,853
55	8803 A	0,000	,196	14,556	2,425	0,000	17,177
56	8973 D	,287	,231	7,365	,581	,287	8,177

¹ Les productions sont exprimées en kg j⁻¹ km⁻².

TABLEAU 3.17: PRODUCTIONS DRAINEES D'AZOTE PAR UNITE DE SURFACE¹ (BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA).

RANG	C. PARTIEL	AVEC EGOUT	SANS EGOUT	ANIMAUX	ENGRAIS CHIMIQUES	APPORTS REELS	APPORTS POTENTIELS
1	8417 A	,319	,201	9,751	2,003	,319	11,954
2	8218 C	,031	,401	6,749	2,054	,031	9,203
3	8416 A	0,000	,176	11,555	2,391	0,000	14,102
4	8615 A	,334	,198	9,778	1,995	,334	11,971
5	8217 B	0,000	,221	6,277	1,970	0,000	8,468
6	8614 A	,036	,154	10,012	2,632	,036	12,798
7	8616 B	0,000	,028	1,793	,284	0,000	2,105
8	8806 C	0,000	,145	8,677	2,067	0,000	10,889
9	8614 B	,368	,202	9,064	1,967	,368	12,033
10	8613 B	0,000	,144	12,610	3,061	0,000	15,816
11	8807 A	,043	,157	9,888	2,580	,043	12,626
12	8416 B	,372	,203	9,850	1,952	,372	12,005
13	8613 A	0,000	,144	12,610	3,061	0,000	15,816
14	8806 A	0,000	,147	12,121	2,084	0,000	14,352
15	8808 B	0,000	,145	8,677	2,067	0,000	10,889
16	8978 C	0,000	,136	10,330	2,689	0,000	13,155
17	8415 A	,373	,203	9,847	1,951	,373	12,001
18	8977 A	0,000	,142	12,574	4,186	0,000	16,903
19	8414 A	,028	,251	13,155	3,233	,028	16,639
20	8613 C	,391	,202	9,721	1,902	,391	11,826
21	8215 B	0,000	,124	12,990	2,697	0,000	15,811
22	8413 A	,083	,389	14,138	6,211	,083	20,737
23	8612 A	,414	,204	9,474	1,812	,414	11,890
24	8806 B	,014	,187	14,157	3,483	,014	17,828
25	8214 B	0,000	,887	27,678	9,166	0,000	37,732
26	8414 B	0,000	,186	12,619	1,612	0,000	14,416
27	8611 A	,313	,207	11,239	3,230	,313	14,676
28	8805 C	0,000	,229	15,829	4,932	0,000	20,990
29	8611 B	,421	,205	9,257	1,681	,421	11,143
30	8805 A	,025	,216	15,586	4,215	,025	20,018
31	8977 D	0,000	,142	12,574	4,186	0,000	16,903
32	8804 B	0,000	,221	14,353	4,079	0,000	18,653
33	8413 B	,397	,204	9,216	1,666	,397	11,086
34	8610 A	0,000	,320	15,373	2,796	0,000	18,869
35	8976 B	0,000	,187	15,026	2,561	0,000	17,774
36	8412 A	,290	,204	9,215	1,605	,290	11,024
37	8411 A	,479	,219	8,569	1,289	,479	10,077
38	8610 B	,093	,186	9,643	1,650	,093	11,479
39	8410 A	,504	,209	7,948	1,109	,504	9,266
40	8609 C	,061	,258	19,568	2,645	,061	22,472
41	8609 A	,041	,275	12,238	1,643	,041	14,156
42	8803 B	,082	,161	8,820	1,577	,082	10,558
43	8211 B	0,000	,150	7,254	2,024	0,000	9,428
44	8409 A	,537	,205	7,018	,876	,537	8,099
45	8608 C	0,000	,271	26,099	2,709	0,000	29,078
46	8608 D	0,000	,271	26,099	2,709	0,000	29,078
47	8802 C	,047	,279	11,665	1,500	,047	13,444
48	8802 A	0,000	,346	9,639	1,332	0,000	11,317
49	8804 A	,090	,158	8,338	1,512	,090	10,004
50	8974 D	0,000	,114	10,046	1,255	0,000	11,415
51	8210 A	0,000	,406	22,087	6,756	0,000	29,249
52	8607 A	,523	,207	6,934	,756	,523	7,898
53	8609 B	0,000	,252	16,147	2,612	0,000	19,011
54	8801 A	0,000	,285	18,002	1,769	0,000	20,056
55	8803 A	0,000	,135	11,222	1,560	0,000	12,916
56	8973 D	,287	,231	7,365	,581	,287	8,177

¹ Les productions sont exprimées en kg j⁻¹ km⁻².

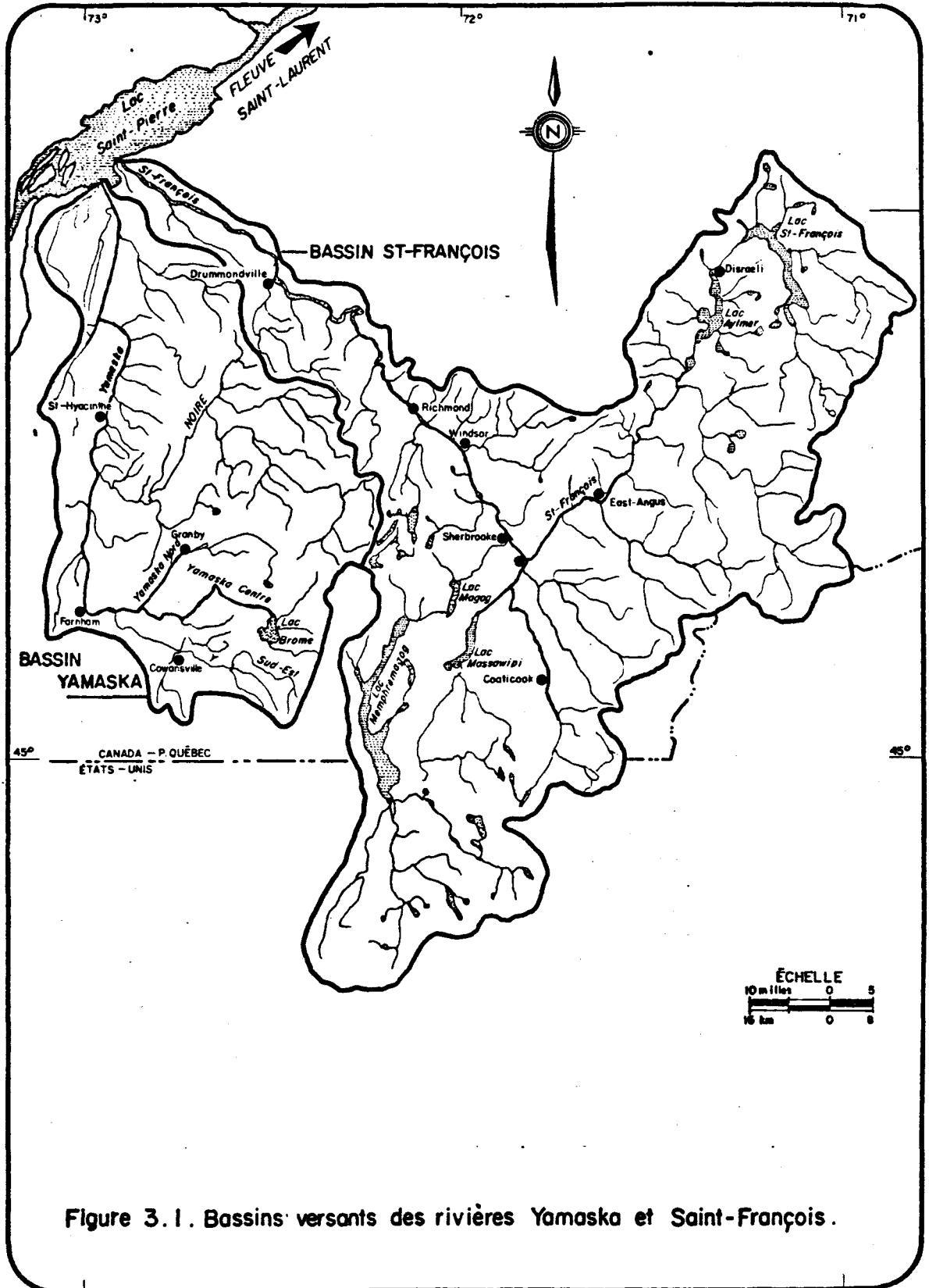


Figure 3.1. Bassins versants des rivières Yamaska et Saint-François.

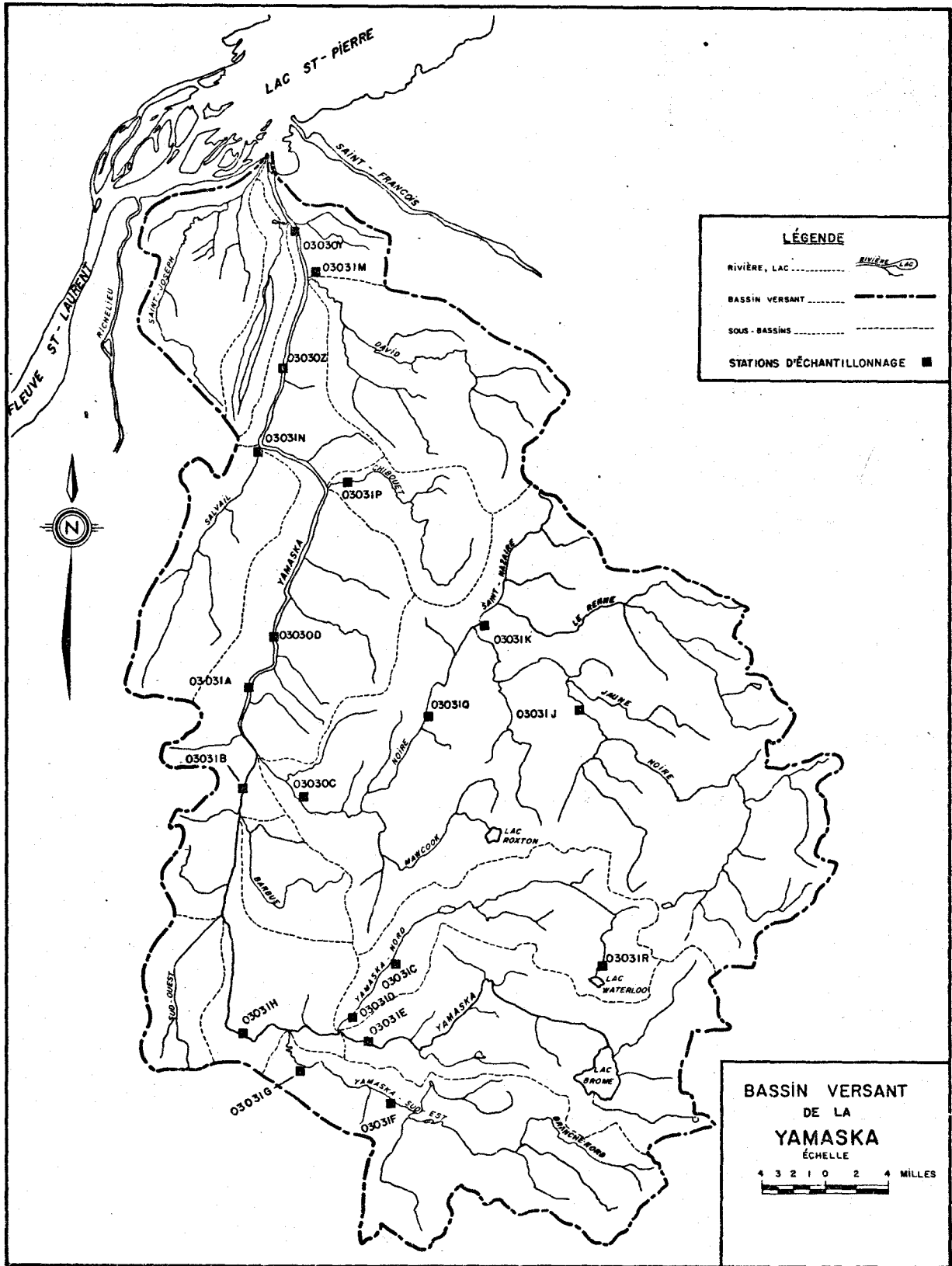


Figure 3.2. Localisation des stations d'échantillonnage-bassin de la rivière Yamaska.

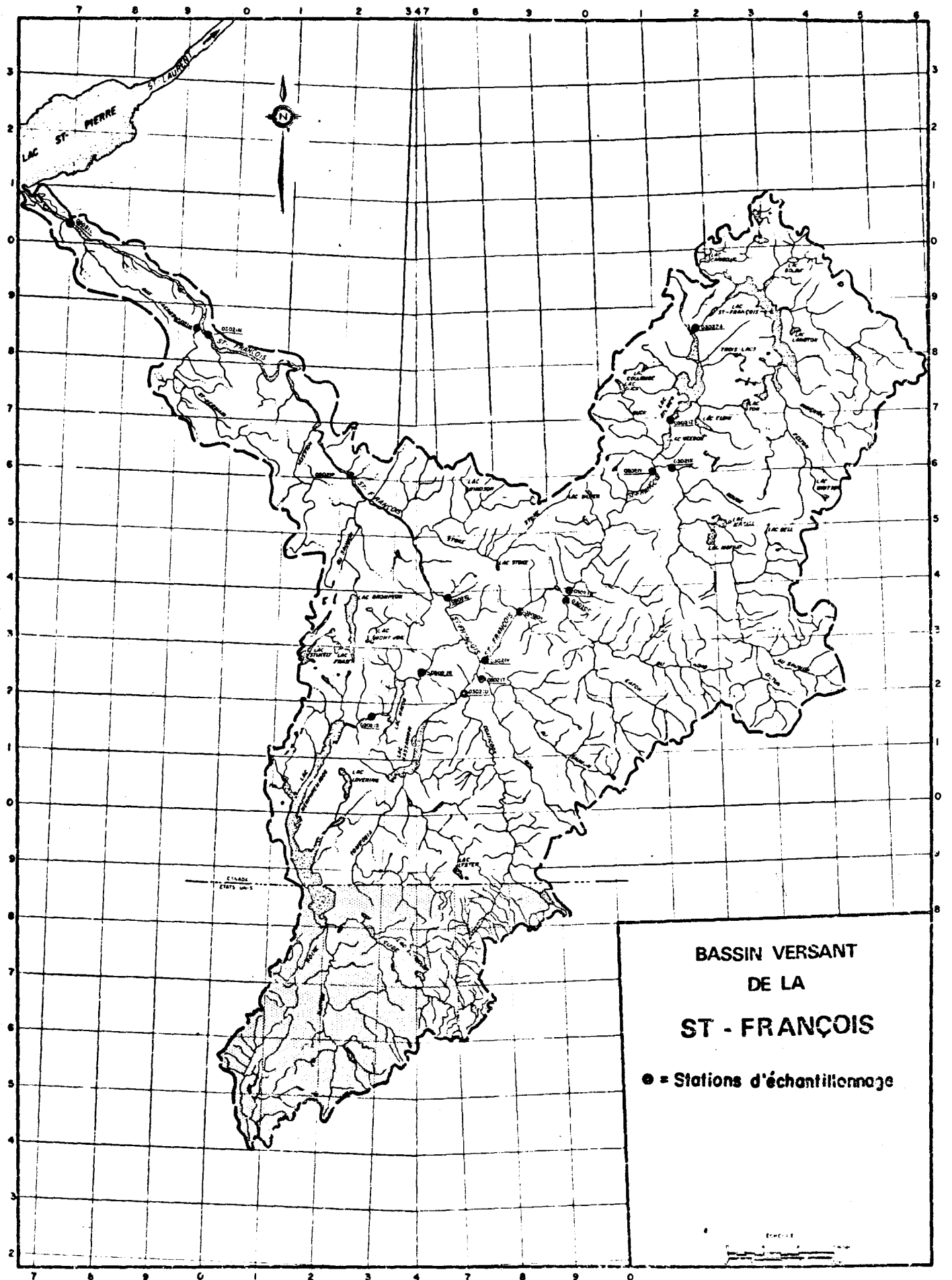


Figure 3.3. Localisation des stations d'échantillonnage - bassin de la rivière Saint-François.

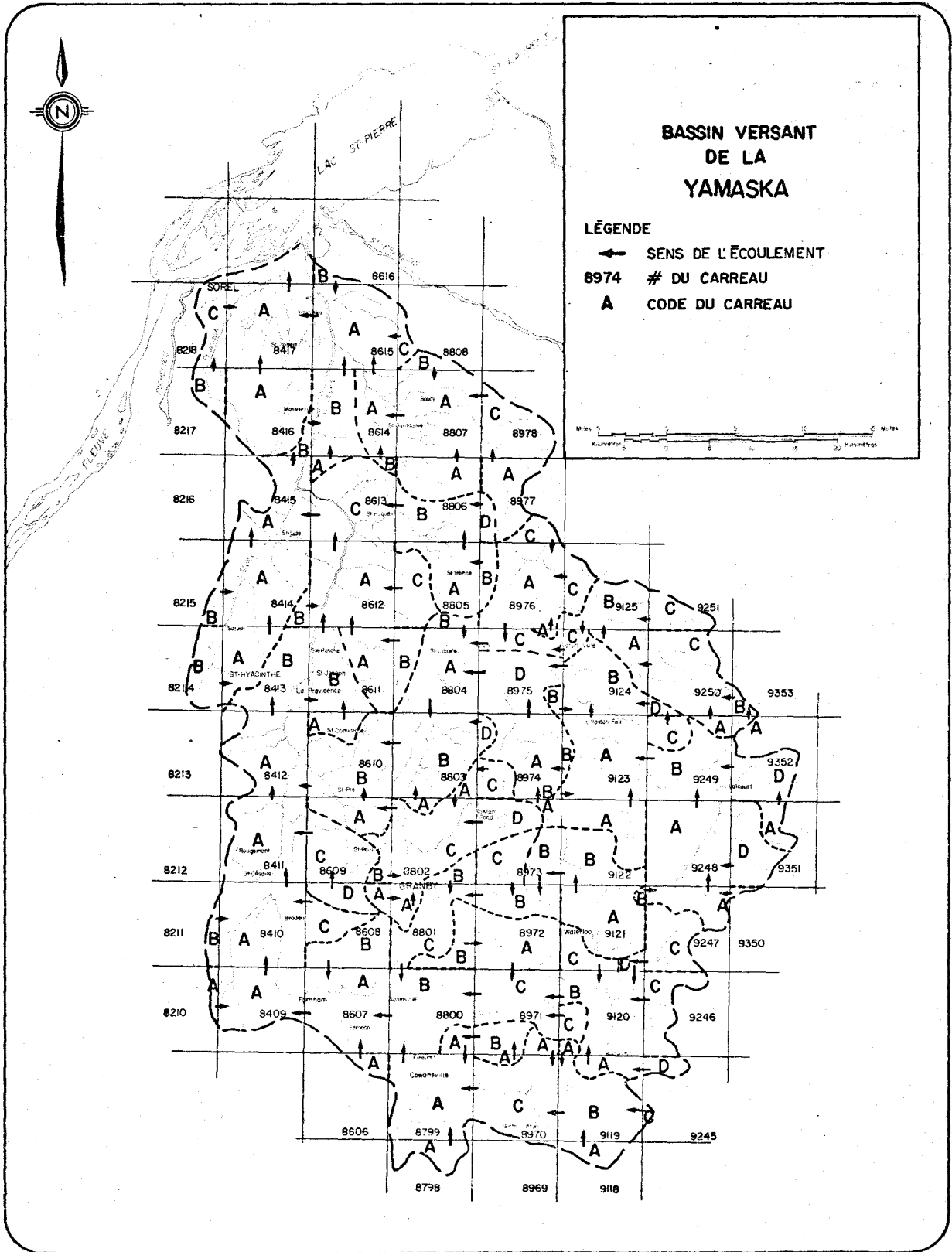


Figure 3.4. Schéma de drainage du bassin-versant de la rivière Yamaska.

