



Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux: protection de la vie aquatique

INDICE DE QUALITÉ DES EAUX DU CCME1.0 Rapport technique

Remerciements

Le présent rapport a été établi par le Sous-comité technique de l'indice de qualité des eaux :

Bernie Neary, ministère de l'Environnement, Ontario
Kevin Cash, Environnement Canada
Serge Hébert, ministère de l'Environnement, Québec
Haseen Khan, ministère de l'Environnement, Terre-Neuve
Karen Saffran, ministère de l'Environnement, Alberta
Les Swain, ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs, Colombie-Britannique
Dwight Williamson, ministère de la Conservation, Manitoba
Ralph Wright

Outre les auteurs de ce rapport, plusieurs personnes ont joué un rôle important dans l'élaboration de l'indice présenté. M.

Introduction

Le présent rapport vise à décrire l'élaboration d'un indice de qualité des eaux du CCME (IQE du CCME). L'IQE du CCME est un outil destiné à simplifier la communication de données sur la qualité de l'eau. Les rapports classiques sur l'évolution de la qualité des eaux renferment ordinairement des résumés statistiques sur chaque variable et chaque masse d'eau étudiée. Ce type de rapport est utile aux spécialistes et aux gestionnaires de la qualité des eaux, mais est souvent indéchiffrable pour le profane. Avec l'IQE du CCME, on espère combler une lacune en fournissant des indications significatives sur la qualité générale des eaux et son évolution, et ce, sous une forme qui soit à la portée des cadres supérieurs et des non-spécialistes.

Lorsqu'on utilise des indices, il importe de bien en connaître les limites. Bien que l'indice boursier soit un bon indicateur du rendement général du marché, toute personne qui détient un portefeuille de valeurs mobilières s'intéressera au rendement de titres particuliers ou de secteurs précis. Il en va de même pour un indice environnemental. L'IQE du CCME n'est destiné ni à remplacer un examen approfondi des données de surveillance du milieu naturel ni à servir

W. Hart, du Centre for Water Resources de l'Université Memorial, a mené une évaluation approfondie des formulations antérieures de l'indice. Ashok Lumb (Environnement Canada), Earle Baddaloo (Ministère de la Protection de l'environnement de l'Alberta), Jackie Shaw (Ministère de la Protection de l'environnement de l'Alberta), Anne Kerr (Environnement Canada), Kim Hallard (Gestion de l'environnement et des ressources de la Saskatchewan), Murray Hilderman (Gestion de l'environnement et des ressources de la Saskatchewan), Peter Rodgers (Environnement Canada) et Karl Lauten (Gestion de l'environnement et des ressources de la Saskatchewan) ont participé à l'analyse de l'indice. Ilze Reiss et Herb Vandermeulen, d'Environnement Canada, ainsi que Scott Tessier et Margaret Gibbs, du CCME, ont fourni un soutien précieux aux travaux du comité.

d'outil unique de gestion des masses d'eau. Il peut toutefois offrir un aperçu global des performances environnementales, et c'est dans cette optique qu'on a réalisé sa mise au point.

L'élaboration de ce type d'indice a été tentée à un certain nombre de reprises^{1,2,3,4}. Les indices offrent plusieurs avantages : ils permettent la représentation de mesures de diverses variables par une seule valeur, ainsi que la combinaison et la conversion de données exprimées dans des unités différentes en une seule unité de mesure et facilitent en outre la communication des résultats. Ils comportent en revanche certains inconvénients : perte d'information sur chaque variable, sensibilité des résultats à la formulation de l'indice, perte d'information sur les interactions entre les variables et manque de transférabilité de l'indice à différents types d'écosystèmes⁵.

L'IQE du CCME n'a pas été conçu pour remplacer l'évaluation rigoureuse de la qualité des eaux par des méthodes classiques. Son utilisation exige des données solides d'analyse chimique de la qualité des eaux dans les emplacements étudiés.

Contexte – Évaluation des indices canadiens existants

Avant l'élaboration d'un indice de qualité des eaux du CCME, différentes approches étaient utilisées par divers gouvernements et diverses institutions du pays pour évaluer la qualité de l'eau. Le Sous-comité technique de l'indice de qualité des eaux a été formé en 1997 par le Comité des recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) pour évaluer diverses démarches de formulation d'indice et élaborer un indice qui simplifierait la communication de données sur la qualité des eaux au Canada. Une brève description des différentes démarches en usage au pays est présentée ci-dessous.

Centre St-Laurent

Le Centre Saint-Laurent (CSL) est un bureau d'Environnement Canada chargé de produire des rapports sur le Saint-Laurent. On y avait élaboré l'indice de qualité des eaux suivant :

$$IQE = [\sum(A_i \times F_i)]/n$$

Où :

A_i représente le degré moyen de dépassement de la variable i pour la recommandation i . Lorsque la valeur d'une variable dépasse une recommandation pour cette variable, le rapport « valeur en dépassement/valeur de recommandation » est calculé. Ces rapports sont additionnés, et leur somme est divisée par le nombre de dépassements observés.

F_i représente la fréquence des valeurs qui dépassent une recommandation relative à une variable par rapport au nombre total de valeurs obtenues pour cette variable ($F_i = F_{\text{dépassement}}/F_{\text{total}}$ pour la variable i).

n représente le nombre de variables.

Le CSL calculait des indices de qualité des eaux différents pour chacune des usages étudiés. Les calculs se fondaient par exemple sur les recommandations visant la protection de la vie aquatique, les usages récréatifs comportant un contact direct, la consommation humaine et, dans les zones d'eau de mer de l'estuaire du Saint-Laurent, la conchyliculture.

Québec

L'indice du Québec⁶ était fondé sur une démarche

initialement élaborée en Nouvelle-Zélande². Cet indice correspond au sous-indice présentant la plus faible valeur parmi les sous-indices (si) calculés pour chacune des variables de la qualité de l'eau mesurées :

$$IQE = \min(I_{si_1}, I_{si_2}, \dots, I_{si_n})$$

L'élément qui distinguait cette démarche des autres méthodes employées au Canada était l'utilisation de « courbes Delphi » dans le calcul des sous-indices. Ces courbes sont fondées sur l'opinion d'experts quant à la signification de valeurs précises des paramètres de qualité de l'eau. Elles sont ordinairement non linéaires et constituent une représentation globale de l'opinion de spécialistes sur la signification de la concentration précise d'un contaminant par rapport à l'ensemble des usages considérés. L'indice du Québec est un indice déclassant, c'est-à-dire que, pour un échantillon donné, l'indice correspond au sous-indice de la variable mesurée présentant la plus faible valeur.

Colombie-Britannique

La démarche de la Colombie-Britannique pour le calcul d'un indice de qualité des eaux comprenait un facteur dont aucun autre des indices ne tenait compte :

$$IQE = (F_1^2 + F_2^2 + F_3^2)^{1/2}$$

Où :

F_1 représente le pourcentage des recommandations pour la qualité des eaux pour lesquelles il y a eu dépassement.