4. RESULTATS ET DEVELOPPEMENTS

4.1 DIFFICULTES RENCONTREES

4.1.1 Apports dus aux forêts

La littérature fournit, en ce qui concerne la forêt, des apports moyens annuels en azote et phosphore mesurés dans des ruisseaux drainant des bassins purement forestiers: 0.64 kg/jour/km² et de 0.032 kg/jour/km² pour l'azote et le phosphore respectivement. Ceci correspond à des apports spécifiques réels; or, comme la forêt est une source diffuse, nous avons divisé ces chiffres par les coefficients de transfert interne annuels de l'azote et du phosphore de façon à pouvoir considérer cette source comme potentielle.

On remarque que cet artifice ne change rien à la contribution annuelle de la forêt, mais permet de traiter les contributions annuelles et saisonnières sur le même pied que les autres sources potentielles. Les apports spécifiques potentiels dus à la forêt deviennent donc sur une base annuelle:

$$\begin{array}{lcl} \text{azote:} & 0.64/0.12 & = 5.3 \text{ kg j}^{-1}\text{km}^{-2} \\ \text{phosphore:} & 0.032/0.053 & = 0.60 \text{ kg j}^{-1}\text{km}^{-1} \end{array}$$

4.1.2 Rétention des lacs

On sait que la présence de lacs dans le réseau hydrographique a une influence sur le transport des éléments nutritifs. Ce phénomène est très important dans le cas du bassin de la rivière Saint-François, et à un degré moindre dans le haut du bassin de la rivière Yamaska.

En ce qui concerne l'azote, les bilans effectués sur le lac Georges (Etat de New-York) montrent qu'il existe une certaine compensation sur une base annuelle entre la fixation et l'assimilation d'azote atmosphérique par les algues et le processus de sédimentation. Des développements scientifiques plus précis seront nécessaires avant que ce phénomène puisse être introduit dans le modèle: nous n'en avons pas tenu compte.

En ce qui concerne le phosphore, nous avons utilisé les résultats de Dillon et Rigler (1975), établis sur des lacs du sud de l'Ontario, reliant les caractéristiques morphologiques et hydrologiques des lacs à un coefficient de rétention du phosphore, qui est pour nous un coefficient de perte pour le réseau hydrographique.

La relation de Dillon et Rigler s'écrit:

$$R = 0.426 \exp (-0.271 q_s) + 0.574 \exp (-0.00949 q_s)$$

où

$$q_s = \bar{Z}/tw = v/(a.tw)$$

avec

R = coefficient de rétention du lac

\bar{Z} = profondeur moyenne

tw = temps de renouvellement

V = volume du lac

A = surface moyenne du lac

Ce coefficient de perte annuelle a été introduit dans le modèle; ainsi les débits massiques de phosphore, issus d'un carreau partiel comprenant un lac, sont calculés en tenant compte du coefficient de rétention R spécifique à ce lac.

On trouvera au tableau 4.1 les coefficients de rétention en phosphore des principaux lacs des bassins des rivières Yamaska et Saint-François.

4.1.3 Apports industriels

Nous avons déjà noté, au paragraphe 2.3, la grande faiblesse de notre évaluation des apports industriels. Pour les types d'industries présents dans les bassins étudiés, nous disposons de très peu de données concernant les rejets en phosphore et, pour ceux d'azote, les données de la littérature ont été établies dans des pays où l'eau est une ressource limitée, ce qui

implique un souci d'économie et des concentrations plus élevées des rejets. De plus, les données de la littérature pour un même type d'industries, varient beaucoup d'une étude à l'autre.

Pour tenir compte de ces faiblesses, nous avons affecté les rejets industriels, apports réels, d'un facteur de correction obtenu par simulation, de façon à obtenir les mêmes coefficients de transport C_T que sur les bassins sans industrie.

Ces simulations ont été effectuées sur des bases annuelles et saisonnières, et il est remarquable que les facteurs de corrections obtenus aient été les mêmes pour ces 5 périodes:

- . facteur de correction des rejets d'azote: 0.10
- . facteur de correction des rejets de phosphore: 3.00

Nous interprétons ces chiffres de la façon suivante:

- a) pour un même type d'industrie et un même nombre d'employés, une industrie québécoise utilise plus d'eau que les industries européennes dont les concentrations des rejets en azote sont disponibles. De plus, la littérature ne distingue par les usages de l'eau rejetée; par exemple, les données de concentration d'azote des rejets des industries textiles sont trop élevées pour être appliquées à toute l'eau utilisée par ces industries;
- b) les industries documentées pour leurs rejets en phosphore ne représentent qu'une partie des rejets en phosphore de l'ensemble des industries.

4.2 RESULTATS DES SIMULATIONS DU MODELE

4.2.1 Méthodes d'ajustement utilisées

Pour comparer les charges en azote et phosphore mesurées à chaque station et celles obtenues par simulations, deux méthodes ont été utilisées et ont été décrites à la section 3.8.6. La première minimise la somme des é-

cartes relatifs entre charges "mesurées" et "calculées" à chaque station, donnant ainsi beaucoup de poids aux stations drainant des bassins de faible superficie, la deuxième minimise l'écart des débits massiques totaux mesurés et calculés, ce qui donne beaucoup de poids aux stations contrôlant de grands bassins versants. Dans ces calculs, la convergence vers la solution a été rapide et a conduit à une solution unique.

Les résultats de ces simulations sont présentés au tableau 4.2 pour chacune des périodes de l'année.

4.2.2 Résultats des simulations moyennes

Sur le tableau 4.2, on remarque que les valeurs des coefficients C_I et C_T sont peu différentes selon la méthode d'ajustement choisie; c'est pourquoi nous avons décidé de pondérer l'influence relative des grands et des petits bassins en adoptant comme simulation moyenne celle obtenue en prenant, pour chaque période, les moyennes arithmétiques des coefficients C_I et C_T obtenus par les deux méthodes. Les résultats de ces simulations moyennes apparaissent au tableau 4.3. Le pourcentage qui suit chaque résultat représente l'erreur relative moyenne de simulation pour l'ensemble des stations de chaque bassin.

Sur ce même tableau, on trouve aussi les simulations annuelles du coefficient de transfert C_I , obtenu en supposant une accumulation interannuelle nulle, c'est-à-dire $C_T = 1$.

4.2.3 Discussion des résultats globaux

Si on considère au tableau 4.3 les ajustements annuels, l'ordre de grandeur des coefficients de transfert C_I est très comparable à ceux qui sont rapportés dans la littérature; notamment Vollenweider (1968, p. 151) estime que les coefficients de perte se situent dans une gamme de 10 à 25% pour l'azote et de 1 à 5% pour le phosphore.

De ce même tableau, il ressort aussi, nettement, que, pour des cas correspondants (saison, élément nutritif), les coefficients de transfert C_I sur le bassin de la rivière Yamaska sont supérieurs à ceux obtenus sur celui de

la rivière Saint-François. Ce résultat, qui sera discuté au paragraphe suivant, peut être dû à deux causes principales non prises en compte par le modèle:

- . les coefficients de transfert et de transport C_I et C_T ont tendance à croître avec la densité de l'utilisation du territoire: une zone d'élevage intensif exporterait, en pourcentage, davantage qu'une zone de forêt;
- . sur le bassin de la rivière Saint-François, 10 lacs ont été pris en considération, quant à leurs coefficients de rétention en phosphore, mais de nombreux autres lacs, moins importants, ont été négligés. D'autre part, si l'on suppose que le modèle représente bien l'effet *annuel* des lacs sur les bilans en azote et phosphore, la littérature de ces lacs et l'hypothèse implicite du modèle consistant à répartir uniformément dans l'année ces effets gagnerait à être raffinée selon les indications de futures publications sur ce sujet.

Si l'on considère maintenant le coefficient de transport C_T , sa cyclicité saisonnière correspond à des stockages et déstockages liés aux épisodes hydrologiques; on vérifie, en particulier, les hypothèses faites au paragraphe 2.4.4, à savoir que les fortes valeurs de C_T ont lieu au printemps et à l'automne (crues, donc érosion) et les valeurs plus faibles ont lieu en été et en hiver (étiage, donc sédimentation).

La période de calibration (03-74/02-75) constitue une année hydrologiquement normale pour le Québec. Pour une année plus sèche comme l'été 1975, on peut prévoir que les différences saisonnières de C_I et C_T seraient encore plus marquées.

Quant à la précision d'ajustement du modèle, on peut la considérer comme globalement satisfaisante, compte tenu des erreurs intrinsèques à chacune des opérations qui la constituent, principalement:

- l'erreur d'affectation spatiale des statistiques et leur évolution temporelle;
- l'erreur de génération des débits (surtout en hiver);

- les erreurs liées à l'échantillonnage et l'analyse (surtout pour le phosphore);
- l'imprécision du mode de calcul du débit massique;
- les incertitudes sur les rejets industriels;
- les erreurs sur les apports spécifiques et leurs variabilités saisonnières.

Les tableaux 4.4 à 4.23 mettent en évidence la très grande importance de l'élevage durant toute l'année, ainsi que la contribution relative croissante des apports municipaux et industriels, en période d'étiage (hiver et été).

Ces mêmes tableaux montrent aussi les niveaux de base du débit massique causé par des apports naturels (forêts et précipitations).

4.2.4 Explication de certaines anomalies

Les tableaux 4.4 à 4.23 représentent le meilleur ajustement possible du modèle aux mesures, selon la technique décrite au paragraphe 3.8.6. Ils font apparaître, pour certaines stations et à certaines saisons, des écarts importants. Sur le tableau 4.24, nous avons essayé de faire une classification de ces écarts, selon que, pour une station particulière, ils sont systématiques ou occasionnels dans le temps et qu'ils se présentent pour l'un et/ou l'autre des deux éléments nutritifs de N et P; ceci a permis de faire apparaître 9 causes possibles d'anomalies dont nous allons donner quelques exemples:

. Anomalie de type 1

Rivière ASCOT, station 03021T, écart positif, systématique, sur N et P:

En vérifiant la localisation de la station de mesure par rapport au réseau de drainage, on s'aperçoit qu'un sous-bassin avait été drainé vers cette station, alors qu'il conflue plus en aval. Les calculs rectifiés ramènent l'erreur relative à environ 10%.

. Anomalie de type 2

Rivière Salvail, Station 03031N, écart négatif systématique, sur N et P:

Ce petit bassin agricole contient de nombreux élevages industriels de boeufs, de porcs et de volailles (tableau 3.2). Dans le modèle, les rejets ont été considérés comme des sources diffuses, donc potentielles et affectées par le coefficient de transfert C_I , mais il est clair que beaucoup d'élevages intensifs procèdent, soit par rejet direct dans la rivière, soit par un fossé d'évacuation quasi permanent. Cet état de fait a pour conséquence que l'on devrait considérer ces élevages industriels comme des sources ponctuelles réelles, au même titre que la population drainée par des égouts, ce qui augmenterait leur contribution.

Anomalies de type 5 et 6

Rivière Magog, station 03021R, écart positif, systématique sauf au printemps, sur N et P:

Les coefficients de rétention du phosphore calculés pour les lacs Memphrémagog et Magog semblent sous-estimés par rapport aux mesures. De plus, pour le phosphore comme l'azote, les cyclicités saisonnières ne sont pas bien représentées.

Anomalie de type 7

Rivière Saint-François, station 03031L, écart négatif accidentel sur le phosphore, au printemps:

Dans ce cas, par comparaison avec la station 03021M, située directement à l'amont, il ne peut s'agir que d'une erreur d'analyse.

4.3 APPLICATIONS DU MODELE D'APPORTS POUR LA GESTION

4.3.1 Considérations générales

Une fois les coefficients C_I et C_T établis, on peut utiliser le modèle d'apports pour la gestion des éléments nutritifs au niveau du bassin. Il suf-

fit de modifier les chiffres de production dans les carreaux partiels concernés et d'effectuer le cheminement des charges d'amont vers l'aval; ceci permet d'évaluer les alternatives d'aménagement possibles. Par comparaison avec la situation originale, on est alors en mesure d'évaluer, a priori, les améliorations ou détériorations relatives induites par l'aménagement projeté. Ceci permet, entre autres, d'évaluer l'impact du traitement des eaux usées d'une municipalité (par exemple: Granby), la contribution d'une industrie (par exemple: Domtar), ou la réduction de charge en phosphore induite par la création d'un réservoir artificiel (par exemple: Savage Mills). Ces modifications de charge peuvent être suivies en tout point du bassin versant aval, et s'appliquent directement aux concentrations.

4.3.2 Impact de l'implantation d'usines de traitement à Waterloo et Granby

A ce titre, nous avons évalué l'influence d'un traitement à 95% des rejets d'azote et de phosphore des eaux usées des municipalités de Waterloo et Granby (industries incluses). Les résultats apparaissent aux tableaux 4.25 et 4.26.

Ils mettent en évidence, saison par saison, la réduction en pourcentage des charges transportées, donc des *concentrations*, en aval des installations de traitement projetées. La figure 4.1 montre la réduction, en pourcentage par rapport à la situation actuelle, des charges en azote et phosphore transportées, tout le long de la rivière jusqu'à son embouchure. On note que, sur une base annuelle, la réduction de charge est la plus importante directement à l'aval des usines de traitement (de l'ordre de 60-70% pour l'azote et de 80-90% pour le phosphore); cette amélioration diminue graduellement, avec des détériorations brutales à la confluence de sous-bassins importants non modifiés (Rivière Yamaska - Centre et Rivière Noire) et, à l'embouchure, la réduction de charge n'est plus que de 7% pour l'azote et de 10% pour le phosphore. Ce schéma annuel se retrouve à chaque saison et, durant l'été qui est la période critique, les réductions des charges, donc des concentrations, sont encore plus marquées.

On remarque aussi que les réductions des charges de phosphore sont plus importantes que celles d'azote, confirmant ainsi l'origine surtout ponctuelle

du phosphore (municipalités et industries), par rapport à l'origine essentiellement diffuse (cultures et élevage) de l'azote.

4.3.3 Le cas des élevages industriels

Sur les tableaux 4.5 à 4.23, on remarque que, sur les deux bassins, la contribution relative de l'élevage aux apports est particulièrement importante et dépasse souvent 50% des apports totaux. Reconnaisant la tendance à la concentration d'animaux dans des élevages industriels dont la contribution risque alors de devenir ponctuelle, il serait intéressant, dans l'optique d'une gestion à l'échelle du bassin, de comparer le coût, par unité de charge réduite, des installations de traitement des rejets industriels, municipaux ou d'élevage.

Dans ce contexte, on pourrait être amené à comparer, par exemple, l'efficacité global d'une usine de traitement d'eaux usées urbaines de \$5,000,000 à 1,000 installations de stockage et recyclage de rejets d'élevage de \$5,000 chaque. On doit noter que nos résultats s'attaquent à un préjugé très répandu, qui associe l'origine principale de la "pollution" par les substances nutritives aux rejets municipaux et industriels.

4.4 AMELIORATIONS PROJETEES

4.4.1 Problèmes liés à la taille de la grille carrée

Il est évident que la dimension de la grille carrée choisie dépend de la grandeur du bassin étudié et de la précision requise. Pour d'autres bassins versants, on peut être conduit à adopter des grilles carrées différentes de la grille UTM 10 km x 10 km; soit n le rapport linéaire entre les tailles des grilles, les nouveaux coefficients C_I' et C_T' du modèle peuvent se déduire simplement de ceux obtenus pour la grille UTM, C_I et C_T , par résolution de l'équation de continuité des charges:

$$C_I' = C_I C_T^{n-1}$$

$$C_T' = C_T^n$$

4.4.2 Problèmes liés à la surface des carreaux partiels

Au paragraphe 2.4.4, on a noté que pour les bassins versants regroupant un petit nombre de carreaux partiels, certaines erreurs apparaissaient. Une des raisons probables de ces erreurs est que nous n'avons pas tenu compte, dans le schéma de transport, de la grandeur du carreau partiel transité de superficie inférieure ou égale à 100 km², c'est-à-dire, de la longueur de son réseau de drainage. Si on admet, en première approximation, que la longueur de ce réseau est proportionnelle à la racine carrée de la surface drainée, on peut alors corriger le coefficient de transport C_T pour la dimension de chaque carreau partiel:

$$C_T' = C_T \sqrt{\frac{A'}{A}}$$

A' = superficie du carreau partiel considéré

A = superficie du carreau partiel moyen

C_T = coefficient de transport normalisé pour un carreau partiel de superficie A

C_T' = coefficient de transport pour un carreau partiel de superficie A' .

Une telle modification du modèle devrait améliorer sensiblement la précision de la simulation sur les sous-affluents.

4.5 LIMITES D'UTILISATION DU MODELE D'APPORTS

L'application du modèle d'apports aux bassins versants des rivières Yamaska et Saint-François a mis en évidence certaines limitations de la technique dont il faut tenir compte pour obtenir des résultats d'une précision raisonnable. Ces limitations dépendent essentiellement de la relation entre les variabilités spatio-temporelles des débits massiques des éléments nutritifs transportés par la rivière d'une part, et des variabilités spatio-temporelles des productions rejetées par les utilisateurs d'un territoire donné, d'autre part.

D'une façon générale, la précision du modèle est d'autant meilleure que la simulation se rapporte à l'état moyen dans le temps et dans l'espace (permanent en moyenne).

Ainsi, pour un niveau fixé de connaissance de l'utilisation du territoire, la précision des apports journaliers calculés par le modèle diminue, par rapport à la réalité, d'une part avec la durée de période de temps considérée (année, saison, épisode hydrologique), d'autre part avec la surface du territoire étudié (bassin total, sous-bassin, parcelle).

Pour l'utilisateur, deux cas peuvent se présenter selon qu'il dispose ou non d'un échantillonnage de contrôle avec des mesures de débits.

4.5.1 Cas 1: sans échantillonnage de contrôle

Malgré l'absence de vérification possible, certaines techniques du modèle sont applicables pour calculer théoriquement les apports en azote et phosphore et pour établir les contributions des utilisateurs à ces apports.

Les limitations sont les suivantes:

- sur le plan temporel, compte tenu du fait que les apports spécifiques sont des apports moyens annuels, il est recommandé d'effectuer le calcul *sur une base annuelle* et de poser $C_T = 1$ (année moyenne, transfert interannuel nul).
- sur le plan spatial, à cause de l'imprécision dans l'affectation des statistiques d'utilisation du territoire vers les unités de drainage, il est souhaitable que le bassin dont on simule les apports comporte *au moins* 10 de ces unités (dans notre cas, dix carreaux partiels construits sur la grille UTM de 10 km par 10 km), ce qui permet de bénéficier de la compensation des erreurs d'affectation¹. Cela peut conduire à rechercher des données d'utilisation du territoire à une plus petite échelle. On doit noter ici une application importante de cette idée, utilisée pour l'étude des lacs: quand le bassin drainé est trop petit pour le critère choisi (> 10 unités de drainage), on précise l'utilisation du territoire localement; ensuite, on peut appliquer, sur une base annuelle, ($C_T = 1$) le modèle, malgré le changement de dimension de l'unité de drainage, comme le démontre le paragraphe 4.4.1.

¹ Les unités de drainage doivent être du même ordre de grandeur que les unités de recensement; dans notre cas, la surface des municipalités est comparable à celle des carreaux partiels.

4.5.2 Cas 2 : avec un échantillonnage de contrôle

Quand on dispose de mesures de contrôle (concentrations et débits), l'objectif du modèle n'est plus de prédire les débits massiques transportés par la rivière, mais de préciser les contributions annuelles et *saisonnnières* des différentes utilisations en plusieurs points du bassin et de permettre ainsi de proposer des correctifs adéquats.

Là encore certaines limitations s'appliquent:

- . sur le plan temporel: la période de temps choisie (année, saison, épisode hydrologique) doit être notablement supérieure à la période entre deux échantillonnages, pour que la calibration ait un sens.

- . sur le plan spatial: les réserves concernant la définition de l'utilisation du territoire exprimées au paragraphe 4.5.1 s'appliquent; on peut noter aussi que si l'on connaît l'utilisation globale du territoire d'un bassin entier, on ne peut, à moins d'homogénéité reconnue, tirer aucune conclusion concernant les contributions relatives sur un de ses sous-bassins.

Enfin, dès que l'on cherche à chiffrer les apports sur une base de temps plus courte que l'année, une saison critique par exemple, on doit, absolument utiliser le modèle complet à 2 coefficients et le découpage cartographique qui s'impose.

TABLEAU 4.1: COEFFICIENTS DE RETENTION DU PHOSPHORE PAR LES LACS.

LAC	\bar{z} (m)	tw (an)	q_s (m . an ⁻¹)	A_o (km ²)	V (10 ⁶ m ³)	R (%)
Aylmer	8.5	0.23	36.6	295	269.4	40.5
Bowker	24.0	5.1	4.7	2.31	60.3	66.7
Brompton	12.5	1.9	6.6	11.9	138.3	61.1
Lovering	9.7	0.99	9.8	4.6	48.2	55.3
Magog	9.8	0.06	164.2	10.8	106.5	12.1
Massawippi	40.2	1.50	26.8	17.9	753.2	44.5
Memphrémagog	15.5	1.67	9.34	94.5	1470.7	55.9
Montjoie	7.9	0.60	13.1	3.29	26.4	51.9
Saint-François	15.6	0.91	17.2	47.1	708.9	49.2
Stukely	13.1	2.49	5.3	3.86	53.2	64.8
Boivin	1.2	0.024	50.0	1.6	2.52	35.7
Brome	5.8	0.70	8.3	14.5	84.0	57.4
Roxton	3.2	0.55	5.8	1.79	5.66	63.2
Waterloo	2.9	0.22	13.0	1.50	4.40	52.0

TABLEAU 4.2: RESULTATS DES DIFFERENTES SIMULATIONS PAR LES DEUX METHODES D'AJUSTEMENT.

	AJUSTEMENT		ANNEE		PRINTEMPS		ETE		AUTOMNE		HIVER	
			C _I	C _T	C _I	C _T	C _I	C _T	C _I	C _T	C _I	C _T
Azote	R. Yamaska	Méthode 1	0.14	1.03	0.27	1.06	0.08	0.98	0.08	1.01	.090	1.04
		Méthode 2	0.15	1.03	0.33	1.05	0.11	0.94	0.09	1.00	0.092	1.04
	R. Saint-François	Méthode 1	0.13	0.99	0.32	0.99	0.04	1.00	0.05	1.01	0.048	0.99
		Méthode 2	0.15	0.98	0.33	0.99	0.09	0.96	0.05	1.01	0.078	0.97
Phosphore	R. Yamaska	Méthode 1	0.065	0.98	0.15	1.00	0.025	0.98	0.016	1.01	0.024	0.99
		Méthode 2	0.060	1.01	0.14	1.04	0.032	0.97	0.018	1.02	0.066	0.90
	R. Saint-François	Méthode 1	0.020	1.02	0.04	1.01	0.002	1.01	0.016	1.03	0.033 ¹	0.92
		Méthode 2	0.020	1.04	0.05	1.03	0.008	1.00	.006	1.05	0.034	0.89

¹ Certains affluents exclus.

TABLEAU 4.3: SIMULATIONS MOYENNES ET POURCENTAGE MOYEN D'AJUSTEMENT.

Simulation		année			printemps			été			automne			hiver			Ajustement annuel pour $C_T = 1$	
		C_I	C_T	%	C_I	C_T	%	C_I	C_T	%	C_I	C_T	%	C_I	C_T	%	C_I	%
Azote	R. Yamaska	0.145	1.03	14	0.300	1.055	20	0.095	0.96	24	0.085	1.005	13	0.091	1.04	22	0.155	17
	R. Saint-François	0.140	0.985	18	0.325	0.99	13	0.065	0.98	30	0.050	1.01	30	0.063	0.98	34	0.112	18
Phosphore	R. Yamaska	0.063	0.995	29	0.145	1.02	21	0.028	0.975	28	0.017	1.01	33	0.045	0.95	35	0.060	29
	R. Saint-François	0.020	1.03	35	0.045	1.02	32	0.005	1.005	42	0.011	1.04	33	0.335	0.905	26 ¹	0.022	34

¹ Certains affluents exclus.

TABLEAU 4.4 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (ANNEE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_1 = 0.145$, $C_T = 1.03$)						
	NUMFRD	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3031L	16274,70	15736,93	-3,30	
	2	3031M	1005,33	793,82	-21,04	
	3	3030Z	15272,66	13708,35	-10,24	
	4	3031N	1062,83	603,30	-43,24	
	5	3031P	713,32	456,74	-35,97	
	6	3030D	11161,66	10265,94	-8,02	
	7	3031A	11048,60	8856,11	-19,84	
	8	3031B	5977,96	4300,90	-28,05	
	9	3030C	3485,98	3611,06	3,59	
	10	3031H	3214,60	3079,59	-4,20	
	11	3031G	1042,08	1132,27	8,65	
	12	3031D	1480,98	578,83	-60,57	
	13	3031E	709,56	768,07	8,25	
	14	3031F	835,46	824,08	-1,36	
	15	3031C	1309,53	578,83	-55,80	
	16	3031R	180,76	106,10	-41,30	
	17	3031Q	2211,66	2629,07	18,87	
	18	3031K	850,08	839,84	-1,20	
	19	3031J	604,44	816,56	35,09	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS							
		AVEC PHYS.	EGOUT DETER.	PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS.	ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL	
1	3031L	8,57	0,00	,73	1,21	3,32	13,84	1,16	0,00	56,08	11,05	7,96	9,90	86,15
2	3031M	1,50	0,00	,68	0,00	,05	2,24	,97	0,00	62,75	16,44	9,85	7,76	97,76
3	3030Z	9,12	0,00	,66	1,31	3,59	14,68	1,18	0,00	55,54	10,66	7,77	10,18	85,31
4	3031N	1,67	0,00	,55	0,00	0,00	2,22	1,19	0,00	65,21	15,36	7,81	8,21	97,78
5	3031P	,48	0,00	0,00	0,00	,28	,75	,91	0,00	68,77	16,94	8,33	4,30	99,25
6	3030D	10,27	0,00	,60	1,55	4,23	16,65	1,21	0,00	53,75	9,51	7,59	11,28	83,34
7	3031A	5,70	0,00	,64	1,70	3,64	11,68	1,28	0,00	57,05	9,73	8,00	12,24	88,30
8	3031B	7,34	0,00	1,01	,64	6,46	15,46	1,41	0,00	53,99	7,90	8,09	13,14	84,52
9	3030C	3,41	0,00	,29	3,18	,53	7,40	1,16	0,00	60,38	10,27	8,06	12,73	92,60
10	3031H	8,60	0,00	1,32	,51	8,50	18,93	1,47	0,00	49,27	5,25	8,42	15,93	81,04
11	3031G	10,85	0,00	,16	0,00	19,76	30,78	1,30	0,00	40,67	5,61	7,18	14,46	69,22
12	3031D	4,22	0,00	,73	,73	1,78	7,45	1,91	0,00	58,31	5,45	9,14	17,58	92,38
13	3031E	1,90	0,00	4,19	,37	,36	6,92	1,70	0,00	52,56	4,68	10,47	23,66	93,08
14	3031F	14,91	0,00	,23	0,00	27,15	42,29	1,38	0,00	29,30	2,94	7,02	17,07	57,71
15	3031C	4,22	0,00	,73	,73	1,78	7,45	1,91	0,00	58,31	5,45	9,14	17,58	92,38
16	3031R	3,60	0,00	1,47	3,24	1,68	10,09	1,94	0,00	50,59	3,10	11,97	22,33	89,91
17	3031Q	4,10	0,00	,33	4,11	,56	9,20	1,09	0,00	57,18	10,34	8,14	14,06	90,80
18	3031K	7,88	0,00	0,00	6,78	1,53	16,19	,90	0,00	56,86	9,82	8,52	7,71	83,81
19	3031J	0,40	0,00	,91	1,20	,16	6,68	1,32	0,00	50,46	8,82	7,78	24,95	93,32

TABLEAU 4.5 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (PRINTEMPS).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_1 = 0.300$, $C_T = 1.055$)					
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE
	1	3031L	38075.09	38652.12	1.52
	2	3031M	2724.91	1672.96	-38.61
	3	3030Z	35262.46	32776.24	-7.05
	4	3031N	2330.20	1265.67	-45.68
	5	3031P	1537.35	957.68	-37.71
	6	3030D	24302.93	23153.81	-4.73
	7	3031A	26124.40	19945.13	-23.65
	8	3031B	14193.02	9849.72	-30.60
	9	3030C	7001.61	7647.55	9.23
	10	3031H	6481.52	6999.09	7.99
	11	3031G	2278.92	1992.99	-12.55
	12	3031D	2868.70	1935.20	-32.54
	13	3031E	1344.16	1590.77	18.35
	14	3031F	1722.74	1355.10	-21.34
	15	3031C	1834.08	1935.20	5.51
	16	3031R	305.80	305.70	-0.03
	17	3031Q	4151.71	5485.78	32.13
	18	3031K	1568.29	1659.24	5.80
	19	3031J	1068.43	1673.55	56.64

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)

NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT		PLUIE	MARCC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT		ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL
PHYS.	DETER.	PHYS.	DETER.					PHYS.	DETER.					
1	3031L	6.88	0.00	.37	.64	2.82	10.72	1.22	0.00	57.87	11.14	8.25	10.79	89.28
2	3031M	.73	0.00	.33	0.00	.03	1.08	.97	0.00	63.50	16.63	9.94	7.88	98.92
3	3030Z	7.30	0.00	.34	.69	3.02	11.34	1.24	0.00	57.45	10.79	8.10	11.08	88.66
4	3031N	.81	0.00	.27	0.00	0.00	1.08	1.21	0.00	65.95	15.64	7.88	8.24	98.92
5	3031P	.23	0.00	0.00	0.00	.14	.37	.91	0.00	69.06	17.02	8.37	4.28	99.63
6	3030D	8.26	0.00	.32	.80	3.50	12.88	1.27	0.00	55.95	9.73	7.97	12.20	87.12
7	3031A	6.30	0.00	.33	.84	3.26	10.74	1.31	0.00	57.40	9.65	8.13	12.77	89.26
8	3031H	18.28	0.00	.50	.30	5.92	17.00	1.39	0.00	52.73	7.58	7.99	13.31	83.00
9	3030C	1.70	0.00	.15	1.63	.26	3.74	1.21	0.00	62.50	10.63	8.40	13.51	96.26
10	3031H	12.67	0.00	.63	.24	7.56	21.10	1.43	0.00	47.78	5.71	8.20	15.78	78.90
11	3031G	6.17	0.00	.10	0.00	11.23	17.49	1.55	0.00	48.35	6.64	8.58	17.38	82.51
12	3031D	28.54	0.00	.23	.24	11.77	40.78	1.23	0.00	37.25	3.49	5.87	11.39	59.22
13	3031E	1.00	0.00	2.10	.19	.18	3.48	1.76	0.00	54.34	4.84	10.83	24.74	96.52
14	3031F	9.07	0.00	.14	0.00	16.51	25.72	1.77	0.00	37.68	3.77	9.02	22.64	74.28
15	3031C	28.54	0.00	.23	.24	11.77	40.78	1.23	0.00	37.25	3.49	5.87	11.39	59.22
16	3031R	22.14	0.00	.51	1.12	11.65	35.43	1.39	0.00	36.33	2.22	8.59	16.03	64.57
17	3031Q	2.00	0.00	.18	2.10	.27	4.64	1.15	0.00	59.81	10.79	8.56	15.04	95.36
18	3031K	3.99	0.00	0.00	3.63	.77	8.39	.99	0.00	62.01	10.71	9.33	8.56	91.61
19	3031J	2.10	0.00	.47	.60	.08	3.34	1.36	0.00	52.12	9.14	8.08	25.96	96.66

TABLEAU 4.6 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (ETE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_i = 0.095$, $C_T = 0.96$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3031I	6326.07	5932.66	-7.10	
	2	3031M	263.47	473.28	79.63	
	3	30307	6304.13	5677.92	-9.99	
	4	3031H	716.02	365.54	-48.95	
	5	3031F	378.20	282.44	-25.32	
	6	3030D	5333.31	5318.42	-.28	
	7	3031A	4443.02	4467.53	1.73	
	8	3031B	2437.53	2860.24	17.54	
	9	3030C	1835.27	1977.75	7.76	
	10	3031H	1672.16	2403.70	43.75	
	11	3031G	538.32	837.36	55.55	
	12	3031D	1154.41	1059.24	-8.56	
	13	3031E	554.79	456.68	-17.68	
	14	3031F	452.88	635.74	40.38	
	15	3031C	1496.64	1059.24	-29.23	
	16	3031F	124.24	170.42	37.49	
	17	3031G	1466.23	1440.87	-1.74	
	18	3031K	474.57	522.20	10.94	
	19	3031J	422.96	505.97	19.63	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT		PLUIE	PAPEC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT		ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL
PHYS.	DETER.	PHYS.	DETER.					PHYS.	DETER.					
1	3031L	16.90	0.00	1.01	1.21	5.81	25.02	.96	0.00	49.42	10.55	6.96	7.09	74.98
2	3031H	2.35	0.00	1.12	0.00	.08	3.55	.96	0.00	61.87	16.25	9.80	7.57	96.05
3	30307	14.86	0.00	.80	1.38	6.57	27.01	.95	0.00	47.82	9.89	6.52	7.21	72.39
4	3031N	2.50	0.00	.82	0.00	0.00	3.41	1.16	0.00	64.08	14.81	7.77	8.38	96.59
5	3031P	.72	0.00	0.00	0.00	.42	1.14	.90	0.00	68.44	16.82	8.27	4.43	96.86
6	3030D	22.51	0.00	.62	1.73	8.20	33.15	.95	0.00	43.71	8.24	6.01	7.95	66.85
7	3031A	15.50	0.00	.69	2.01	7.84	25.84	1.06	0.00	48.63	8.74	6.61	9.12	74.16
8	3031B	22.97	0.00	.97	.76	12.68	37.39	1.01	0.00	40.75	6.36	5.86	8.63	62.61
9	3030C	5.07	0.00	.34	4.33	.85	10.59	1.12	0.00	59.13	10.07	7.75	11.37	89.41
10	3031H	28.09	0.00	1.25	.52	16.36	46.23	.96	0.00	33.17	4.19	5.56	9.89	53.77
11	3031G	14.68	0.00	.19	0.00	26.72	41.59	1.10	0.00	34.62	4.85	6.01	11.83	58.41
12	3031D	49.81	0.00	.33	.31	20.28	70.72	.60	0.00	18.71	1.74	2.88	5.35	29.28
13	3031E	2.91	0.00	6.09	.49	.53	10.02	1.46	0.00	51.37	4.57	10.22	22.16	69.08
14	3031F	14.33	0.00	.25	0.00	35.20	54.78	1.11	0.00	23.03	2.33	5.51	13.23	45.22
15	3031C	49.81	0.00	.33	.31	20.28	70.72	.60	0.00	18.71	1.74	2.88	5.35	29.28
16	3031D	34.63	0.00	.92	2.01	20.85	63.41	.79	0.00	20.59	1.26	4.47	9.09	36.50
17	3031G	6.48	0.00	.39	5.81	.90	13.58	1.03	0.00	55.15	10.07	7.70	12.48	86.42
18	3031K	12.62	0.00	0.00	8.94	2.46	24.01	.81	0.00	51.95	8.96	7.66	6.61	75.99
19	3031J	6.56	0.00	1.19	1.79	.23	9.86	1.27	0.00	49.24	8.53	7.41	23.69	90.14