F_2 représente le pourcentage de mesures dépassant une ou plusieurs recommandations.

F_3 représente la valeur de dépassement maximale (normalisée en fonction de 100) de l'ensemble des recommandations.

Parmi les indices examinés, c'est celui de la Colombie-Britannique⁷ qui a fait l'objet du développement et de l'utilisation les plus longs et les plus répandus. Deux de ses facteurs sont analogues à des éléments d'autres indices : le terme F_2 est semblable à l'indice de l'Alberta, tandis que le terme F_3 s'apparente à l'indice du Centre St-Laurent. Le terme F_1 , cependant, ne figure dans aucun autre indice. La Colombie-Britannique s'était servi de son indice pour produire un rapport provincial sur la qualité des eaux⁸.

Comme les autres gouvernements, la Colombie-Britannique fonde l'utilisation de son indice sur divers objectifs. Chaque plan d'eau est évalué en fonction

d'usages déterminés. La province possède des objectifs différents pour l'approvisionnement en eau potable, les usages récréatifs, l'irrigation, l'abreuvement du bétail, la protection de la faune et celle de la vie aquatique. Des classements distincts sont publiés en regard de chaque utilisation possible d'une masse d'eau.

Manitoba

Le Manitoba a adopté la démarche de la Colombie-Britannique. Se fondant sur une évaluation de quatre ans de données provenant de huit emplacements au Manitoba, la province a conclu que l'indice britannico-colombien semblait produire des résultats valables dans le contexte manitobain. Elle n'a fait aucune tentative de modification de cet indice. Le Manitoba se servait de cet indice dans son rapport sur l'état de l'environnement⁹.

Alberta

Dans son rapport sur l'état de l'environnement, l'Alberta évaluait la qualité des eaux au moyen de l'« indicateur de performance » suivant :

$$A = (n_{\text{dépassement}}/n_{\text{mesure}}) \times 100$$

Cet indice correspond au pourcentage des échantillons prélevés dans un lieu où une ou plusieurs variables dépassent les objectifs pour une utilisation déterminée.

Les utilisations courantes en Alberta comprennent les usages récréatifs, l'agriculture et la protection de la vie aquatique.

Ontario

L'Ontario avait mené une évaluation de l'indice de la Colombie-Britannique, mais en avait modifié le terme F_3 pour qu'il représente le dépassement normalisé moyen plutôt que le dépassement maximal. Il avait été observé que des dépassements importants des objectifs entraînaient une saturation du troisième facteur de cet indice. Aucun indice n'était employé couramment dans la province.

Comparaison des indices

Une analyse des concepts qui sous-tendent ces divers indices et paramètres de performance a révélé que, en dépit des différences de calcul, bon nombre d'entre eux mesuraient les mêmes types d'écarts par rapport aux objectifs.

Chaque démarche distincte de calcul d'indice combinait une ou plusieurs mesures de trois attributs de la qualité de l'eau, évalués en fonction d'objectifs adaptés à une utilisation précise des eaux. Ces différentes méthodes avaient été analysées et résumées pour le CCME dans une étude de 1996¹⁰.

Territoire administratif ou institution	Proportion des objectifs dépassés	Fréquence de dépassement des objectifs	Degré de dépassement des objectifs
Colombie-Britannique	F_1	F_2	F_3
CSL	-	F_i	A_i
Alberta	-	% dépassement	-
Québec	-	-	Delphi
Environnement Canada	-	-	A

Élaboration de l'indice de qualité des eaux du CCME

Modèle conceptuel

Le Sous-comité technique de l'indice de qualité des eaux a adopté le modèle conceptuel de l'indice de la Colombie-Britannique. L'incorporation de la démarche « Delphi » employée au Québec a été sérieusement envisagée, mais a finalement été rejetée en raison du temps et des ressources logistiques nécessaires à l'élaboration de courbes « Delphi » pour un grand nombre de variables hydrochimiques.

L'indice comporte trois facteurs, dont chacun a été ramené à une plage de valeurs de 0 à 100. La figure 1 montre le modèle conceptuel de l'indice. Il s'agit de

combiner les valeurs des trois mesures d'écart par rapport à des objectifs choisis de qualité de l'eau pour produire un vecteur dans un espace imaginaire de « dépassement des objectifs ». On normalise ensuite la longueur du vecteur en fonction d'un intervalle de 0 à 100 et on soustrait cette longueur de 100 pour obtenir un indice qui tend vers 0 lorsque la qualité de l'eau est mauvaise, et vers 100 lorsqu'elle est excellente. Comme l'indice est censé chiffrer la qualité de l'eau, on a jugé qu'il était préférable de le faire varier en rapport direct avec cette qualité.

Le Sous-comité technique a élaboré une première version de l'indice fondée sur ce modèle conceptuel. Cette version préliminaire a été évaluée au moyen d'ensembles de données synthétiques¹¹ ainsi que d'ensembles de données de la Colombie-Britannique¹² et de Terre-Neuve¹³. Ces évaluations, de même que celles qui ont été menées en Alberta et en Ontario, ont révélé des problèmes importants liés aux formules d'estimation de la fréquence et de l'amplitude.

À la suite de ces problèmes, Agriculture, Alimentation et Développement rural Alberta, en association avec le ministère de la Protection de l'environnement de l'Alberta, a financé la recherche de nouvelles formules de calcul des facteurs de la fréquence et de la étendue¹⁴. Le Sous-comité technique s'est grandement inspiré de ces travaux et en a fait le fondement de la formulation définitive de l'IQE du CCME.

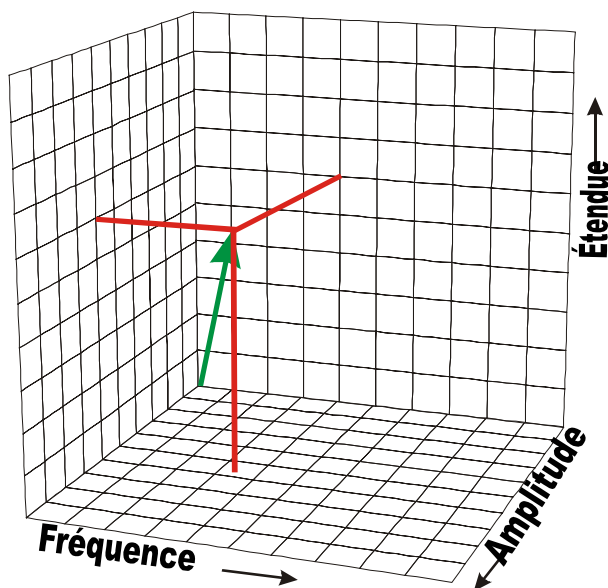


Figure 1 . Modèle conceptuel de l'indice

Formulation de l'indice de qualité des eaux du CCME

L'indice est constitué des trois facteurs ci-dessous.

Facteur 1 : Étendue

Le terme F_1 (**étendue**) représente le degré de non-respect des recommandations pour la qualité des eaux pendant la période étudiée. Il est tiré directement de l'indice de la Colombie-Britannique :

$$F_1 = \left(\frac{\text{nombre de variables non conformes}}{\text{nombre total de variables}} \right) \times 100$$

Les **variables** prises en compte dans ce facteur sont celles qui sont visées par des objectifs de qualité de l'eau et qui ont été mesurées pendant la période d'étude sur laquelle se fonde le calcul de l'indice.

Facteur 2 : Fréquence

Le terme F_2 (**fréquence**) représente le pourcentage de résultats analytiques non conformes aux objectifs (« résultats non conformes ») :

$$F_2 = \left(\frac{\text{nombre de résultats non conformes}}{\text{nombre total de résultats}} \right) \times 100$$

La formulation de ce facteur est tirée directement de l'indice de qualité des eaux de la Colombie-Britannique.

Facteur 3 : Amplitude

Le terme F_3 (**amplitude**) représente l'écart entre les résultats analytiques non conformes et les objectifs auxquels ils se rapportent. Ce terme est calculé en trois

étapes. Sa formulation s'inspire des travaux menés sous la direction d'Agriculture, Alimentation et Développement rural Alberta¹⁵.

- (i) L'amplitude par laquelle une concentration individuelle est supérieure à l'objectif (ou inférieure, lorsque cet objectif est un minimum) est nommé « coefficient d'écart ». Lorsque le résultat analytique ne doit pas dépasser l'objectif, le coefficient d'écart s'exprime comme suit :

$$\text{coefficient d'écart}_i = \left(\frac{\text{résultat non conforme}_i}{\text{objectif}_j} \right) - 1$$

Dans les cas où le résultat d'épreuve ne doit pas être inférieur à l'objectif, le coefficient d'écart se formule comme suit :

$$\text{coefficient d'écart}_i = \left(\frac{\text{objectif}_j}{\text{résultat non conforme}_i} \right) - 1$$

- ii) Pour calculer le degré global de non-conformité, on additionne les coefficients d'écart des résultats individuels et on divise cette somme par le nombre total de résultats individuels (conformes ou non aux objectifs). Cette variable s'appelle la somme normalisée des coefficients d'écart, ou *sncé*, et se représente comme suit :

$$\text{sncé} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{coefficient d'écart}_i}{\text{nombre total de résultats}}$$

- iii) On calcule ensuite le terme F_3 à l'aide d'une fonction asymptotique qui ramène la somme normalisée des coefficients d'écart par rapport aux objectifs (*sncé*) à l'intérieur d'une plage de valeurs de 0 à 100.

$$F_3 = \left(\frac{\text{sncé}}{0,01\text{sncé} + 0,01} \right)$$

On calcule enfin l'IQE du CCME comme suit :

$$\text{IQE}_{\text{du CCME}} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

La présence du diviseur 1,732 provient du fait que chacun des trois facteurs individuels qui composent l'indice peut atteindre la valeur de 100. La longueur

maximale du vecteur se chiffre donc à :

$$\sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30\,000} = 173,2$$

Cette division par 1,732 a pour effet, par conséquent, de ramener la longueur maximale du vecteur à 100.

Catégorisation des valeurs d'indice

La division de la plage de valeurs de l'IQE du CCME en catégories de qualité des eaux s'appelle « catégorisation » et constitue un processus essentiel, mais quelque peu subjectif. Cette catégorisation doit se fonder sur la meilleure information disponible, le jugement de spécialistes et les attentes de la population quant à la qualité de l'eau. La catégorisation présentée ci-dessous est préliminaire et sera sans doute modifiée lorsque l'indice aura fait l'objet d'essais supplémentaires.

Étant donné la nature de l'indice, il est impossible de déterminer si la valeur obtenue est attribuable aux écarts extrêmes d'une seule variable ou aux écarts faibles mais fréquents d'une ou de plusieurs variables. Élaboré avec le soutien d'Agriculture, Alimentation et Développement rural Alberta, le calculateur prototype de l'indice de qualité des eaux permet à l'utilisateur de déterminer les principales variables responsables du comportement de l'indice.

Une fois la valeur de l'IQE du CCME calculée, on peut la classer dans l'une des catégories de qualité de l'eau ci-dessous.

Excellente :	(Valeur IQE du CCME de 95 à 100) – La qualité de l'eau est préservée, pratiquement aucune menace ni détérioration n'étant décelée; les conditions sont très proches des niveaux naturels ou souhaitables. Ces valeurs d'indice ne peuvent être obtenues que si toutes les mesures sont conformes aux objectifs à peu près en tout temps.
Bonne :	(Valeur IQE du CCME de 80 à 94) – La qualité de l'eau est préservée, seule une menace ou une détérioration mineures étant observées; les conditions s'écartent rarement des niveaux naturels ou souhaitables.
Moyenne :	(Valeur IQE du CCME de 65 à 79) – La qualité de l'eau est ordinairement

préservée, mais elle est occasionnellement menacée ou détériorée; les conditions s'écartent parfois des niveaux naturels ou souhaitables.

Médiocre : (Valeur IQE du CCME de 45 à 64) – La qualité de l'eau est fréquemment menacée ou détériorée; les conditions s'écartent souvent des niveaux naturels ou souhaitables.

Mauvaise : (Valeur IQE du CCME de 0 à 44) – La qualité de l'eau est presque toujours menacée ou détériorée; les conditions s'écartent généralement des niveaux naturels ou souhaitables.

Mise en application de l'indice

L'IQE du CCME décrit ci-dessous a été appliqué à plusieurs ensembles de données provenant de différentes régions du Canada. Des exemples de ces essais sont présentés ci-dessous.

Ontario

La majeure partie des données de surveillance de la qualité des eaux de l'Ontario proviennent du Provincial

Water Quality Monitoring Network (PWQMN), vaste réseau dont les stations font l'objet d'observations régulières. L'IQE du CCME a été mis à l'essai à l'aide de données prélevées à 80 de ces stations, et sert actuellement au traitement de l'ensemble des données recueillies dans le réseau depuis 1980. L'exemple fourni porte sur huit stations du bassin hydrographique du cours inférieur de la Trent, dans le sud de l'Ontario (voir la figure 2). Les variables comprises dans l'ensemble de données visent les paramètres suivants : aluminium, arsenic, cadmium, chrome, cuivre, oxygène dissous, coliformes fécaux, nickel, pH, phénols, phosphore et zinc. En général, les données sont recueillies mensuellement.

Les stations choisies pour exemple illustrent bien l'ensemble des données recueillies sur plus de 800 sites en Ontario entre 1980 et 1995. Les résultats du traitement sont présentés à la figure 3. On observe une différence marquée entre les emplacements des cours d'eau baignant surtout des zones non agricoles du Bouclier Canadien (par exemple la station 17002100302) et ceux des cours d'eau exposés aux effets de l'élevage du bétail et de l'agriculture de faible intensité (par exemple la station 17002104702). Une évaluation complète de l'utilité de l'indice aux fins de l'établissement de rapports sur la qualité des eaux en Ontario est en cours de préparation.