TABLEAU 4.7 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (AUTOMNE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_1 = 0.085$, $C_T = 1.005$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3031L	8772,39	8200,77	-6,52	
	2	3031M	360,00	451,90	25,53	
	3	3030Z	8418,75	7521,85	-10,65	
	4	3031N	502,90	345,77	-31,25	
	5	3031P	378,47	262,21	-30,72	
	6	3030D	6385,03	6336,63	-,76	
	7	3031A	5647,16	5590,34	-1,01	
	8	3031B	3324,18	3191,38	-4,00	
	9	3030C	2197,04	2027,96	-7,70	
	10	3031H	2143,54	2584,98	20,59	
	11	3031G	661,31	798,33	20,72	
	12	3031D	1497,17	1063,04	-29,00	
	13	3031E	462,64	446,15	-3,56	
	14	3031F	669,96	617,79	-7,79	
	15	3031C	1228,89	1063,04	-13,50	
	16	3031R	146,87	164,24	11,83	
	17	3031O	1376,50	1507,49	9,52	
	18	3031K	558,96	518,16	-7,30	
	19	3031J	412,87	482,26	16,81	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT		PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT		ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL	
PHYS.	DETER.	PHYS.	DETER.											
1	3031L	18,84	0,00	1,04	1,54	7,04	28,46	,95	0,00	46,84	9,56	6,62	7,58	71,54
2	3031M	2,57	0,00	1,19	0,00	,09	3,84	,95	0,00	61,70	16,18	9,72	7,60	96,16
3	3030Z	20,25	0,00	,89	1,68	7,67	30,48	,94	0,00	45,56	9,03	6,30	7,70	69,52
4	3031N	2,83	0,00	,92	0,00	0,00	3,76	1,16	0,00	64,21	14,96	7,71	8,20	96,24
5	3031P	,81	0,00	0,00	0,00	,47	1,28	,90	0,00	68,38	16,63	8,28	4,34	98,72
6	3030D	23,14	0,00	,74	1,99	9,05	34,92	,94	0,00	42,23	7,67	5,89	8,35	65,08
7	3031A	17,14	0,00	,82	2,26	8,66	28,88	1,03	0,00	46,25	8,06	6,40	9,39	71,12
8	3031B	24,99	0,00	1,12	,78	14,10	40,99	,97	0,00	38,00	5,71	5,60	8,73	59,01
9	3030C	5,56	0,00	,43	5,00	,89	11,88	1,10	0,00	57,81	9,84	7,65	11,72	86,12
10	3031H	29,50	0,00	1,39	,55	17,39	48,83	,92	0,00	31,30	3,65	5,31	9,79	51,17
11	3031G	15,40	0,00	,22	0,00	28,03	43,64	1,06	0,00	33,24	4,61	5,83	11,62	56,36
12	3031D	50,59	0,00	,36	,36	20,71	72,02	,58	0,00	17,75	1,66	2,76	5,23	27,98
13	3031E	3,23	0,00	6,78	,58	,59	11,18	1,63	0,00	50,39	4,48	10,03	22,28	88,82
14	3031F	19,89	0,00	,28	0,00	36,22	56,40	1,05	0,00	22,17	2,23	5,31	12,84	43,60
15	3031C	50,59	0,00	,36	,36	20,71	72,02	,58	0,00	17,75	1,66	2,76	5,23	27,98
16	3031R	41,22	0,00	,95	2,09	21,69	65,95	,73	0,00	19,16	1,17	4,53	8,45	34,05
17	3031O	6,69	0,00	,49	6,51	,93	14,82	1,02	0,00	53,94	9,79	7,62	12,81	85,18
18	3031K	12,74	0,00	0,00	10,11	2,48	25,33	,80	0,00	50,83	8,77	7,57	6,71	74,67
19	3031J	7,25	0,00	1,41	1,97	,26	10,88	1,26	0,00	48,39	8,43	7,39	23,65	59,12

TABLEAU 4.8 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (HIVER).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_1 = 0.091$, $C_T = 1.04$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERRER RELATIVE	
	1	3031L	12266,21	11845,18	-3,43	
	2	3031M	718,07	512,38	-28,64	
	3	3030Z	11435,14	10270,92	-10,53	
	4	3031N	724,97	388,52	-46,41	
	5	3031P	546,83	290,43	-50,51	
	6	3030D	8942,11	7525,57	-15,84	
	7	3031A	7752,75	6236,73	-19,55	
	8	3031R	3093,93	3073,18	-23,05	
	9	3030C	3020,03	2441,20	-19,17	
	10	3031H	2612,99	2219,25	-15,07	
	11	3031G	680,96	843,88	23,92	
	12	3031D	1124,85	386,16	-65,67	
	13	3031F	459,97	511,37	8,81	
	14	3031E	450,27	650,42	44,45	
	15	3031C	550,55	386,16	-29,86	
	16	3031R	144,60	70,57	-51,19	
	17	3031Q	1926,61	1790,05	-7,09	
	18	3031K	841,15	588,90	-29,99	
	19	3031J	528,63	539,63	2,08	

CONTRIBUTION RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS					TOTAL		
		AVER. PHYS.	EGOUT DETER.	PLUIE	MAPEC.	INDUST.	SANS PHYS.	EGOUT DETER.	ANIMAUX	ENGRATS	PLUIE		FORETS	
1	3031L	12,46	0,00	1,08	1,84	4,97	1,08	0,00	51,73	10,08	7,36	9,39	79,64	
2	3031M	2,35	0,00	1,06	0,00	3,50	0,95	0,00	61,94	16,23	9,71	7,67	96,50	
3	3030Z	13,14	0,00	0,98	1,97	5,31	1,09	0,00	51,05	9,69	7,17	9,60	78,60	
4	3031N	2,61	0,00	0,88	0,00	0,00	1,18	0,00	64,35	15,21	7,70	8,07	96,51	
5	3031P	0,76	0,00	0,00	0,00	0,44	0,90	0,00	68,47	16,87	8,30	4,26	98,80	
6	3030D	14,52	0,00	0,89	2,29	6,12	1,11	0,00	49,72	8,60	6,95	10,49	76,16	
7	3031A	8,44	0,00	0,98	2,55	3,46	1,20	0,00	53,20	9,01	7,50	11,63	82,54	
8	3031B	10,65	0,00	1,50	0,93	9,49	1,30	0,00	49,30	7,15	7,43	12,22	77,39	
9	3030C	5,10	0,00	0,45	4,90	7,80	1,11	0,00	57,69	9,81	7,73	12,32	88,67	
10	3031H	12,18	0,00	1,91	0,73	12,14	1,32	0,00	44,29	5,32	7,59	14,47	72,99	
11	3031G	14,56	0,00	0,22	0,00	26,51	1,10	0,00	34,44	4,74	6,10	12,31	58,70	
12	3031D	6,37	0,00	1,12	1,14	2,68	1,83	0,00	55,73	5,21	8,75	16,92	88,45	
13	3031F	3,05	0,00	6,42	0,58	0,56	1,63	0,00	50,40	4,49	10,05	22,82	89,40	
14	3031E	18,90	0,00	0,29	0,00	34,40	1,11	0,00	23,55	2,36	5,64	13,75	46,41	
15	3031C	6,37	0,00	1,12	1,14	2,68	1,83	0,00	55,73	5,21	8,75	16,92	88,45	
16	3031R	5,55	0,00	2,22	4,87	2,53	1,83	0,00	47,73	2,92	11,29	21,06	84,84	
17	3031Q	6,20	0,00	0,52	6,23	7,83	1,04	0,00	54,13	9,77	7,73	13,46	86,13	
18	3031K	11,24	0,00	0,00	9,04	2,18	0,83	0,00	51,93	8,97	7,80	7,11	76,63	
19	3031J	6,72	0,00	1,42	1,84	0,25	1,27	0,00	48,47	8,49	7,49	24,05	89,77	

TABLEAU 4.9 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (ANNEE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_I = 0.063$, $C_T = 0.995$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3031L	1359,90	1584,05	16,48	
	2	3031M	93,88	93,57	-,33	
	3	3031Z	1400,03	1448,37	3,16	
	4	3031N	87,07	66,02	-24,18	
	5	3031P	48,33	58,98	22,05	
	6	3031O	1036,39	1205,11	16,28	
	7	3031A	1203,72	1038,80	-13,70	
	8	3031R	754,50	499,20	-33,84	
	9	3031C	316,89	364,42	15,00	
	10	3031H	404,48	378,31	-6,47	
	11	3031G	102,79	86,44	-15,90	
	12	3031D	351,42	192,06	-45,35	
	13	3031E	71,17	53,02	-25,50	
	14	3031F	108,78	54,06	-50,30	
	15	3031C	211,10	192,06	-9,02	
	16	3031R	59,54	10,50	-82,36	
	17	3031Q	239,96	250,05	4,21	
	18	3031K	82,44	75,82	-8,04	
	19	3031J	52,30	90,64	73,32	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	AVEC EGOUT		APPORTS REELS				SANS EGOUT		APPORTS POTENTIELS				
		PHYS.	DETER.	PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	PHYS.	DETER.	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL	
1	3031L	9,61	2,74	,05	0,00	22,86	35,26	,35	,10	39,82	21,38	,29	2,80	64,74
2	3031M	1,28	,36	,07	0,00	7,50	9,21	,35	,10	48,91	38,09	,42	2,91	90,79
3	3031Z	10,38	2,95	,04	0,00	24,08	37,46	,35	,10	39,06	19,93	,28	2,83	62,54
4	3031N	1,53	,44	,06	0,00	0,00	2,03	,47	,13	58,26	35,34	,36	1,41	97,97
5	3031P	,37	,11	0,00	0,00	12,53	13,00	,31	,09	53,23	31,51	,33	1,53	87,00
6	3031O	12,03	3,42	,03	0,00	27,34	42,83	,35	,10	36,33	17,04	,26	3,09	57,17
7	3031A	8,93	2,54	,03	0,00	25,09	36,60	,39	,11	40,75	18,30	,29	3,56	63,40
8	3031R	15,00	4,38	,05	0,00	22,24	42,07	,42	,12	39,28	14,25	,29	3,56	57,93
9	3031C	3,03	,86	,03	0,00	12,89	16,81	,46	,13	52,75	24,39	,38	5,08	83,19
10	3031H	19,41	5,52	,06	0,00	27,89	52,89	,41	,12	32,22	9,90	,28	4,17	47,11
11	3031G	14,69	4,18	,02	0,00	3,09	21,99	,75	,21	51,35	16,69	,48	8,53	78,01
12	3031D	26,41	7,51	,01	0,00	48,83	82,77	,17	,05	12,28	3,23	,09	1,41	17,23
13	3031E	2,10	,62	,38	0,00	14,28	17,46	,85	,24	57,43	13,37	,61	10,04	82,54
14	3031F	23,40	6,68	,04	0,00	4,95	35,16	,92	,26	40,30	11,15	,54	11,66	64,84
15	3031C	26,41	7,51	,01	0,00	48,83	82,77	,17	,05	12,28	3,23	,09	1,41	17,23
16	3031R	31,98	9,10	,09	0,00	27,52	68,87	,42	,12	21,21	4,22	,30	5,05	31,33
17	3031Q	4,28	1,22	,04	0,00	9,33	14,87	,47	,13	51,78	26,22	,41	6,12	85,13
18	3031K	9,00	2,56	0,00	0,00	2,25	13,81	,42	,12	54,59	26,97	,46	3,64	86,19
19	3031J	5,98	1,13	,09	0,00	23,93	29,14	,51	,15	38,59	21,27	,35	10,00	70,86

TABLEAU 4.10 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (PRINTEMPS).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_T = 0.145$, $C_T = 1.02$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MFSURFE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3031L	2773.89	3566.40	28.57	
	2	3031M	191.12	210.79	10.29	
	3	3030Z	3055.87	3131.05	2.46	
	4	3031N	156.39	154.50	-1.21	
	5	3031P	99.04	128.10	29.34	
	6	3030D	2223.57	2365.88	6.40	
	7	3031A	3122.80	2070.14	-33.71	
	8	3031B	1805.65	946.74	-47.57	
	9	3030C	659.44	806.59	22.31	
	10	3031H	912.76	648.17	-28.99	
	11	3031G	227.29	176.10	-22.52	
	12	3031D	636.91	237.35	-62.73	
	13	3031E	112.55	113.66	.99	
	14	3031F	243.70	101.56	-58.32	
	15	3031C	327.24	237.35	-27.47	
	16	3031R	58.48	14.78	-74.72	
	17	3031Q	548.65	558.59	1.81	
	18	3031K	221.74	167.55	-24.44	
	19	3031J	114.36	179.06	56.58	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT		PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT		ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL	
PHYS.	DIFER.	PHYS.	ETER.											
1	3031L	5.33	1.52	.03	0.00	12.46	19.34	.45	.13	49.85	26.15	.37	3.71	80.66
2	3031M	.58	.16	.03	0.00	3.40	4.17	.37	.11	51.69	40.13	.44	3.29	95.23
3	3030Z	5.76	1.44	.02	0.00	13.20	20.63	.46	.13	49.71	24.91	.36	3.82	79.37
4	3031N	.67	.19	.03	0.00	0.00	.88	.47	.13	58.84	35.89	.36	3.41	99.12
5	3031P	.17	.05	0.00	0.00	5.89	6.11	.33	.09	57.43	34.03	.36	1.64	93.89
6	3030D	6.80	1.93	.02	0.00	15.26	24.02	.47	.13	48.36	22.37	.35	4.29	75.98
7	3031A	5.00	1.42	.02	0.00	13.53	19.97	.50	.14	51.45	22.88	.37	4.68	80.03
8	3031B	2.93	2.54	.03	0.00	12.97	24.47	.56	.16	51.25	18.34	.38	4.84	75.53
9	3030C	1.46	.41	.01	0.00	6.20	8.08	.51	.15	58.08	26.98	.42	5.77	91.92
10	3031H	12.00	3.41	.04	0.00	17.36	32.82	.59	.17	45.92	14.00	.40	6.09	67.18
11	3031G	7.21	2.05	.01	0.00	1.52	10.80	.86	.24	58.66	19.02	.55	9.87	89.20
12	3031D	21.45	6.10	.01	0.00	39.58	67.14	.32	.09	23.34	6.18	.18	2.74	32.86
13	3031E	1.06	.30	.18	0.00	6.94	8.49	.94	.27	63.58	14.82	.67	11.22	91.51
14	3031F	12.50	3.56	.02	0.00	2.63	18.72	1.15	.33	50.50	13.95	.68	14.68	81.28
15	3031C	21.45	6.10	.01	0.00	39.58	67.14	.32	.09	23.34	6.18	.18	2.74	32.86
16	3031R	22.71	6.46	.06	0.00	19.55	48.78	.69	.20	34.68	6.90	.50	8.26	51.22
17	3031Q	2.00	.57	.02	0.00	4.61	7.19	.52	.15	56.28	28.58	.45	6.80	92.21
18	3031K	4.08	1.16	0.00	0.00	1.02	6.26	.46	.13	59.26	29.36	.50	4.03	93.74
19	3031J	2.05	.58	.05	0.00	12.63	15.32	.61	.17	45.97	25.47	.42	12.03	84.68

TABLEAU 4.11 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE YAWASKA (ETE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_T = 0.028$, $C_T = 0.975$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3031L	782,83	805,69	2,92	
	2	3031M	43,38	44,78	3,22	
	3	3030Z	777,96	775,97	0,26	
	4	3031N	96,43	29,13	-69,79	
	5	3031P	42,75	29,82	-30,25	
	6	3030D	545,07	729,78	33,67	
	7	3031A	552,90	610,95	10,50	
	8	3031B	365,01	366,00	-16,17	
	9	3030C	149,15	182,94	22,65	
	10	3031H	267,66	260,35	-2,73	
	11	3031G	66,36	48,57	-26,81	
	12	3031D	251,77	172,86	-31,34	
	13	3031E	146,64	27,57	-81,20	
	14	3031F	74,65	34,18	-54,21	
	15	3031C	223,52	172,86	-22,67	
	16	3031R	64,10	8,67	-86,47	
	17	3031Q	114,96	122,72	6,75	
	18	3031K	29,11	38,09	30,86	
	19	3031J	30,66	53,01	72,88	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT PHYS.	EGOUT DETER.	PLUIE	REELS MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS.	EGOUT DETER.	ANIMAUX	ENGRAIS	POTENTIELS PLUIE	FORETS	TOTAL
1	3031L	14,70	4,18	.09	0,00	35,66	54,62	.24	.07	27,74	15,31	.20	1,82	45,38
2	3031M	2,91	.74	.14	0,00	15,29	18,79	.32	.09	43,69	34,14	.38	2,60	81,21
3	3030Z	15,75	4,48	.06	0,00	37,42	57,42	.23	.07	26,50	13,81	.19	1,80	42,58
4	3031N	3,40	.97	.13	0,00	0,00	4,49	.45	.13	56,91	34,29	.35	3,37	95,51
5	3031P	.71	.20	0,00	0,00	24,19	25,10	.26	.08	45,84	27,10	.28	1,34	74,90
6	3030D	17,71	5,04	.04	0,00	40,83	63,63	.22	.06	23,07	10,99	.16	1,86	38,37
7	3031A	13,30	3,81	.05	0,00	39,42	56,67	.26	.08	27,83	12,65	.20	2,31	43,33
8	3031B	22,52	6,40	.07	0,00	32,27	61,26	.28	.08	26,25	9,68	.19	2,27	38,74
9	3030C	5,62	1,60	.04	0,00	23,98	31,24	.38	.11	43,76	20,14	.31	4,07	68,76
10	3031H	26,39	7,51	.08	0,00	37,61	71,58	.25	.07	19,45	6,03	.17	2,45	28,42
11	3031G	26,15	7,44	.04	0,00	5,51	39,14	.58	.17	40,11	13,07	.37	6,56	60,86
12	3031D	29,23	8,31	.01	0,00	54,16	91,71	.08	.02	5,92	1,55	.04	.67	8,29
13	3031E	4,01	1,14	.69	0,00	26,15	31,99	.70	.20	47,40	11,01	.50	8,20	68,01
14	3031F	37,16	10,57	.06	0,00	7,83	55,61	.64	.18	27,60	7,65	.37	7,94	44,39
15	3031C	29,23	8,31	.01	0,00	54,16	91,71	.08	.02	5,92	1,55	.04	.67	8,29
16	3031R	38,71	11,01	.10	0,00	33,31	83,14	.23	.06	11,41	2,27	.16	2,72	16,86
17	3031Q	8,32	2,37	.06	0,00	16,96	27,72	.39	.11	44,11	22,27	.35	5,05	72,28
18	3031K	17,80	5,09	0,00	0,00	4,48	27,46	.35	.10	46,04	22,67	.39	3,00	72,54
19	3031J	6,66	1,89	.14	0,00	38,98	47,68	.38	.11	28,59	15,66	.26	7,32	52,32