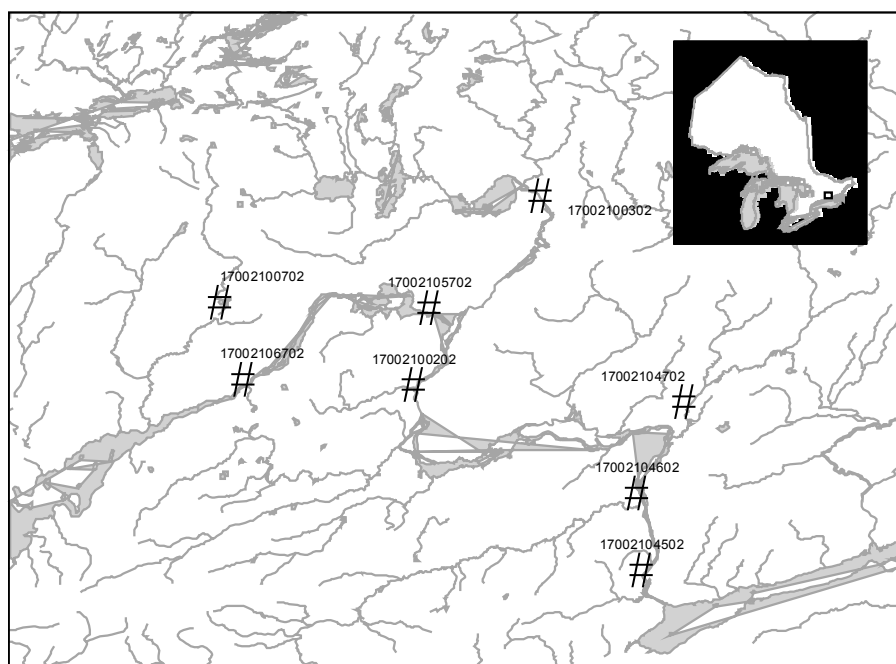


Figure 2. Emplacement des stations du PWQN dans le bassin hydrographique du cours inférieur de la Trent (Ontario)

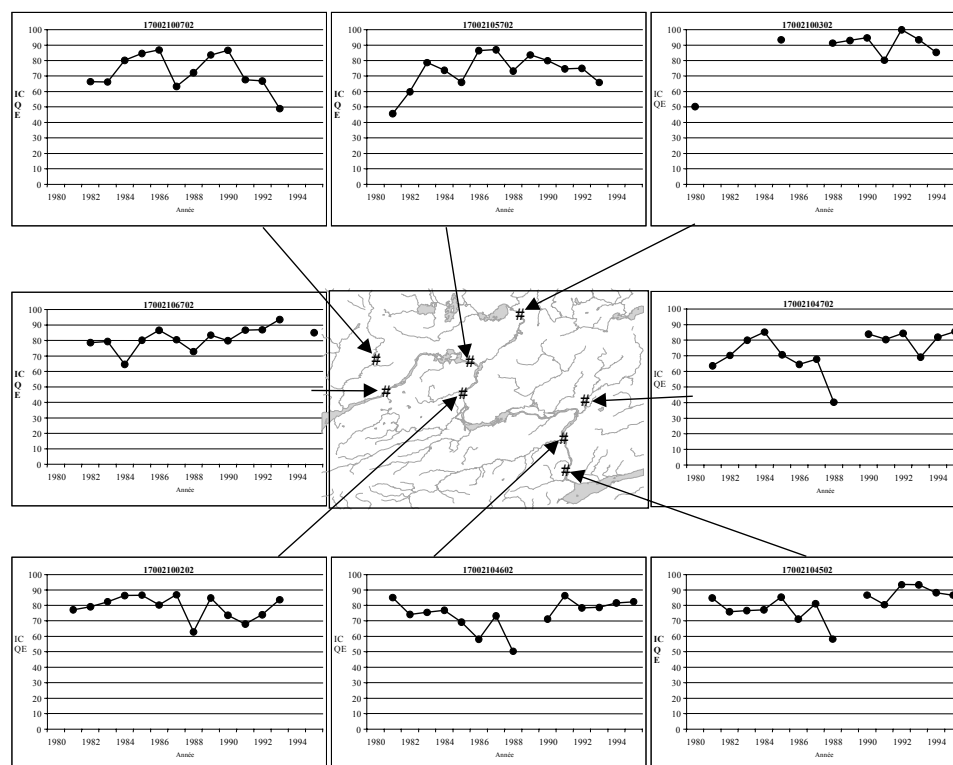


Figure 3. Évolution de l'ICQE dans le bassin hydrographique du cours inférieur de la Trent

Terre-Neuve

L'IQE du CCME a servi au traitement de données recueillies en vertu de l'Entente fédérale-provinciale sur la qualité des eaux dans 12 stations des bassins hydrographiques de l'Humber, de la Exploits et de la Quidi Vidi (voir figure 4). Le calcul de l'indice se fondaient sur les variables suivantes : conductivité, turbidité, oxygène dissous, pH, carbone organique dissous, aluminium, arsenic, cadmium, chrome, cuivre, fer, manganèse, plomb, nickel, phosphore et zinc.

L'évolution de l'IQE du CCME dans huit de ces emplacements est illustrée à la figure 5. Dans une évaluation de l'application de l'IQE du CCME à l'étude de ces bassins hydrographiques¹⁵, une différence marquée a été notée entre les zones à l'état naturel (par exemple la rivière Lloyds - YN0001) et celles qui ont subi l'impact de l'urbanisation ou d'activités minières antérieures (YO0017, YO0001).

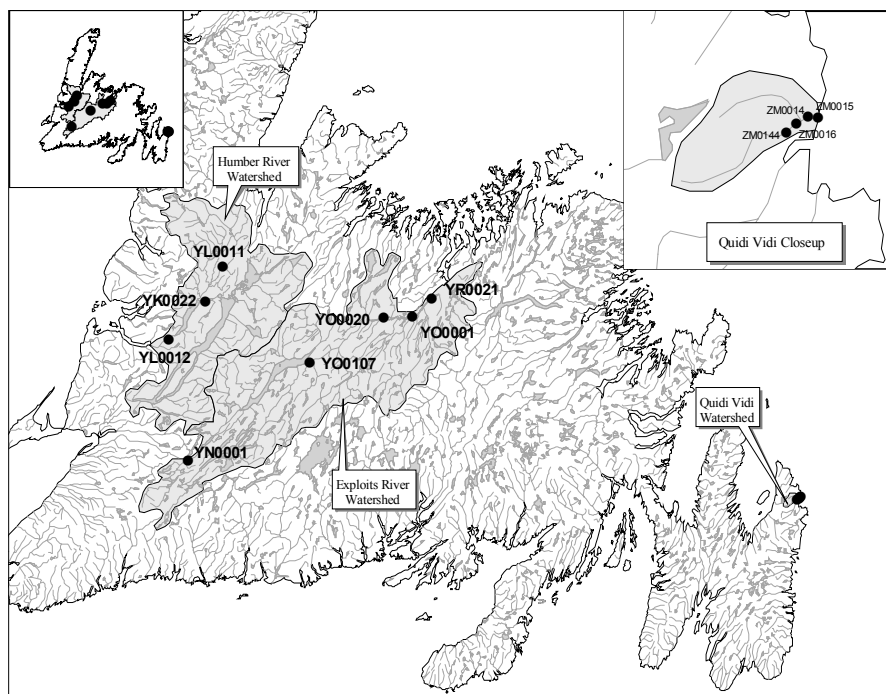


Figure 4. Lieux de prélèvement des données sur la qualité des eaux de Terre-Neuve

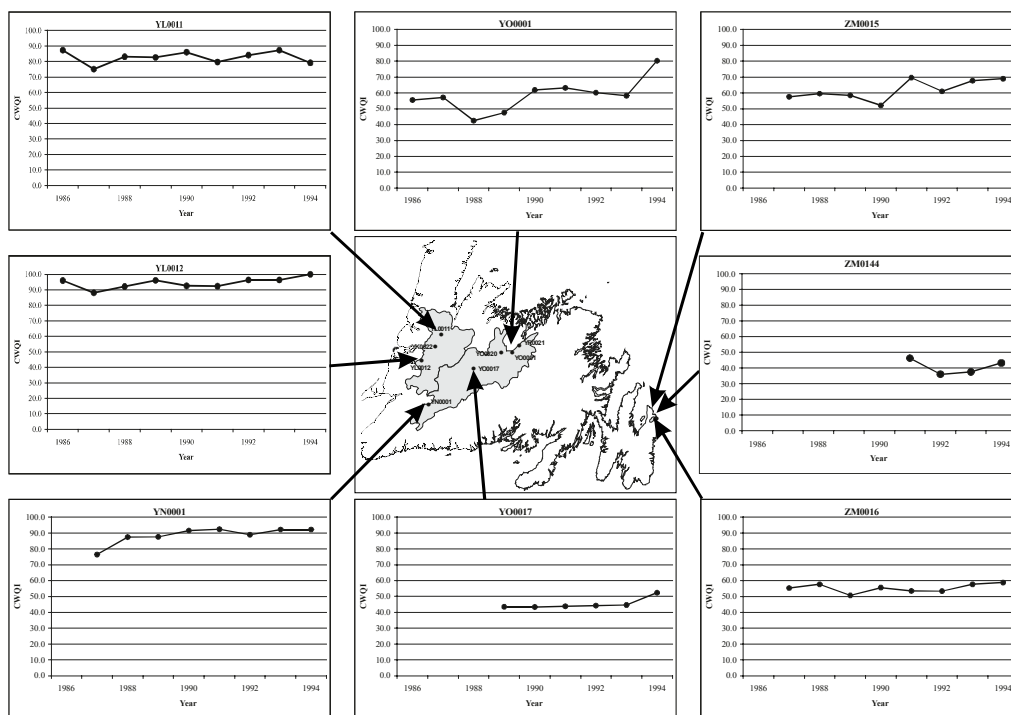


Figure 5. Évolution de l'IQE du CCME à des endroit choisis à Terre-Neuve

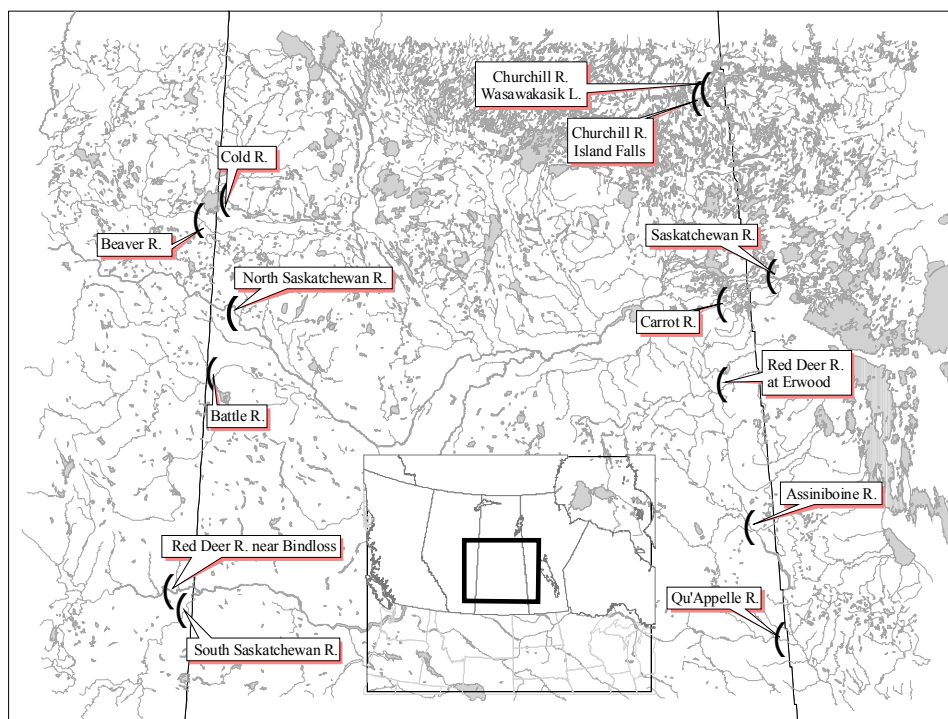
Saskatchewan

Les données de la Saskatchewan traitées au moyen de l'indice provenaient de la Régie des eaux des provinces des Prairies. Cet organisme a été mis sur pied dans les années 1930 en vertu d'une entente conclue entre les trois provinces des Prairies et le gouvernement fédéral. À l'origine, la Régie ne s'intéressait qu'à la quantité des eaux (et à leurs transferts au-delà des frontières provinciales). Ses activités se sont toutefois diversifiées au fil des ans, aussi a-t-elle mis en œuvre, en 1968, un programme de qualité des eaux. La Régie surveille actuellement la qualité de l'eau à 12 endroits (dont 6 se situent le long de la frontière Alberta-Saskatchewan et les 6 autres, le long de la frontière Saskatchewan-Manitoba – voir la figure 6).

La figure 7 montre les résultats de l'application de l'IQE du CCME à huit de ces tronçons. Les calculs se fondaient sur les variables suivantes : chlorure, cuivre, coliformes

fèces, fer, plomb, manganèse, $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$, sodium, sulfate, zinc, phosphore, oxygène dissous, solides dissous totaux et pH. En général, les données étaient recueillies mensuellement.