TABLEAU 4.12 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (AUTOMNE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_1 = 0.017$, $C_T = 1.01$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESURÉE	CHARGE CALCULÉE	ERRER RELATIVE	
	1	3031L	939,83	930,44	-1,00	
	2	3031M	61,39	72,03	-47,82	
	3	3030Z	920,88	862,19	-6,37	
	4	3031N	43,42	19,07	-56,09	
	5	3031P	24,40	21,73	-10,93	
	6	3030D	646,08	741,15	14,71	
	7	3031A	552,58	583,35	5,57	
	8	3031B	456,88	302,14	-33,87	
	9	3030C	222,61	147,72	-33,64	
	10	3031H	198,03	256,27	29,41	
	11	3031G	69,03	37,32	-45,93	
	12	3031D	272,87	168,21	-38,36	
	13	3031E	8,53	21,47	151,75	
	14	3031F	63,14	28,58	-54,73	
	15	3031C	181,72	168,21	-7,43	
	16	3031R	65,45	8,10	-87,63	
	17	3031Q	94,04	97,89	4,10	
	18	3031K	32,89	28,52	-13,30	
	19	3031J	28,47	44,50	56,32	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT PHYS. DETER.		PLUIE	MAPEC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS. DETER.		ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORFYS	TOTAL
1	3031L	18,3A	5,23	,10	0,00	43,32	67,03	,18	,05	20,33	10,7A	,15	1,47	32,97
2	3031M	3,7A	1,07	,20	0,00	22,14	27,20	,28	,08	39,25	30,51	,34	2,34	72,80
3	3030Z	19,1A	5,06	,08	0,00	44,21	68,93	,18	,05	19,43	9,82	,14	1,45	31,07
4	3031N	5,36	1,52	,21	0,00	0,00	7,09	,44	,13	55,20	33,58	,34	3,22	92,91
5	3031P	1,01	,29	0,00	0,00	34,38	35,68	,23	,06	39,35	23,31	,24	1,13	64,32
6	3030D	20,6A	5,88	,05	0,00	46,63	73,21	,17	,05	17,04	7,93	,12	1,48	26,79
7	3031A	16,84	4,79	,07	0,00	46,39	68,09	,20	,06	20,52	9,17	,15	1,83	31,91
8	3031B	26,7A	7,61	,09	0,00	38,74	73,19	,20	,06	18,19	6,55	,13	1,68	26,81
9	3030C	7,72	2,20	,07	0,00	32,85	42,84	,32	,09	36,18	16,77	,25	3,54	57,16
10	3031H	29,54	8,40	,10	0,00	42,60	80,64	,17	,05	13,24	4,05	,12	1,74	19,36
11	3031G	34,03	9,68	,06	0,00	7,17	50,94	,47	,13	32,28	10,48	,30	5,40	49,06
12	3031D	30,21	8,59	,01	0,00	55,80	94,63	,05	,01	3,82	1,01	,03	,44	5,37
13	3031E	5,52	1,57	,06	0,00	36,03	44,08	,58	,16	38,88	9,06	,41	6,83	55,92
14	3031F	44,43	12,64	,08	0,00	9,36	66,51	,43	,14	20,81	5,75	,28	6,04	31,49
15	3031C	30,21	8,59	,01	0,00	55,80	94,63	,05	,01	3,82	1,01	,03	,44	5,37
16	3031R	41,46	11,79	,11	0,00	35,68	89,04	,15	,04	7,02	1,48	,11	1,77	10,96
17	3031Q	11,19	3,18	,10	0,00	25,10	39,56	,33	,10	36,70	18,61	,29	4,40	60,44
18	3031K	23,94	6,81	0,00	0,00	5,99	36,74	,31	,09	40,03	19,80	,34	2,70	63,26
19	3031J	8,10	2,33	,19	0,00	49,82	60,53	,29	,08	21,46	11,86	,20	5,52	39,47

TABLEAU 4.13 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA (HIVER).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_I = 0.045$, $C_T = 0.95$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MEASUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3031L	926.98	814.88	-12.09	
	2	3031M	82.45	64.38	-21.91	
	3	3030Z	828.60	797.99	-3.69	
	4	3031N	52.23	44.49	-14.81	
	5	3031P	26.78	42.40	58.33	
	6	3030D	733.35	785.84	7.16	
	7	3031A	568.25	698.65	22.95	
	8	3031B	363.51	341.62	-6.02	
	9	3030C	235.71	241.63	2.51	
	10	3031H	240.60	283.60	17.87	
	11	3031G	42.47	65.85	55.04	
	12	3031D	234.51	180.52	-23.02	
	13	3031E	16.37	37.38	128.36	
	14	3031F	49.65	42.72	-13.95	
	15	3031C	94.92	180.52	90.18	
	16	3031R	46.91	9.56	-79.62	
	17	3031O	220.90	164.34	-25.60	
	18	3031K	47.00	52.61	11.94	
	19	3031J	36.41	67.36	85.00	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC PHYS.	EGOUT DETER.	PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS PHYS.	EGOUT DETER.	ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL
1	3031L	11.21	3.19	.07	0.00	27.80	42.26	.30	.09	35.05	19.91	.26	2.15	57.74
2	3031M	1.77	5.50	.10	0.00	10.36	12.73	.34	.10	46.88	36.77	.41	2.78	87.27
3	3030Z	12.30	3.52	.05	0.00	29.64	45.60	.29	.08	33.70	17.96	.24	2.13	54.40
4	3031N	2.18	.62	.08	0.00	0.00	2.88	.46	.13	58.00	34.71	.36	3.47	97.12
5	3031P	.40	.14	0.00	0.00	16.57	17.20	.29	.08	50.70	29.92	.31	1.49	82.80
6	3030D	14.64	4.17	.03	0.00	34.32	53.19	.28	.08	29.61	14.38	.21	2.26	46.81
7	3031A	10.24	2.92	.04	0.00	31.88	45.10	.33	.09	35.23	16.22	.24	2.78	54.90
8	3031R	17.97	5.11	.05	0.00	25.54	48.67	.36	.10	34.73	13.03	.25	2.85	51.33
9	3030C	3.96	1.12	.03	0.00	16.96	22.06	.43	.12	49.79	22.79	.35	4.46	77.94
10	3031H	22.58	6.42	.07	0.00	31.87	60.95	.33	.10	26.74	8.39	.23	3.27	39.05
11	3031G	19.20	5.49	.03	0.00	4.06	28.87	.68	.19	46.93	15.34	.43	7.56	71.13
12	3031D	27.88	7.93	.01	0.00	51.77	87.59	.12	.03	8.90	2.31	.07	.98	12.41
13	3031E	2.87	.80	.49	0.00	18.31	22.40	.80	.23	54.17	12.57	.57	9.26	77.60
14	3031F	29.73	8.46	.04	0.00	6.26	44.49	.80	.23	34.54	9.60	.46	9.88	55.51
15	3031C	27.88	7.93	.01	0.00	51.77	87.59	.12	.03	8.90	2.31	.07	.98	12.41
16	3031R	35.12	9.99	.09	0.00	30.22	75.43	.33	.09	16.64	3.31	.24	3.06	24.57
17	3031O	5.91	1.68	.04	0.00	11.22	18.86	.44	.12	49.68	25.01	.39	5.50	81.14
18	3031K	12.93	3.68	0.00	0.00	3.25	19.86	.38	.11	50.97	25.01	.43	3.24	80.14
19	3031J	5.12	1.46	.10	0.00	29.12	35.81	.46	.13	35.21	19.16	.31	8.91	64.19

TABLEAU 4.14 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (ANNEE)

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_T = 0.140$, $C_T = 0.985$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3021L	13476.03	12707.95	-7.08	
	2	3021N	683.58	608.00	-11.04	
	3	3021M	12403.05	11769.87	-6.62	
	4	3021P	11049.78	11812.58	+1.15	
	5	3021Q	10592.76	11010.58	+3.94	
	6	3021S	1025.09	2437.66	+26.57	
	7	3021R	1473.49	2522.53	+50.70	
	8	3021V	5154.26	4568.03	-11.37	
	9	3021U	1472.19	1910.72	+14.26	
	10	3021T	816.74	1892.80	+131.75	
	11	3020Y	5135.72	4568.03	-11.05	
	12	3020C	935.94	937.20	.14	
	13	3021W	3428.10	3502.93	+3.45	
	14	3021Y	3227.23	3183.95	-1.34	
	15	3021X	1140.50	944.67	-17.17	
	16	3021Z	1750.32	2056.76	+17.51	
	17	3022A	1560.49	1446.89	-7.28	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT PHYS.	EGOUT DETER.	PLUIE	MAREE	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS.	EGOUT DETER.	ANIMAUX	ENGRAIS	POTENTIELS PLUIE	FORETS	TOTAL
1	3021L	17.04	0.00	3.73	1.79	3.81	26.40	.88	0.00	33.88	5.28	4.89	28.67	73.60
2	3021N	2.43	0.00	.14	3.58	.21	6.36	1.01	0.00	68.50	5.98	5.92	12.23	93.64
3	3021M	14.95	0.00	4.01	1.93	1.59	22.49	.89	0.00	33.68	5.39	4.88	32.68	77.51
4	3021P	15.83	0.00	4.04	1.77	1.69	23.33	.87	0.00	32.50	5.27	4.67	33.36	76.67
5	3021Q	14.85	0.00	4.23	1.79	1.93	24.80	.81	0.00	31.14	5.16	4.60	33.49	75.20
6	3021S	11.75	0.00	9.06	2.60	1.13	24.51	.70	0.00	30.93	8.08	7.59	28.19	75.49
7	3021R	10.90	0.00	9.42	2.50	1.06	23.97	.89	0.00	31.19	7.80	7.42	28.73	76.03
8	3021V	5.20	0.00	4.11	2.73	.51	12.64	.76	0.00	28.68	3.79	2.92	51.22	87.36
9	3021U	9.63	0.00	3.44	.83	1.34	15.24	.77	0.00	45.58	7.91	6.84	23.65	84.76
10	3021T	5.01	0.00	2.49	.43	.04	7.97	.87	0.00	51.04	7.83	6.41	25.89	92.03
11	3020Y	5.20	0.00	4.11	2.73	.51	12.64	.76	0.00	28.68	3.79	2.92	51.22	87.36
12	3020C	10.64	0.00	.01	3.51	2.49	16.66	.57	0.00	31.64	4.38	2.71	44.05	83.34
13	3021W	3.90	0.00	5.53	2.67	.01	12.20	.72	0.00	26.79	3.50	2.74	54.05	87.80
14	3021Y	4.25	0.00	6.18	2.55	.02	13.00	.70	0.00	25.77	3.48	2.45	54.61	87.00
15	3021X	1.89	0.00	1.49	5.23	0.00	8.61	.49	0.00	16.83	2.44	2.02	49.40	91.39
16	3021Z	4.58	0.00	8.82	1.43	.01	14.84	.82	0.00	29.92	3.84	2.68	47.89	85.16
17	3022A	.50	0.00	7.06	1.77	0.00	9.43	.97	0.00	33.70	4.84	3.18	47.87	90.57

TABLEAU 4.15 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (PRINTEMPS).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_I = 0.325$, $C_T = 0.95$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3021L	30569.31	13091.56	-57.17	
	2	3021N	1272.02	1325.81	4.20	
	3	3021M	25650.27	14011.51	-45.37	
	4	3021P	25210.83	15574.43	-38.22	
	5	3021O	23419.60	16218.83	-30.75	
	6	3021S	5195.57	3978.52	-23.42	
	7	3021R	3919.59	3916.27	-.08	
	8	3021V	11258.92	7501.15	-36.75	
	9	3021U	4290.50	3552.35	-17.20	
	10	3021T	1046.91	3761.48	93.20	
	11	3020Y	12531.84	7501.15	-40.14	
	12	3020C	2302.26	1824.45	-20.75	
	13	3021W	7068.21	5782.77	-22.57	
	14	3021Y	6903.97	5605.57	-18.81	
	15	3021X	2536.25	1881.18	-25.83	
	16	3021Z	4218.64	3716.81	-11.90	
	17	3022A	3335.12	2746.52	-17.59	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT		PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT		ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORFTS	TOTAL
PHYS.	DETER.	PHYS.	DETER.											
1	3021L	10.12	0.00	1.74	.85	2.70	15.41	1.11	0.00	41.58	6.22	5.99	29.69	84.59
2	3021N	1.02	0.00	.06	1.55	.09	2.78	1.06	0.00	71.18	6.17	6.05	12.77	97.22
3	3021M	8.30	0.00	1.83	.93	.89	11.95	1.08	0.00	39.86	6.13	5.74	35.24	88.05
4	3021P	9.17	0.00	1.86	.82	.99	12.83	1.05	0.00	38.13	5.96	5.41	36.61	87.17
5	3021O	10.23	0.00	1.99	.83	1.21	14.26	.98	0.00	36.54	5.82	5.37	37.03	85.74
6	3021S	6.71	0.00	4.76	1.25	.69	13.41	.87	0.00	35.70	8.88	8.73	32.41	86.59
7	3021R	0.15	0.00	4.95	1.18	.63	12.92	1.14	0.00	35.93	8.47	8.44	33.10	87.08
8	3021V	2.72	0.00	1.79	1.27	.30	6.08	.83	0.00	31.41	4.10	3.24	50.34	93.92
9	3021U	4.75	0.00	1.62	.38	.70	7.45	.86	0.00	50.18	8.57	7.60	25.34	92.55
10	3021T	2.21	0.00	1.13	.19	.02	3.55	.92	0.00	53.75	8.07	6.71	27.00	95.45
11	3020Y	2.72	0.00	1.79	1.27	.30	6.08	.83	0.00	31.41	4.10	3.24	50.34	93.92
12	3020C	5.43	0.00	.00	1.57	1.28	8.28	.63	0.00	35.09	4.81	3.04	48.15	91.72
13	3021W	1.94	0.00	2.57	1.28	.01	5.82	.76	0.00	28.81	3.71	2.98	57.93	94.18
14	3021Y	2.14	0.00	2.08	1.21	.01	6.36	.75	0.00	27.55	3.68	2.60	50.06	93.64
15	3021X	.86	0.00	.71	2.02	0.00	3.99	.51	0.00	17.95	2.59	2.14	72.82	96.01
16	3021Z	2.39	0.00	4.43	.67	.01	7.49	.89	0.00	32.37	4.07	2.87	52.31	92.51
17	3022A	.27	0.00	3.37	.83	0.00	4.47	1.04	0.00	35.65	5.10	3.37	50.36	95.53

TABLEAU 4.16 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (ETE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_1 = 0.055$, $C_T = 0.98$)														
		MOISSE	STATION	CHARGE MEASUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE								
		1	3021L	8098.99	7036.21	-12.15								
		2	3021A	434.43	301.65	-30.36								
		3	3021M	6900.28	6386.42	-7.42								
		4	3021P	6577.64	6572.37	-1.58								
		5	3021G	5863.75	6330.25	7.96								
		6	3021S	852.23	1415.70	66.12								
		7	3021R	1012.42	1445.93	42.75								
		8	3021V	2721.03	2337.81	-14.11								
		9	3021U	693.15	1024.72	47.84								
		10	3021T	343.53	944.36	146.23								
		11	3020Y	2538.77	2337.81	-7.92								
		12	3020C	388.16	513.94	32.40								
		13	3021W	2430.35	1786.07	-26.51								
		14	3021Y	2122.60	1654.22	-22.07								
		15	3021X	593.15	475.30	-19.87								
		16	3021Z	988.56	1095.04	10.77								
		17	3022A	1005.02	730.26	-27.37								
CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NOY	STATION	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS							
		AVEC EGOUT PHYS. LIQUR.		PLUJE	MAREE.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS. DETER.		ANIMAUX	ENGRAIS	PLUJE	FORFIS	TOTAL
1	3021L	26.65	0.00	6.04	2.91	6.57	44.18	.68	0.00	25.93	4.01	3.74	21.46	55.82
2	3021V	4.88	0.00	6.29	7.15	.42	12.73	.94	0.00	63.85	5.57	5.50	11.40	87.27
3	3021M	25.94	0.00	6.76	3.28	2.77	38.77	.71	0.00	26.76	4.26	3.87	25.63	61.23
4	3021P	27.36	0.00	6.76	2.96	2.92	40.00	.68	0.00	25.55	4.12	3.66	25.98	60.00
5	3021G	28.62	0.00	6.99	2.95	3.31	42.07	.63	0.00	24.08	3.97	3.55	25.69	57.93
6	3021S	14.97	0.00	15.25	4.32	1.94	41.49	.55	0.00	23.99	6.23	5.89	21.85	58.51
7	3021R	18.78	0.00	15.95	4.18	1.83	40.74	.71	0.00	24.33	6.04	5.78	22.41	59.26
8	3021V	16.09	0.00	7.46	5.12	1.00	23.86	.66	0.00	25.05	3.30	2.55	44.56	76.14
9	3021U	17.73	0.00	6.29	1.51	2.49	28.03	.66	0.00	38.75	6.71	5.82	20.03	71.97
10	3021T	9.89	0.00	4.92	.84	.09	15.70	.79	0.00	46.76	7.15	5.87	23.70	84.30
11	3020Y	10.08	0.00	7.66	5.12	1.00	23.86	.66	0.00	25.05	3.30	2.55	44.56	76.14
12	3020C	19.42	0.00	.01	6.28	4.54	30.24	.48	0.00	26.51	3.66	2.27	36.84	69.76
13	3021W	7.60	0.00	10.43	5.06	.03	23.12	.63	0.00	23.47	3.06	2.40	47.32	76.88
14	3021Y	8.05	0.00	11.62	4.78	.03	24.49	.61	0.00	22.34	3.01	2.12	47.43	75.51
15	3021X	3.71	0.00	2.94	10.27	0.00	16.92	.44	0.00	15.33	2.22	1.84	63.24	83.08
16	3021Z	6.53	0.00	16.34	2.43	.02	27.51	.70	0.00	25.46	3.26	2.27	40.80	72.69
17	3022A	1.14	0.00	13.80	3.45	0.00	18.41	.88	0.00	30.37	4.36	2.87	43.11	81.59