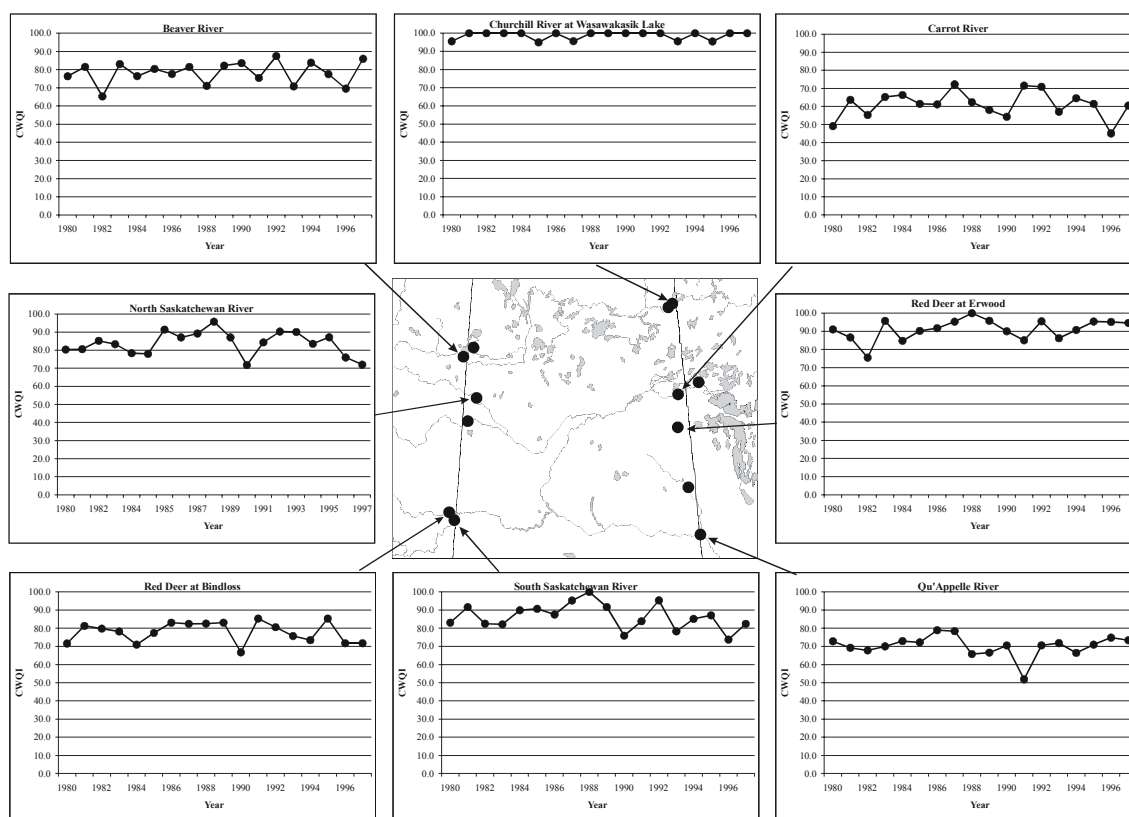
Comme l'indique la figure 7, la qualité générale des eaux varie en fonction du tronçon de rivière et de l'année d'échantillonnage, pouvant être tantôt médiocre, tantôt excellente. Comme prévu, c'est la Churchill qui, étant la rivière la moins touchée du réseau d'échantillonnage, présente les valeurs d'IQE du CCME les plus élevées. En revanche, la Carrot, qui subit l'incidence des activités agricoles et forestières, affiche ordinairement une qualité d'eau moyenne, en grande partie à cause des écarts par rapport à l'objectif du phosphore. Comme le montre une analyse récente de la Régie, l'IQE du CCME ne révèle aucune évolution appréciable de la qualité des eaux dans ces emplacements. Une évaluation plus poussée de l'IQE du CCME dans ces rivières est en cours.



South Saskatchewan R. = Rivière Saskatchewan Sud
Red Deer R. near Bindloss = Rivière Red Deer près de Bindloss
Battle R. = Rivière Battle
North Saskatchewan R. = Rivière Saskatchewan Nord
Beaver R. = Rivière Beaver
Cold River = Rivière Cold

Churchill River Wasawakask L. = Rivière Churchill au lac Wasawakask
Churchill R. Island Falls = Rivière Churchill aux chutes Island
Saskatchewan R. = Rivière Saskatchewan
Carrot R. = Rivière Carrot
Red Deer R. at Erwood = Rivière Red Deer à Erwood
Assiniboine R. = Rivière Assiniboine
Qu'Appelle R. = Rivière Qu'Appelle

Figure 6. Lieux d'échantillonnage de la Commission des eaux des provinces des Prairies



CCME WQI = IQE du CCME

Beaver River = Rivière Beaver

Carrot R. = Rivière Carrot

Red Deer R. at Erwood = Rivière Red Deer à Erwood

South Saskatchewan R. = Rivière Saskatchewan Sud

Year = Année

Churchill River Wasawakasik L. = Rivière Churchill au lac Wasawakasik

North Saskatchewan R. = Rivière Saskatchewan Nord

Red Deer R. at Bindloss = Rivière Red Deer à Bindloss

Qu'Appelle R. = Rivière Qu'Appelle

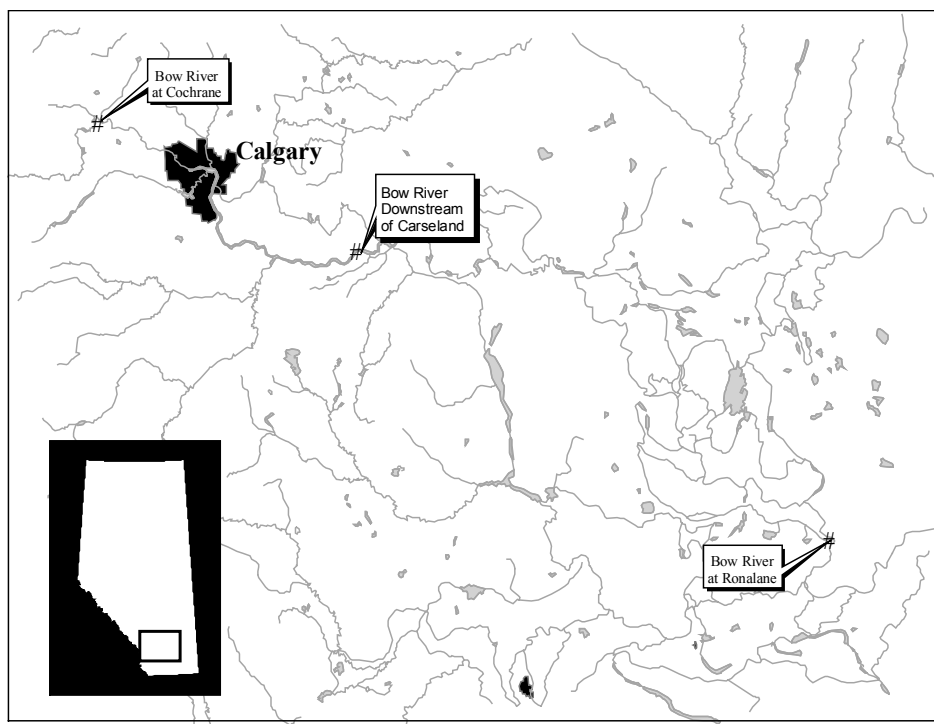
Figure 7. Évolution de l'IQE du CCME aux stations de surveillance de la Régie des eaux des provinces des Prairies