TABLEAU 4.17 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (AUTOMNE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_T = 0.050$, $C_T = 1.01$)												
	NUMERO	STATION	CHARGE		ERREUR RELATIVE							
			MESUREE	CALCULEE								
	1	3021L	8654,02	10613,45	22,54							
	2	3021R	434,48	247,06	-43,14							
	3	3021R	9149,97	8612,66	-5,87							
	4	3021R	8824,29	8004,63	-9,29							
	5	3021R	7221,21	6877,81	-4,76							
	6	3021S	926,34	1420,47	53,34							
	7	3021R	967,83	1522,36	57,33							
	8	3021Y	3169,56	2438,31	-23,07							
	9	3021U	930,61	949,93	2,08							
	10	3021T	465,35	838,85	80,26							
	11	3020Y	2797,05	2438,31	-12,83							
	12	3020C	583,64	455,44	-21,97							
	13	3021R	2381,19	1846,29	-22,46							
	14	3021Y	2007,79	1606,32	-20,00							
	15	3021X	839,45	418,43	-50,17							
	16	3021Z	586,12	1033,04	76,25							
	17	3022A	779,54	666,30	-14,53							

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT		PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT		ANIMAUX	ENGRATS	PLUIE	FORETS	TOTAL
PHYS.	DETER.	PHYS.	DETER.											
1	3021L	24,71	0,00	7,84	3,71	5,83	47,10	,60	0,00	23,31	3,76	3,38	21,86	52,90
2	3021R	6,14	0,00	,37	9,16	,53	16,20	,90	0,00	61,26	5,38	5,36	10,90	83,80
3	3021R	27,56	0,00	8,59	4,05	2,89	43,08	,62	0,00	24,04	3,97	3,50	24,79	56,92
4	3021R	28,49	0,00	8,60	3,78	2,98	43,86	,60	0,00	23,26	3,88	3,36	25,02	56,14
5	3021R	29,42	0,00	8,84	3,79	3,27	45,31	,56	0,00	22,19	3,78	3,29	24,86	54,69
6	3021S	21,20	0,00	17,43	5,32	1,94	45,89	,48	0,00	22,07	5,95	5,02	20,19	54,11
7	3021R	20,18	0,00	18,14	5,18	1,85	45,35	,60	0,00	22,32	5,80	5,34	20,60	54,65
8	3021Y	11,25	0,00	9,79	6,20	,99	28,23	,62	0,00	23,30	3,10	2,35	42,40	71,77
9	3021U	20,64	0,00	7,58	1,89	2,77	32,88	,60	0,00	35,90	6,31	5,35	18,97	67,12
10	3021T	12,48	0,00	6,09	1,04	,10	19,67	,75	0,00	44,40	6,92	5,59	22,68	80,33
11	3020Y	11,25	0,00	9,79	6,20	,99	28,23	,62	0,00	23,30	3,10	2,35	42,40	71,77
12	3020C	22,07	0,00	,01	7,94	5,12	35,15	,44	0,00	24,49	3,41	2,08	34,43	64,85
13	3021R	8,77	0,00	12,67	6,02	,03	27,48	,60	0,00	22,12	2,92	2,24	44,64	72,52
14	3021Y	9,12	0,00	13,79	5,73	,03	28,67	,58	0,00	21,22	2,88	2,02	44,62	71,33
15	3021X	4,56	0,00	3,49	12,52	0,00	20,57	,43	0,00	14,47	2,11	1,75	60,67	79,43
16	3021Z	4,50	0,00	18,99	3,21	,02	31,62	,66	0,00	24,08	3,13	2,17	38,33	68,38
17	3022A	1,44	0,00	16,44	4,17	0,00	22,05	,83	0,00	28,93	4,16	2,73	41,29	77,95

TABLEAU 4.18 : SIMULATION DES APPORTS EN AZOTE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (HIVER)

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_1 = 0.953$, $C_T = 0.98$)					
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERRFUR RELATIVE
	1	3021L	7007.94	6915.35	-1.25
	2	3021N	620.20	293.70	-52.64
	3	3021M	6478.61	6268.07	-26.07
	4	3021P	6567.43	6451.03	-1.77
	5	3021Q	5024.52	6217.42	14.62
	6	3021S	645.27	1390.22	115.45
	7	3021R	728.16	1419.57	94.95
	8	3021V	2718.56	2283.04	-16.02
	9	3021U	709.45	1002.03	41.24
	10	3021T	458.46	919.86	100.64
	11	3020Y	2554.04	2283.04	-10.61
	12	3020C	429.76	502.91	17.02
	13	3021W	2149.11	1743.82	-18.86
	14	3021Y	1745.59	1615.78	-10.01
	15	3021X	524.99	463.15	-11.78
	16	3021Z	1302.35	1070.62	-17.79
	17	3022A	1168.25	711.93	-39.06

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)

NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT PHYS.	EGOUT DETER.	PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS.	EGOUT DETER.	ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL
1	3021L	29.14	0.00	6.15	2.96	6.68	44.95	.67	0.00	25.57	3.96	3.69	21.16	55.05
2	3021N	5.01	0.00	.30	7.34	7.43	13.08	.94	0.00	63.59	5.54	5.48	11.36	86.92
3	3021M	26.46	0.00	6.89	3.34	2.82	39.52	.70	0.00	26.43	4.21	3.83	25.32	60.48
4	3021P	27.87	0.00	6.89	3.02	2.97	40.75	.68	0.00	25.23	4.07	3.62	25.65	59.25
5	3021Q	29.35	0.00	7.11	3.00	3.37	42.84	.62	0.00	23.77	3.92	3.51	25.35	57.16
6	3021S	20.34	0.00	15.53	4.40	1.98	42.25	.54	0.00	23.68	6.15	5.81	21.57	57.75
7	3021R	19.13	0.00	16.25	4.26	1.86	41.50	.70	0.00	24.02	5.96	5.70	22.12	58.50
8	3021V	10.33	0.00	7.84	5.25	1.02	24.44	.66	0.00	24.87	3.28	2.53	44.23	75.56
9	3021U	18.13	0.00	6.43	1.55	2.55	28.66	.65	0.00	38.41	6.65	5.77	10.85	71.34
10	3021T	10.11	0.00	5.05	.87	.09	16.12	.79	0.00	46.55	7.12	5.84	23.59	83.88
11	3020Y	10.33	0.00	7.84	5.25	1.02	24.44	.66	0.00	24.87	3.28	2.53	44.23	75.56
12	3020C	19.84	0.00	.01	6.42	4.64	30.91	.47	0.00	26.26	3.63	2.25	36.49	69.09
13	3021W	7.78	0.00	10.69	5.19	.03	23.68	.62	0.00	23.29	3.04	2.38	46.08	76.32
14	3021Y	8.20	0.00	11.90	4.90	.03	25.07	.61	0.00	22.17	2.96	2.10	47.06	74.93
15	3021X	3.80	0.00	3.02	10.54	0.00	17.36	.44	0.00	15.25	2.21	1.83	62.90	82.64
16	3021Z	8.72	0.00	16.71	2.69	.02	28.14	.69	0.00	25.24	3.23	2.26	40.44	71.86
17	3022A	1.10	0.00	14.16	3.53	0.00	18.89	.87	0.00	30.20	4.33	2.85	42.86	81.11

TABLEAU 4.19 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (ANNEE).

PRECISION DE LA SIMULATION (C _T = 0.020, C _T = 1.03)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3021L	2065,78	1309,78	-36,60	
	2	3021N	74,21	46,53	-37,30	
	3	3021M	629,60	943,29	49,82	
	4	3021P	711,17	820,50	15,37	
	5	3021O	612,37	640,84	4,65	
	6	3021S	128,05	143,00	11,68	
	7	3021R	82,52	136,48	65,38	
	8	3021V	264,23	136,13	-48,48	
	9	3021U	79,08	68,42	-13,49	
	10	3021T	25,51	54,07	111,94	
	11	3020Y	154,61	136,13	-11,95	
	12	3020C	24,65	34,00	37,93	
	13	3021W	83,40	88,68	6,33	
	14	3021Y	123,69	70,54	-42,97	
	15	3021X	21,51	21,80	1,35	
	16	3021Z	49,48	30,85	-37,65	
	17	3022A	88,97	22,58	-74,63	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)

NUM	STATION	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS							
		AVERT. PHYS.	EGOUT DETER.	PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS.	ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL	
1	3021L	31,24	8,89	,65	0,00	24,52	65,31	,22	,06	16,94	8,49	,14	8,83	34,69
2	3021N	3,44	,98	,02	0,00	50,34	54,78	,20	,06	34,82	7,49	,14	2,51	45,22
3	3021M	29,94	8,52	,70	0,00	24,32	63,49	,23	,07	17,09	8,93	,14	10,04	36,51
4	3021P	30,50	8,70	,68	0,00	24,84	64,82	,23	,06	16,19	8,55	,14	10,01	35,18
5	3021O	31,58	8,98	,71	0,00	25,22	66,49	,21	,06	15,16	8,02	,13	9,93	33,51
6	3021S	17,64	5,03	1,10	0,00	55,09	78,89	,12	,03	9,12	6,96	,13	4,76	21,11
7	3021R	17,24	4,91	1,26	0,00	53,83	77,27	,17	,05	9,98	7,16	,14	5,24	22,73
8	3021V	18,90	5,40	1,26	0,00	6,78	32,43	,36	,10	25,85	12,62	,17	28,47	67,57
9	3021U	25,40	7,25	,94	0,00	7,01	40,70	,27	,08	31,29	17,91	,29	9,47	59,30
10	3021T	14,35	4,08	,68	0,00	1,13	20,23	,37	,11	44,54	21,90	,33	12,52	79,77
11	3020Y	18,90	5,40	1,26	0,00	6,78	32,43	,36	,10	25,85	12,62	,17	28,47	67,57
12	3020C	19,70	8,73	,00	0,00	0,00	39,43	,25	,07	26,55	12,75	,14	20,80	60,57
13	3021W	15,22	4,33	1,82	0,00	9,81	31,17	,34	,10	24,30	12,08	,16	31,85	68,83
14	3021Y	15,98	4,54	2,00	0,00	11,28	33,80	,32	,09	22,29	11,63	,14	31,74	66,20
15	3021X	9,52	2,71	,84	0,00	0,00	13,08	,36	,10	22,02	11,05	,17	53,22	86,92
16	3021Z	19,16	5,45	3,43	0,00	7,97	36,00	,36	,10	26,15	13,73	,14	23,52	64,00
17	3022A	2,41	,69	3,17	0,00	0,00	6,26	,56	,16	37,78	25,31	,22	29,72	93,74

TABLEAU 4.20 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (PRINTEMPS).

PRECISION DE LA SIMULATION (C ₁ = 0.045, C _T = 1.02)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3021L	5061.36	1576.10	-73.11	
	2	3021N	109.31	72.27	-33.89	
	3	3021M	961.94	1199.24	24.67	
	4	3021P	919.00	1067.98	16.16	
	5	3021U	1154.00	855.95	-24.53	
	6	3021S	245.97	176.30	-28.33	
	7	3021R	168.76	167.89	-.53	
	8	3021V	618.99	235.02	-62.03	
	9	3021U	197.02	115.39	-41.55	
	10	3021T	59.40	104.97	74.72	
	11	3020Y	243.33	235.02	-3.41	
	12	3020C	57.52	58.68	2.01	
	13	3021W	131.11	154.46	17.81	
	14	3021Y	304.54	123.14	-59.57	
	15	3021X	25.73	44.17	71.67	
	16	3021Z	92.59	53.47	-42.25	
	17	3022A	291.15	47.10	-83.82	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS							
		AVEC EGOUT PHYS. DETER.		PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS. DETER.		ANIMAU	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL
1	3021L	22.37	6.36	.44	0.00	17.28	46.45	.35	.10	26.53	15.17	.22	13.22	53.55
2	3021N	2.10	.42	.02	0.00	32.10	34.63	.29	.08	50.13	10.75	.20	3.62	65.07
3	3021M	21.02	5.98	.07	0.00	16.88	44.34	.36	.10	26.31	13.63	.22	15.03	55.66
4	3021P	21.80	6.20	.46	0.00	17.51	45.97	.35	.10	25.07	15.13	.21	15.16	54.03
5	3021S	22.93	6.52	.48	0.00	18.14	48.08	.33	.09	23.68	12.40	.20	15.22	51.92
6	3021S	14.14	4.02	.86	0.00	44.67	63.70	.20	.06	15.77	11.84	.23	8.20	36.30
7	3021R	13.52	3.86	.27	0.00	42.90	61.32	.30	.09	17.09	12.02	.24	8.95	38.68
8	3021V	10.51	2.99	.67	0.00	3.70	17.87	.44	.12	31.63	15.53	.21	34.40	82.13
9	3021U	14.81	4.21	.54	0.00	4.11	23.66	.34	.10	40.38	23.03	.38	12.11	76.34
10	3021T	7.15	2.03	.34	0.00	.56	10.08	.42	.12	50.30	24.61	.37	14.09	89.92
11	3020Y	10.51	2.99	.67	0.00	3.70	17.87	.44	.12	31.63	15.53	.21	34.40	82.13
12	3020C	17.74	5.05	.00	0.00	0.00	22.79	.32	.09	33.90	16.25	.18	26.46	77.21
13	3021W	6.27	2.35	.98	0.00	5.42	17.02	.41	.12	29.40	14.51	.20	38.35	82.98
14	3021Y	4.49	2.53	1.10	0.00	6.40	18.93	.39	.11	27.33	14.17	.17	38.91	81.07
15	3021X	4.58	1.40	.41	0.00	0.00	6.29	.39	.11	23.82	11.92	.19	57.28	73.71
16	3021Z	10.80	3.10	1.93	0.00	4.55	20.48	.44	.13	32.54	16.92	.17	29.33	79.52
17	3022A	1.11	.32	1.48	0.00	0.00	2.90	.58	.17	39.16	26.21	.22	30.75	97.10

TABLEAU 4.21 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (ETE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_T = 0.005$, $C_T = 1.005$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3021L	742.31	603.90	-18.65	
	2	3021A	45.44	29.90	-34.77	
	3	3021M	451.71	474.62	5.07	
	4	3021P	468.36	469.78	.30	
	5	3021Q	442.82	426.46	-3.69	
	6	3021S	70.72	117.66	66.38	
	7	3021R	63.94	104.38	63.25	
	8	3021V	110.75	56.81	-48.70	
	9	3021U	27.59	39.39	28.28	
	10	3021T	13.88	19.86	43.06	
	11	3020Y	107.29	56.81	-47.05	
	12	3020C	5.57	18.12	225.34	
	13	3021A	48.66	36.20	-25.61	
	14	3021Y	42.58	32.30	-24.14	
	15	3021X	12.60	6.98	-44.63	
	16	3021Z	21.15	14.97	-29.20	
	17	3022A	10.69	5.97	-44.20	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	AVEC EGOUT		APPORTS REELS				SANS EGOUT		APPORTS POTENTIELS				
		PHYS.	DETER.	PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	PHYS.	DETER.	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL	
1	3021L	43.58	12.40	.75	0.00	32.55	89.28	.07	.02	5.47	2.64	.04	2.47	10.72
2	3021A	5.19	1.48	.04	0.00	76.05	82.76	.08	.02	13.30	2.83	.05	.96	17.24
3	3021M	42.31	12.03	.84	0.00	33.14	88.32	.08	.02	5.63	2.86	.05	3.03	11.68
4	3021P	42.74	12.16	.79	0.00	33.48	89.18	.07	.02	5.11	2.63	.04	2.95	10.82
5	3021Q	43.39	12.34	.79	0.00	33.64	90.17	.06	.02	4.56	2.34	.04	2.81	9.83
6	3021S	20.68	5.98	1.18	0.00	66.89	94.63	.03	.01	2.36	1.71	.03	1.22	5.37
7	3021R	20.49	5.83	1.41	0.00	66.28	94.00	.05	.01	2.69	1.81	.04	1.40	6.00
8	3021V	39.79	11.32	2.32	0.00	13.62	67.05	.18	.05	12.85	6.15	.08	13.62	32.95
9	3021U	46.36	13.19	1.62	0.00	13.06	74.23	.12	.03	13.70	7.76	.13	4.03	25.77
10	3021T	35.43	10.08	1.67	0.00	2.80	49.99	.24	.07	28.08	13.61	.21	7.81	50.01
11	3020Y	39.79	11.32	2.32	0.00	13.62	67.05	.18	.05	12.85	6.15	.08	13.62	32.95
12	3020C	57.18	16.26	.00	0.00	0.00	73.45	.11	.03	11.70	5.58	.06	9.06	26.55
13	3021A	31.65	9.00	3.64	0.00	21.38	65.67	.17	.05	12.25	5.95	.08	15.82	34.33
14	3021Y	32.03	9.11	3.87	0.00	23.96	68.97	.15	.04	10.49	5.37	.06	14.92	31.03
15	3021X	27.53	7.63	2.50	0.00	0.00	37.86	.26	.07	15.91	7.92	.12	37.86	62.14
16	3021Z	37.78	10.75	6.60	0.00	15.45	71.07	.16	.05	11.87	6.04	.06	10.75	28.93
17	3022A	8.10	2.30	11.04	0.00	0.00	21.45	.47	.13	31.72	21.19	.18	24.85	78.55

TABLEAU 4.22 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (AUTOMNE).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_T = 0.011$, $C_T = 1.04$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	30210	1192.45	1304.98	9.44	
	2	30210	63.92	37.39	-41.51	
	3	30210	659.14	494.87	-35.76	
	4	30210	862.88	755.30	-12.47	
	5	30210	491.01	570.05	16.10	
	6	30215	147.95	130.98	-11.47	
	7	30216	70.85	126.37	78.36	
	8	30217	205.75	100.73	-51.04	
	9	30210	60.17	51.53	-14.36	
	10	30211	20.89	35.70	70.90	
	11	3020Y	154.58	100.73	-35.01	
	12	30200	23.01	25.02	8.75	
	13	30210	82.79	65.05	-21.42	
	14	3021Y	79.08	51.43	-34.96	
	15	3021X	32.09	13.66	-57.43	
	16	3021Z	27.76	22.62	-18.59	
	17	3022A	33.73	13.50	-59.75	

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS					APPORTS POTENTIELS							
		AVEC EGOUT PHYS.	EGOUT LETIF.	PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS.	PETER.	ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL
1	30210	36.40	10.38	.81	0.00	29.04	76.72	.15	.04	11.21	5.69	.09	6.10	23.28
2	30210	4.32	1.23	.03	0.00	63.26	68.64	.14	.04	23.98	5.18	.10	1.73	31.16
3	30210	55.58	10.06	.88	0.00	29.05	75.37	.16	.04	11.41	6.02	.10	6.90	24.63
4	30210	35.83	10.19	.95	0.00	29.42	76.30	.15	.04	10.82	5.76	.09	6.84	23.70
5	30210	36.80	10.42	.87	0.00	29.52	77.45	.14	.04	10.12	5.41	.09	6.76	22.55
6	30215	19.55	5.46	1.26	0.00	60.17	86.50	.07	.02	5.78	4.48	.09	3.03	13.46
7	30216	14.26	5.48	1.44	0.00	59.29	85.48	.11	.03	6.34	4.63	.09	3.34	14.52
8	30217	26.88	7.65	1.85	0.00	9.71	46.09	.28	.08	20.50	10.07	.13	22.85	53.91
9	30210	34.56	9.23	1.30	0.00	9.42	55.12	.20	.06	23.62	13.57	.22	7.21	44.88
10	30211	22.47	6.19	1.26	0.00	1.75	31.67	.32	.09	38.08	16.82	.28	10.74	62.33
11	3020Y	25.88	7.65	1.85	0.00	9.71	46.09	.28	.08	20.50	10.07	.13	22.85	53.91
12	30200	21.81	11.29	.80	0.00	0.00	53.71	.17	.05	20.25	9.75	.11	15.93	46.25
13	30210	21.90	6.23	2.85	0.00	13.90	44.67	.27	.08	19.46	9.75	.13	25.63	35.33
14	3021Y	22.55	6.41	2.85	0.00	15.63	47.44	.25	.07	17.68	9.28	.11	25.17	32.56
15	3021X	15.02	0.04	1.35	0.00	0.00	21.41	.32	.09	19.83	9.98	.16	48.20	78.59
16	3021Z	25.52	7.54	4.75	0.00	10.98	49.82	.28	.08	20.48	10.86	.11	18.38	50.16
17	3022A	-0.16	1.18	5.41	0.00	0.00	10.76	.53	.15	35.94	24.10	.21	28.32	89.24

TABLEAU 4.23 : SIMULATION DES APPORTS EN PHOSPHORE - BASSIN DE LA RIVIERE SAINT-FRANCOIS (HIVER).

PRECISION DE LA SIMULATION ($C_I = 0.0335$, $C_T = 0.905$)						
	NUMERO	STATION	CHARGE MESUREE	CHARGE CALCULEE	ERREUR RELATIVE	
	1	3021L	267,63	244,70	-8,57	
	2	3021N	40,50	54,78	+31,95	
	3	3021M	398,37	243,85	-38,79	
	4	3021P	539,19	326,36	-39,47	
	5	3021Q	351,90	424,66	+20,68	
	6	3021S	25,58	133,01	+419,97 ¹	
	7	3021R	16,01	100,45	+527,81 ¹	
	8	3021V	100,09	94,85	-5,24	
	9	3021U	23,81	66,44	+179,06 ¹	
	10	3021T	4,71	59,73	+1168,14 ¹	
	11	3020Y	103,33	94,85	-8,21	
	12	3020C	10,06	39,02	+287,86 ¹	
	13	3021W	68,35	59,99	-12,23	
	14	3021Y	64,31	60,28	-6,27	
	15	3021X	12,32	24,09	+95,55	
	16	3021Z	62,03	28,89	-53,43	
	17	3022A	15,06	22,12	+46,89	

¹ Exclus de la simulation

CONTRIBUTIONS RELATIVES (EN %)														
NUM	STATION	APPORTS REELS						APPORTS POTENTIELS						
		AVEC EGOUT PHYS. DETER.		PLUIE	MAREC.	INDUST.	TOTAL	SANS EGOUT PHYS. DETER.		ANIMAUX	ENGRAIS	PLUIE	FORETS	TOTAL
1	3021L	31,00	8,84	.38	0,00	19,09	59,40	.31	.09	23,42	10,53	.19	6,07	40,60
2	3021N	2,56	.73	.02	0,00	37,57	40,88	.27	.08	45,84	9,43	.17	3,34	59,12
3	3021M	28,03	7,07	.39	0,00	18,93	55,33	.34	.10	23,44	11,21	.20	9,39	44,67
4	3021P	31,23	8,88	.33	0,00	21,09	61,52	.30	.08	19,30	9,53	.16	9,11	38,48
5	3021Q	34,10	9,70	.32	0,00	23,72	67,84	.25	.07	15,96	7,57	.14	8,18	32,16
6	3021S	16,68	4,75	.73	0,00	56,99	81,15	.14	.04	8,86	5,76	.12	4,44	18,85
7	3021R	15,90	4,52	.93	0,00	56,23	77,60	.26	.07	10,70	5,76	.13	5,48	22,40
8	3021V	16,36	4,65	.60	0,00	4,56	26,17	.43	.12	30,70	14,00	.21	28,36	73,83
9	3021U	20,68	5,88	.59	0,00	6,16	33,31	.32	.09	36,35	19,89	.35	9,69	66,69
10	3021T	8,94	2,54	.41	0,00	.69	12,58	.43	.12	49,88	23,22	.36	13,40	87,42
11	3020Y	16,36	4,65	.60	0,00	4,56	26,17	.43	.12	30,70	14,00	.21	28,36	73,83
12	3020C	25,97	7,39	.00	0,00	0,00	33,36	.29	.08	29,94	13,92	.16	22,25	66,64
13	3021W	11,31	3,22	1,16	0,00	8,80	24,49	.37	.11	28,11	12,75	.20	33,97	75,51
14	3021Y	13,15	3,74	1,43	0,00	11,81	30,13	.33	.09	23,98	11,59	.14	33,74	69,87
15	3021X	6,10	1,75	.63	0,00	0,00	8,51	.37	.11	24,22	11,76	.18	54,85	91,49
16	3021Z	17,04	4,85	2,82	0,00	7,48	32,18	.37	.11	28,22	12,73	.14	26,25	67,82
17	3022A	1,47	.42	2,28	0,00	0,00	4,16	.60	.17	38,92	25,61	.22	30,32	95,84

TABLEAU 4.24: ESSAI DE CLASSIFICATION DES ANOMALIES AUS STATIONS.

ERREUR RELATIVE $\frac{\text{valeur calculée} - \text{valeur mesurée}}{\text{valeur mesurée}}$		variabilité saisonnrière de l'erreur	élément nutritif en cause	Causes possibles
positive	négative			
valeur calculée sur-estimée	valeur calculée sous-estimée	systématique	N + P	1 drainage mal défini 2 densité extrême d'utilisation (C_1 erroné) 3 erreur d'affectation des statistiques (petits bassins) 4 industries mal évaluées
			P	5 coefficient de rétention des lacs non adéquat
			N	6 saisonnalité du cycle assimilation (sédimentation non prise en compte)
ou				
valeur mesurée sous-estimée	valeur mesurée sur-estimée	occasionnelle	N ou P	7 erreur d'analyse (P) 8 débit massique mal évalué
		systématique	N + P	9 mauvaise génération de débit

TABLEAU 4.25: REDUCTION, LE LONG DE LA RIVIERE YAMASKA, DU DEBIT MASSIQUE D'AZOTE¹, CAUSEE PAR UN TRAITEMENT, A 95%, DES REJETS DES VILLES DE WATERLOO ET DE GRANBY.

Numéro de Station	année			printemps			été			automne			hiver		
	Avant	Après	%	Avant	Après	%	Avant	Après	%	Avant	Après	%	Avant	Après	%
03031R	203	106	48	305	208	32	171	73	57	164	67	59	168	70	58
03031C	1314	579	56	1948	1201	38	1059	351	67	1068	343	68	1125	386	66
03031H	3883	3079	21	7116	6239	12	2404	1777	26	2627	1892	28	3051	2219	27
03031B	5153	4300	17	10064	9088	9.7	2860	2282	20	3263	2520	23	3973	3073	23
03031A	9734	8856	9.0	20438	19409	5.0	4967	4413	11	5732	4985	13	7173	6237	13
03030D	11197	10266	8.3	23917	22771	4.8	5318	4807	9.6	6539	5784	11	8538	7526	12
03031Z	14756	13708	7.1	34330	32912	4.1	5678	5244	7.6	7874	7104	9.8	11415	10231	10
03031L	16849	15736	6.6	40751	39172	3.9	5933	5532	6.8	8638	7861	9	13126	11845	9.8

¹ Exprimé en kg j⁻¹.

TABLEAU 4.26: REDUCTION, LE LONG DE LA RIVIERE YAMASKA, DU DEBIT MASSIQUE DE PHOSPHORE¹, CAUSEE PAR UN TRAITEMENT, A 95%, DES REJETS DES VILLES DE WATERLOO ET DE GRANBY.

Numéro de Station	année			printemps			été			automne			hiver		
	Avant	Après	%	Avant	Après	%	Avant	Après	%	Avant	Après	%	Avant	Après	%
03031R	18	4	78	23	8	65	16	2.3	86	16	1.7	89	17	3.2	81
03031C	197	41	79	243	86	65	177	22	88	173	17	90	185	30	84
03031H	383	228	41	654	488	25	265	121	54	262	100	62	287	155	46
03031B	504	349	31	953	780	18	310	173	44	308	143	54	345	225	35
03031A	1043	889	15	2076	1900	8.5	615	482	22	589	423	28	702	588	16
03030D	1210	1055	13	2372	2189	7.8	733	607	17	747	577	23	788	686	13
03031Z	1453	1299	11	3138	2939	6.3	779	665	15	868	692	20	800	717	10
03031L	1589	1435	9.7	3574	3367	5.8	808	700	13	936	757	19	817	742	9.2

¹ Exprimé en kg j⁻¹.

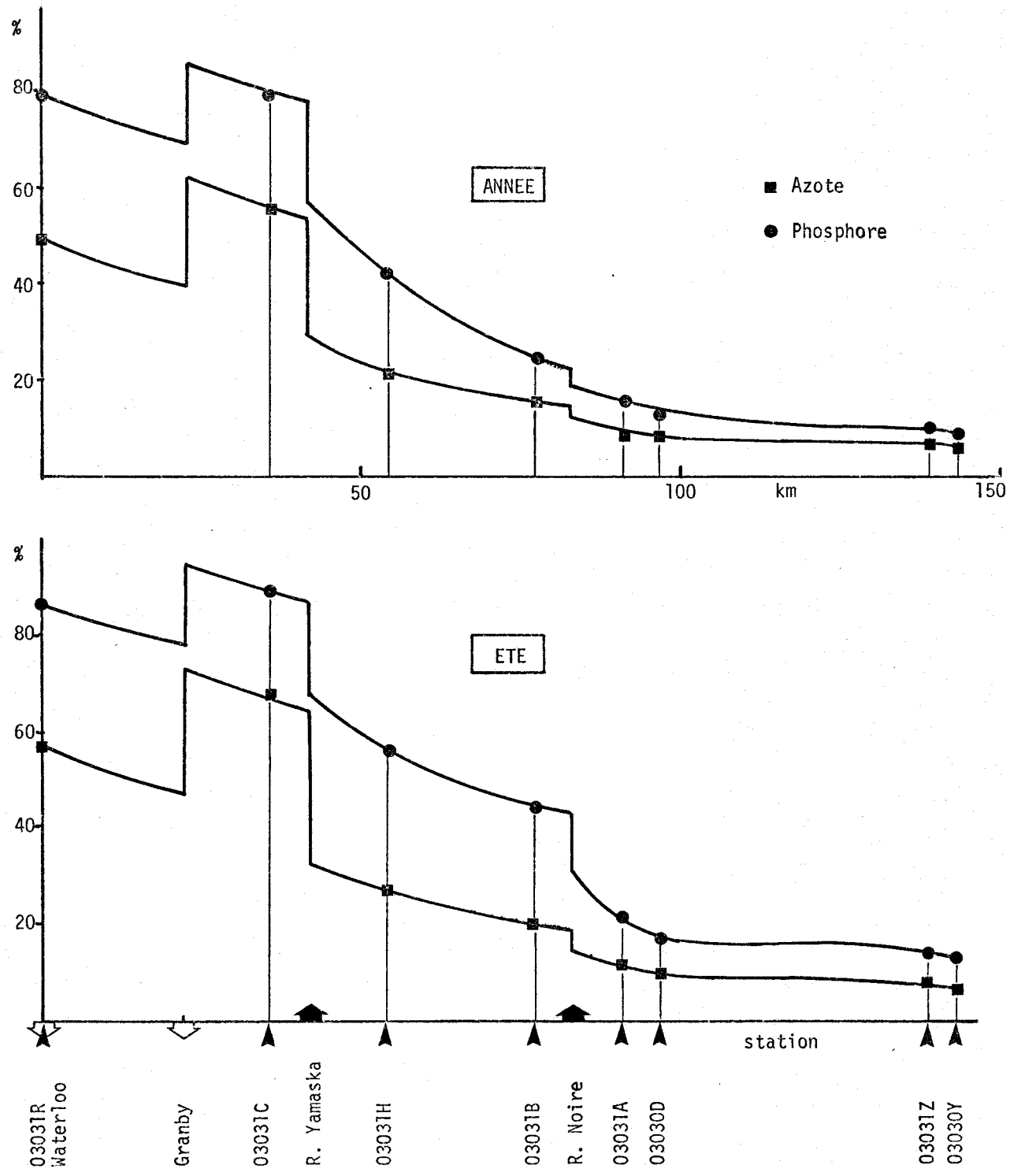


Figure 4.1. Profil en long de la réduction des charges transitées.

5. RESUME ET CONCLUSIONS

. A partir d'hypothèses simples, concernant l'origine et le transport des éléments nutritifs, le modèle d'apports permet de relier, à l'échelle du bassin versant, les *causes* (l'intensité et la distribution spatiale de l'utilisation du territoire considéré) aux *conséquences* (l'enrichissement des eaux de surface) dans le temps et dans l'espace. Contrairement aux modèles traditionnels de qualité de l'eau, cette approche ne s'intéresse pas à l'évolution de la teneur en oxygène dissous dans l'eau, phénomène très important en climat tempéré, mais qui n'est pas critique au Québec.

. En l'absence de toute mesure sur le terrain et sans définition de grille, la connaissance des statistiques générales d'utilisation du territoire permet une évaluation de la charge annuelle transitée. Si l'on s'intéresse à la variabilité temporelle, il est alors nécessaire de définir un découpage cartographique et de distribuer, sur ce découpage, les statistiques d'utilisation du territoire. Un échantillonnage de contrôle est alors nécessaire pour calibrer le modèle.

. Le modèle d'apports constitue un *outil en voie de développement*; il peut être amélioré, à mesure que des progrès seront réalisés dans l'évaluation des effluents industriels, de l'effet de rétention causé par les lacs, et dans la connaissance de la variabilité temporelle des apports spécifiques des utilisateurs du territoire. Malgré ses faiblesses, il semble bien adapté au problème d'eutrophisation des eaux de surface du Québec, permet d'évaluer l'origine des charges ainsi que la responsabilité des usagers de la ressource et, finalement, rend possible la simulation, à l'échelle du bassin, des conséquences de modifications de l'utilisation du territoire et des mesures de restauration de la qualité de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

- BORMANN, F.H. et LIKENS, G.E. (1967).
Nutrient cycling. *Science*, 155: 424-429.
- CLUIS, D., COUILLARD, D. et POTVIN, L. (1973).
Planification de l'acquisition des données de qualité de l'eau au Québec.
Tome 4: Utilisation du territoire et modèle d'apports. Ministère des Richesses naturelles du Québec, rapport Q.E.9.
- COUILLARD, D. et CLUIS, D. (1974).
Compilation de certains rejets industriels: bilan des polluants. INRS-Eau, rapport scientifique no 47, 246 p.
- DILLON, P.J. et KIRCHNER, N.B. (1975).
The effects of geology and land use on the export of phosphorus from watersheds. *Wat. Research*, 9(2): 135-148.
- DILLON, P.J. et RIGLER, F.H. (1975).
A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. *Jour. Fish. Res. Board Can.*, 32(9): 1519-1531.
- ENVIRONNEMENT CANADA. (1973).
Guide to Data Holdings - 3.0 Hydrologic Square Grid System - Electronic data processing committee. Environnement Canada.
- EPA. (1974).
Relationships between drainage area characteristics and non-point sources in streams. National Eutrophication Survey Staff. Report NERC-EPA, 50 p.
- GIRARD, G. (1970).
Essai pour un modèle hydropluviométrique conceptuel et son utilisation au Québec - Cahier ORSTOM, Série Hydrologie, 7(2): 85-116.
- GIRARD, G., CHARBONNEAU, R. et MORIN, G. (1972).
Modèle hydrophysiographique. Symposium international sur les techniques des modèles mathématiques appliqués aux systèmes de ressource en eau. Proceedings, p. 190-204. Environnement Canada.
- KIRCHNER, W.B. (1975).
An examination of the relationship between drainage basin morphology and the export of phosphorus. *Limnol. Oceanog.*, 20(2): 267-270.
- MRN-INRS. (1974).
Planification de l'acquisition des données de qualité de l'eau au Québec. Tome 5: Présentation de la méthode - Min. des Richesses naturelles. Service qualité des eaux - Q.E.10.
- PATALAS, K. et SALKI, A. (1973).
Crustacean plankton and the eutrophication of lakes in the Okanagan Valley, B.C. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30: 519-542.