Alberta

Le ministère de l'Environnement de l'Alberta exploite sur les principales rivières de la province une vingtaine de postes d'observation à long terme de la qualité des eaux (qui forment le Long-Term River Network – LTRN). Dans ces lieux, la plupart des variables sont mesurées mensuellement, mais certaines données ne sont prélevées que trimestriellement. L'exemple fourni illustre l'application de l'IQE du CCME au traitement de données de trois zones de la Bow : à Cochrane, en amont de Calgary; à Carseland, en aval de Calgary et à Ronalane, près du confluent de la Oldman (voir la figure 8). Le calcul se fonde sur les variables suivantes : cyanure, fluorure, pH, oxygène dissous, aluminium, arsenic, bore, cadmium, cuivre, nickel, plomb, mercure, sélénium, zinc, phosphore total, azote total, ammoniac, nitrite et coliformes fécaux. L'Alberta poursuit son évaluation de l'indice et prévoit

réviser la liste des variables utilisées afin notamment d'y ajouter des données sur les pesticides.

Des trois lieux étudiés, c'est comme prévu à Cochrane que la meilleure qualité d'eau est enregistrée (voir figure 9). Les impacts de Calgary sont perceptibles à la station de Carseland, en aval de la ville. La station de Ronalane montre une certaine récupération, la qualité de ses eaux se situant entre celle des deux autres sites. L'amélioration apparente notée à Carseland au début des années 1980 pourrait être attribuable à la modernisation des installations de traitement des eaux usées à Calgary en 1982 (déphosphatation). Une interprétation claire est toutefois difficile, car une série complète de variables n'était pas disponible à ce site avant 1987 (voir *Utilisation de l'indice*).

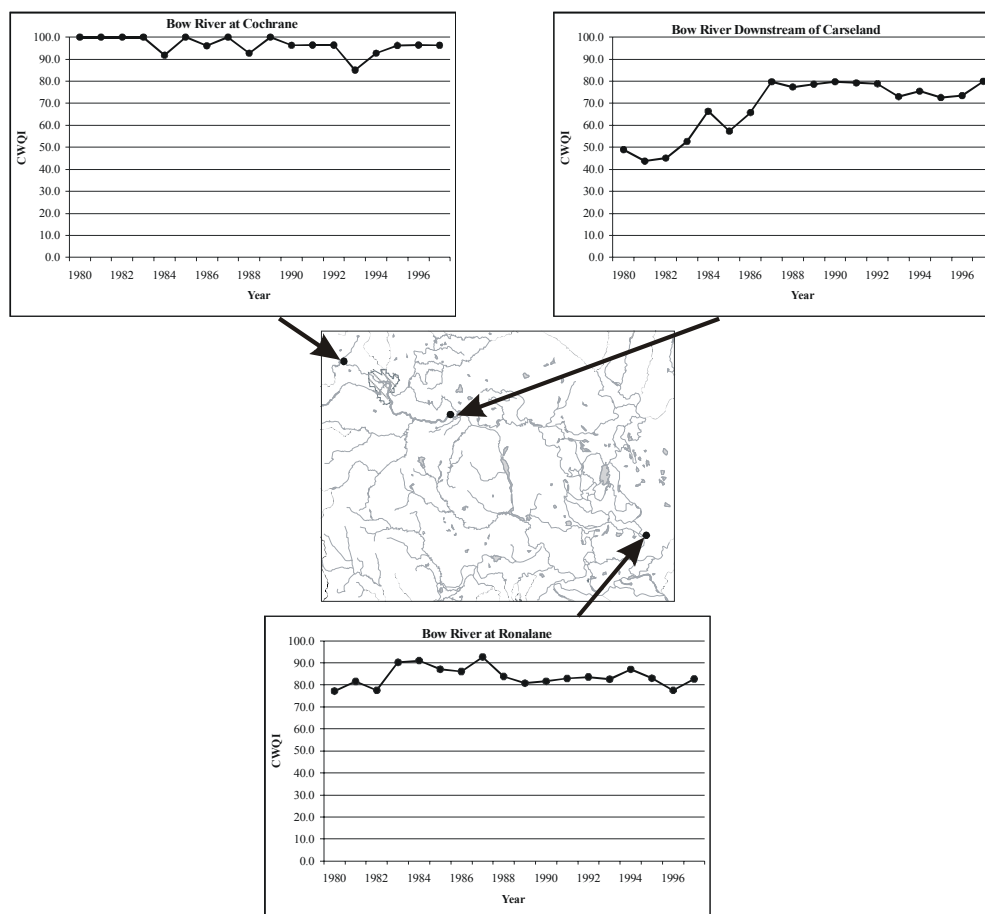


Bow River at Cochrane = Rivière Bow à Cochrane

Bow River Downstream of Carseland = Rivière Bow en aval de Carseland

Bow River at Ronalane = Rivière Bow à Ronalane

Figure 8 . Stations de surveillance de la Bow (Alberta)



CCME WQI = IQE du CCME

Year = Année

Bow River at Cochrane = Rivière Bow à Cochrane

Bow River Downstream of Carseland = Rivière Bow en aval de Carseland

Bow River at Ronalane = Rivière Bow à Ronalane

Figure 9. Évolution de l'IQE du CCME dans la Bow (Alberta)

Discussion

Les exemples ci-dessus montrent la capacité de l'indice à mettre en évidence les différences de qualité des eaux entre les emplacements étudiés et à indiquer l'évolution favorable ou défavorable de cette qualité dans un tronçon de cours d'eau donné. Une évaluation quantitative de l'indice n'a pas été possible, car il n'existe aucun outil de mesure accepté qui puisse lui être comparé.

Parmi les nombreux problèmes liés à l'élaboration de

cet indice, deux ont exigé une attention particulière : la variabilité des échelles de mesure et la plage de dépassement. L'utilisation d'échelles de mesure diverses est caractéristique des études de qualité de l'eau. Certains paramètres, comme les pesticides, peuvent avoir une incidence environnementale appréciable dans la plage des $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$, tandis que d'autres facteurs ne deviennent importants que dans la plage des $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. L'adoption de la démarche fondée sur des objectifs élaborée en Colombie-Britannique permet de

colliger tous ces types de données au moyen d'une seule formulation d'indice multivariable, l'intérêt étant la comparaison des données mesurées à l'objectif auquel elles se rapportent.