- QUEBEC. BUREAU DE LA STATISTIQUE. (1971).
Renseignements Statistiques 1971. Municipalités du Québec. Bureau de la Statistique du Québec, Service des Finances.
- SCOTT'S. (1975).
Répertoire industriel du Québec. 7e édition. Penstock Publications Ltd.
- SEBERT, L.M. (1972).
Chaque pouce carré - La projection universelle transverse de Mercator (système UTM). Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources, Canada.
- SOLOMON, S.I. (1972).
Joint Mapping. Casebook of hydrological network design practise - WMO publication no 342 - 111-2.1.
- STATISTIQUE CANADA. (1971).
Recensement du Canada - Population Québec, 1(1).
- STATISTIQUE CANADA. (1971).
Recensement du Canada - Agriculture Québec, 4(2).
- TAYLOR, A.W., EDWARDS, W.M. et SIMPSON, E.C. (1971).
Nutrients in streams draining woodland and farmland near Coshocton, Ohio. Wat. Res. Res., 7(1): 81-89.
- UTTOMARK, P.D., CHAPIN, J.D. et GREEN, K.M. (1974).
Estimating nutrient loading of lakes from non-point sources. Report EPA 660/3-74-020, 112 p.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1968).
Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. OCDE, Paris, rapport DAS/CSI/68.27, p. 95-148.
- VOLLENWEIDER, R.A. et DILLON, P.J. (1974).
Application du concept de la vitesse d'apport de phosphore par unité de surface à la recherche sur l'eutrophisation. Conseil national de recherches du Canada. Rapport CNRC 13691, 44 p.

DOCUMENTATION ADDITIONNELLE

BAUMANN, E.R. et KELMAN, S. (1971).

Sources and contributions of nitrogen and phosphorus to an Iowa stream. 26th Industrial Waste Conference, Proceedings. Purdue Univ., p. 54-64.

CAHILL, T.H., IMPERATO, P. et VERHOFF, F.H. (1974).

Evaluation of phosphorus dynamics in a watershed. Journal of Environmental Engineering Division, ASCE, 100(EE2): 439-458.

OWENS, M., GARLAND, J.H.N., HART, I.C. et WOOD, G. (1972).

Nutrient budget in rivers. Symp. Zool. Soc. Land., 29: 21-40.

SNODGRASS, W.J. et O'MELIA, C.R. (1975).

Predictive model for phosphorus in lakes. Environ. Sci. and Technol., 9(10): 937-944.

ANNEXE A

Bibliographie des apports spécifiques

- 1- METCALF and EDDY INC. (1972).
Wastewater engineering. McGraw-Hill, 782 p.
- 2- CLUIS, D., COUILLARD, D. et POTVIN, L. (1974).
Planification de l'acquisition des données de qualité de l'eau au Québec.
Tome 4: Utilisation du territoire d'un bassin et modèle d'apports. INRS-Eau, rapport technique no 35, 135 p.
- 3- VOLLENWEIDER, R.A. (1968).
Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. OCDE, Paris, rapport DAS/CSI/68.27, p. 95-148.
- 4- SYMONS, J.M. (1971).
Urban sources of nitrates. U.S. Public Health Service, Pub. 71-ITB-0037, p. 78-85.
- 5- LOEHR, R.C. (1972).
Agricultural runoff - characteristics and control. Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE, 98(SA6): 909-925.
- 6- MARTIN, E.J. et WEINBERGER, L.W. (1966).
Eutrophication and water pollution. The University of Michigan, Great Lakes Research Division, Pub. 15, p. 451-469.
- 7- ALLEN, H.E. et KRAMER, J.R. ().
Nutrients in natural waters. John Wiley and Sons.
- 8- MINSHALL, N.E. et WITZEL, S.A. (1970).
Stream enrichment from farm operations. Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE, 96(SA2): 513-524.
- 9- LARSON, C.L. et al. (1969).
Water pollution by nutrients - sources, effects and control. WRRRC Bulletin 13, Minnesota Water Resources Research Center, 79 p.
- 10- VITOSH, M.L., DAVIS, J.F. et KNEZCK, B.D. (1973).
Long-term effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monoculture corn system. J. Environ. Quality, 2(2): 296-299.
- 11- AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. (1973).
Agron. Abstracts, 1973 Annual Meeting, Las Vegas, p. 179-184.
- 12- KING, L.D. et MORRIS, H.D. (1972).
Land disposal of liquid sewage sludge: III. The effect on soil nitrate. J. Environ. Quality, 1(4): 442-446.
- 13- CRABTREE, K.T. (1972).
Nitrate and nitrite variation in ground water. Dept. of Natural Resources, Madison, Wisconsin, Technical Bulletin No. 58, 22 p.

- 14- BABER, H.L. et WILSON, A.T. (1972).
Nitrate pollution of groundwater in the Waikato region. *Chemistry in New Zealand*, 36(6): 179-183.
- 15- NELSON, L.B. (1970).
Research needed to resolve the plant nutrient-water quality issue. *Soil Science Society, Annual Special Pub. 4*, p. 75-81.
- 16- JONES, G.D. et ZWERMAN, P.J. (1972).
Rates and timing of nitrogen fertilization in relation to nitrate-nitrogen outputs and concentrations in the water from interceptor tile drains. *Search Agriculture, Agronomy 1*, 2(6): 1-31.
- 17- SADLER, J.M. (1967).
The effect of time and rate of N fertilization of corn on the nitrogen balance in some Quebec soils. M. Sc. Thesis, McGill University, 88 p., app.
- 18- KURTZ, L.T. et SMITH, G.E. ().
Nitrogen fertility requirements. *Advances in corn production*. p. 195-235.
- 19- AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. (1972).
Agron. Abstracts, 1972 Annual Meeting, Miami Beach, p. 127-136, 175-189.
- 20- NIGHTINGALE, H.I. (1972).
Nitrates in soil and ground water beneath irrigated and fertilized crops. *Soil Science*, 114 (4): 300-311.
- 21- KOHL, D.H., SHEARER, G.B. et COMMONER, B. (1972).
Fertilizer nitrogen: contribution to nitrate in surface water in a corn belt watershed. *Science*, 174: 1331-1334.
22. STANFORD, G., ENGLAND, C.B. et TAYLOR, A.W. (1970).
Fertilizer use and water quality. U.S. Dept of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS 41-168, 19 p.
- 23- ANONYME. (1972).
Controversy builds over fertilizer runoff. *C. and En.*, Jan., p. 17-18.
- 24- PREUL, H.C. (1972).
Underground pollution analysis and control. *Water Research*, 6: 1141-1154.
- 25- GILBERTSON, G.B. et al. (1970).
The effect of animal density and surface slope on characteristics of runoff, solid wastes and nitrate movement on unpaved beef feedlots. University of Nebraska, College of Agriculture and Home Economics, 23 p.
- 26- LAW, J.P. Jr, et BERNARD, H. (1970).
Impact of agricultural pollutants on water users. *Transactions of the ASAE*, 13(4): 474-478.
- 27- LORIMOR, J.C. et al. (1972).
Nitrate concentrations in groundwater beneath a beef cattle feedlot. *Water Resources Bulletin*, 8(5): 999-1005.
- 28- ANONYME. (1973).
Nitrogen in key element for high corn yields. *Crops and Soils*, 25(6): 25.

- 29- WANG, W.C. et EVANS, R.L. (1970).
Nutrients and wuality in impounded water. Jour. AWWA, 62: 510-514.
- 30- KURTZ, L.T. (1970).
The fate of applied nutrients in soils. Agr. food Chem., 18(5): 773-774.
- 31- ANONYME. (1971).
Bibliography on loss of nitrogen fertilizer by leaching (1970-1965). Commonwealth Bureau of Soils, Serial No. 1458, 14 p.
- 32*- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1971).
Agricultural pollution of the Great Lakes basin. EPA, Water Quality Office, Report 13020-7/71, p.m.
*(32A: Partie américaine; 32B: Partie canadienne).
- 33- LIN, S. (1972).
Nonpoint rural sources of water pollution. Illinois State Water Survey, Circular III, 36 p.
- 34- ANONYME. (1971).
Animal Waste Management, Proceedings of National Symposium on Animal Waste Management, 205 p.
- 35- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1971).
Role of animal wastes in agricultural land runoff. USEPA, Water Pollution Control Research Series, 13020 DGX 08/71, 103 p.
- 36- MINER, J.R., ed. (1971).
Form animal - waste management. North Central Regional Publication 206, 44p.
- 37- WILLIFORD, J.W. et CARDON, D.R. (1971).
Possibility of reducing nitrogen in drainage water by on form practices. Agricultural Wastewater Stidues, Report No. REC-R2-71-11, 83 p.
- 38- WEBBER, L.R. (1971).
Nitrogen inputs to groundwater from livestock wastes. Comptes rendus du symposium international pour l'identification et la mesure des polluants. Ottawa, p. 110-114.
- 39- FRINK, C.R. (1971).
The role of soil phosphates in water pollution. Comptes rendus du symposium international pour l'identification et la mesure des polluants. Ottawa, p. 115-118.
- 40- KEENEY, D.R. et GARDNER, W.R. (1970).
The dynamics of nitrogen transformation in the soil. AAAS Symposium, p. 96-103.
- 41- LINVILLE, K.W. et SMITH, G.E. (1971).
Nitrate content of soil cores from corn plots after repeated nitrogen fertilization. Soil Science, 112(4): 249-255.
- 42- MOE, P.G., MANNERING, J.V. et JOHNSON, C.B. (1967).
Loss of fertilizer nitrogen in surface runoff water. Soil Science, 104(6): 389-394.

- 43- BOONE, L.V. et WELCH, L.F. (1972).
The more nitrogen in corn, the less in our water supply. Illinois Research, 14(4): 5.
- 44- FOGG, C.E. (1971).
Livestock waste management and the conservation plan. ASAE, 360 p.
- 45- MASCOLO, D. et al. (1972).
Caractéristiques physico-chimiques des effluents urbains de l'agglomération de Montréal (Québec). INRS-Eau, rapport technique no 4, 20 p.
- 46- BARTSCH, A.F. (1972).
Role of phosphorus in eutrophication. U.S. Environmental Protection Agency, Ecological Research Series, EPA-R3-72-001, 45 p.
- 47- SURVEYER, NENNIGER et CHENEVERT INC., CARRIER, TROTTIER, AUBIN. (1973).
Saint-Lawrence river: Study on water quality simulation, nutrients, coliforms, lignins. Internal report, p.m.
- 48- AULENBACK, D.B. et CLESCEN, N.L. (1973).
Sources and sinks of nitrogen and phosphorous: water quality management of Lake George (N.Y.). AICHE Symposium Series, 69(129): 253-262.
- 49- ZANONI, A.E. et RUTKOWSKI, R.J. (1972).
Per capita loadings of domestic wastewater. WPCF Journal, 44(9): 1756-1762.
- 50- MCGHEE, T.J., CHRISTENSON, L.R. et BONNEAU, N.F. (1973).
Laboratory studies on feedlot runoff. Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, (EE6): 883-890.
- 51- HAITH, D.A. (1973).
Optimal control of nitrogen losses from land disposal areas. Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, (EE6): 923-937.
- 52- OPDQ. ().
Projet d'aménagement des eaux du bassin versant de la Yamaska. Rapport de la mission technique de la Yamaska, 381 p.
- 53- STEWART, K.M. et MARKELLO, S.J. (1974).
Seasonal variations in concentrations of nitrate and total phosphorus, and calculated nutrient loading for six lakes in Western New York. Hydrobiologia, 44(1): 61-89.
- 54- OWENS, M. et al. (1972).
Nutrient budgets in rivers. Symp. Zool. Soc. London, 29: 21-40.
- 55- BUTSCHER, R.J. ().
Eutrophication and nutrient sources. Chapitre 15, p. 397-429.
- 56- BAUMANN, E.R. et KELMAN, S. (1970).
Sources and contributions of nitrogen and phosphorus to an Iowa Stream. Industrial Waste Conference Proceedings, Purdue University, p. 54-64.
- 57- LES ENGRAIS CHIMIQUES DU QUEBEC INC. ().
La fertilisation rendue facile, 52 p.

- 58- DILLON, P.J. et KIRCHNER, W.B. (1975).
The effects of geology and land use on the export of phosphorus from watersheds.
Wat. Res., 9: 135-148.

ANNEXE B

B1: Productions potentielles

B2: Apports réels

ANNEXE B1: PRODUCTIONS POTENTIELLES

<u>PRODUCTEURS</u>	<u>PARAMETRE</u>	<u>REFERENCES</u>
Homme	Débit	4, 9, 45, 49, 54
	Excréments	2, 36, 50
	Solides totaux	2, 9, 33, 45, 49, 52
	Azote	2, 3, 4, 9, 45, 47, 49, 52, 54
	Phosphore	2, 3, 9, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53
	DBO ₅	2, 9, 33, 45, 49
	DCO	2, 45, 49
	Coliformes	2, 36
Vache	Fumier total	3, 9, 32B, 33, 34, 35, 36, 44
	Solides totaux	3, 9, 32, 33, 34, 35, 36, 44
	Azote	3, 32, 32B, 33, 34, 35, 36, 44, 52
	Phosphore	3, 32, 32B, 33, 34, 36, 44, 52
	Potassium	3, 33, 34, 36, 44
	DBO ₅	32, 32B, 33, 34, 35, 36, 44
	DCO	32, 33, 35, 36, 44
Boeuf	Fumier total	3, 9, 26, 32B, 33, 34, 44
	Solides totaux	3, 9, 25, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 44
	Azote	3, 9, 25, 32, 32B, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 44, 52
	Phosphore	3, 9, 32B, 33, 34, 35, 36, 44, 52
	Potassium	3, 9, 33, 34, 35, 36, 44
	DBO ₅	32, 32B, 33, 35, 36, 44, 52
	DCO	32, 33, 35, 36, 44

PRODUCTEURSPARAMETREREFERENCES

Porc	Fumier total	3, 9, 26, 32B, 33, 35, 36, 44
	Solides totaux	3, 9, 32, 33, 35, 36, 44
	Azote	3, 9, 32, 32B, 33, 34, 35, 36, 38, 44, 52
	Phosphore	3, 9, 32, 32B, 33, 34, 35, 36, 44, 52
	Potassium	3, 9, 33, 34, 35, 36, 44
	DBO ₅	32, 32B, 33, 34, 35, 36, 44, 52
	DCO	32, 33, 34, 35, 36, 44
	Coliformes	35, 36
Mouton	Fumier total	3, 26, 32B, 33, 36, 44
	Solides totaux	3, 33, 36, 37, 44
	Azote	3, 32B, 33, 37, 44
	Phosphore	3, 32B, 33, 44
	Potassium	3, 33, 44
	DBO ₅	32B, 33, 36, 44
	DCO	33, 36, 44
	Coliformes	36
Cheval	Fumier total	3, 26, 32B, 33, 44
	Solides totaux	3, 33, 44
	Azote	3, 32B, 33, 44
	Phosphore	3, 32B, 33, 44
	Potassium	3, 33, 44
	DBO ₅	32B, 33, 44
Poule	Fumier total	3, 9, 26, 32B, 33, 35, 36, 44
	Solides totaux	3, 9, 32, 33, 35, 36, 44
	Azote	3, 9, 32, 32B, 33, 35, 36, 38, 44, 52
	Phosphore	3, 9, 32, 32B, 33, 35, 44, 52
	Potassium	3, 9, 33, 35, 36, 44
	DBO ₅	32, 32B, 33, 36, 44, 52
	DCO	32, 33, 36, 44
	Coliformes	35, 36

<u>PRODUCTEURS</u>	<u>PARAMETRE</u>	<u>REFERENCES</u>
Engrais	Azote	3, 4, 16, 22, 23, 28, 30, 32, 32B, 33, 37, 57*
	Phosphore	3, 22, 30, 33, 57*
	Potassium	30, 33, 57*
Pluie	Azote	3, 4, 5, 7, 8, 17, 19, 21, 32B, 37, 48, 51
	Phosphore	3, 7, 46, 47, 48

* Pour le Québec, les quantités d'engrais appliquées nous sont données par les recommandations des agronomes du Ministère de l'Agriculture aux cultivateurs. Ces recommandations sont résumées dans la référence 57.

ANNEXE B2: APPORTS REELS

<u>PRODUCTEURS</u>	<u>PARAMETRE</u>	<u>REFERENCES</u>
Animaux	Azote	33, 35, 44
	Phosphore	33, 35, 44
	DBO ₅	33, 35, 44
	DCO	33, 44
	TOC	35
	Solides totaux	33, 44
Culture (champs labourés) (avec ou sans engrais)	Azote	3, 5, 7, 8, 9, 11, 16, 18, 19, 21, 29, 30, 31, 32, 32B, 33, 42, 47, 54
	Phosphore	3, 5, 7, 8, 9, 11, 19, 22, 29, 30, 31, 32, 32B, 33, 39, 47
	Potassium	3, 8, 9, 19, 30, 31, 52
Pâturages (Prés, prairies)	Azote	3, 7
	Phosphore	5, 7, 19
Forêts (Régions boisée)	Azote	3, 7, 19, 32, 33, 46, 54
	Phosphore	7, 32, 33, 39, 46, 58
Marécages	Azote	3
Zone urbaine (Ruissellement urbain)	Azote	4, 7, 32B, 54
	Phosphore	5, 7, 32B
Région rurale (Ferme, bassin agricole)	Azote	5, 32, 33, 47, 54
	Phosphore	5, 32, 32B, 33, 39, 46