L'indice de qualité des eaux axé sur des objectifs de la Colombie-Britannique éliminait également le problème de la pondération des paramètres. On s'est demandé comment traiter les dépassements d'objectif d'un paramètre comme le phosphore par rapport à ceux d'un paramètre aux effets toxiques plus marqués, par exemple les BPC. Or, le sous-comité a jugé que, comme les toxicités relatives des différentes substances ont été prises en compte dans l'élaboration des objectifs de qualité des eaux, une pondération supplémentaire n'était pas justifiée.

Une autre difficulté courante dans la présentation de données sur la qualité des eaux est le traitement statistique des résultats inférieurs au seuil de détection de la méthode d'analyse. Or, la démarche de l'IQE du CCME évite ce problème. Les valeurs « inférieures » sont utilisées dans le calcul de l'indice comme des observations conformes aux objectifs; on en tient donc compte sans avoir à résoudre les difficultés liées à leur traitement statistique.

Utilisation de l'indice

Au moment de traiter des ensembles de données sur la qualité des eaux à l'aide de l'indice, il faut dûment tenir compte de la façon dont celui-ci est formulé. L'expérience acquise avec l'indice de la Colombie-Britannique a montré qu'une mauvaise application de l'indice ou son utilisation à des fins autres que celles pour lesquelles il a été conçu peuvent mener à des conclusions erronées. L'utilisation de l'indice doit donc respecter les règles ci-dessous.

a) **Seules peuvent être comparées les valeurs d'indices calculées en fonction du même ensemble d'objectifs.** L'IQE du CCME permet à son utilisateur de choisir l'ensemble des objectifs en fonction desquels seront comparées les variables de qualité de l'eau mesurées. Cette caractéristique accroît sensiblement la polyvalence de l'indice, mais permet également son emploi abusif. **Au Canada, les différents gouvernements** se servent d'objectifs de qualité de l'eau différents, et ces objectifs varient ordinairement selon les différents usages de l'eau. Les objectifs qui visent la protection des eaux destinées à l'irrigation ou à l'abreuvement du bétail sont différentes de ceux qui sont conçus pour protéger les organismes

aquatiques sensibles. Toute comparaison entre une valeur d'indice calculée au moyen d'un ensemble précis d'objectifs et une autre fondée sur un ensemble d'objectifs **complètement différent** produira des conclusions erronées.

- b) **Seules peuvent être comparées les valeurs d'objectifs fondées sur le même ensemble de paramètres.** Comme le veut le sens commun, on ne compare les pommes qu'à des pommes. La comparaison d'un lieu où la plupart des paramètres mesurés sont des pesticides à un lieu où la plupart de ces paramètres sont des métaux produira des résultats d'une utilité limitée. Il est possible d'obtenir des valeurs d'indice dans ces conditions, mais la comparaison de ces types d'emplacements ne permettra à l'utilisateur que d'évaluer la performance de chaque zone en fonction des objectifs fixés. L'indice ne peut aucunement remplacer un examen approfondi des différents types de polluants. De même, si l'on établit une courbe d'évolution de l'indice en fonction du temps pour un site précis et que le nombre et le type de paramètres étudiés varient sensiblement pendant la période d'étude, on risque d'obtenir des résultats vides de sens.
- c) **Les données d'un certain âge doivent être traitées avec circonspection.** Bon nombre d'ensembles de données ont été recueillis à une époque où les méthodes analytiques étaient beaucoup moins sensibles qu'aujourd'hui. Cette question se pose en particulier dans le cas des données d'un certain âge qui semblent se situer juste au-dessus du seuil de détection. Par exemple, les données sur les métaux enregistrées dans les années 1970 peuvent avoir été obtenues au moyen de méthodes colorimétriques dont le seuil de détection est sensiblement supérieur aux objectifs actuels de qualité des eaux. Toutes les méthodes d'analyse peuvent en outre produire de faux résultats positifs, et l'incorporation de tels résultats dans l'indice peut mener à des conclusions erronées. Si, par exemple, un vieil ensemble de données sur le cadmium a été obtenu à l'aide d'une méthode dont le seuil de détection est de $0,01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, il comprendra probablement des valeurs égales (ou légèrement supérieures) à ce seuil. Celles-ci peuvent être ou ne pas être valides. Si on les traite au moyen de l'indice en fonction d'un objectif de $0,0002 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, les faux résultats positifs entraîneront de très grands coefficients d'écart par rapport à l'objectif, et l'on obtiendra des valeurs d'indice d'une fiabilité douteuse.

- d) **L'indice doit être calculé en fonction d'un ensemble de paramètres pertinents pour le plan d'eau étudié.** Plusieurs gouvernements, dont l'Ontario et le Québec, possèdent de vieux ensembles de données portant sur un grand nombre de paramètres. Seuls les paramètres « pertinents » doivent être utilisés dans le calcul de l'IQE du CCME. Étant donné la formulation de cet indice, l'inclusion d'un grand nombre de paramètres (par exemple tous les pesticides révélés par une analyse chromatographique) peut produire des résultats invraisemblablement bas. Les analyses au chromatographe en phase gazeuse et au spectromètre de masse fournissent souvent une grande quantité de données sur de nombreuses substances chimiques à la fois. L'intégration de toutes ces données dans le calcul de l'indice abaissera artificiellement les résultats. Il importe de tenir compte de cette règle au moment d'établir des courbes d'évolution de l'indice en fonction du temps, en particulier lorsque le nombre de paramètres analysés varie considérablement ou que l'on souhaite comparer différents sites.
- e) **L'indice ne doit pas servir au traitement d'ensembles de données réduits.** L'IQE du CCME n'est pas conçu pour remplacer l'évaluation appropriée de la qualité des eaux par un examen approfondi des substances chimiques à surveiller. L'indice ne doit pas servir au traitement d'ensembles de données fondées sur moins de quatre paramètres ou moins de quatre visites d'échantillonnage par année.

En dépit de ces restrictions, l'IQE du CCME a été utilisé par plusieurs gouvernements au Canada et a permis d'obtenir des informations utiles sur l'évolution de la qualité des eaux en fonction du temps, et d'opérer une distinction spatiale entre les emplacements dégradés et non dégradés. Le Comité estime que l'indice peut, s'il est appliqué correctement, servir d'outil de gestion et de communication.

Références

- ¹ Couillard, D. et Lefebvre Y. «Analysis of water quality indices», *J. Environ. Mgmt.*, 21, 1985, p. 161-179.
- ² Smith, D. G. «A better water quality indexing system for rivers and streams», *Wat. Res.*, 24(10), 1990, p. 1237-1244.
- ³ House, M. A. et Ellis, J. B. «The development of water quality indices for operational management», *Water Sci. Technol.*, 19(9), 1987, p. 145-154.
- ⁴ Saeger, J. «Developments in water quality standards and classification schemes in England and Wales», *Water Sci. Technol.*, 30, 1994, p. 11-19.
- ⁵ Zandbergen, P. A. et Hall, K. J. «Analysis of the British Columbia Water Quality Index for watershed managers: A case study of two small watersheds», *Water Qual. Res. J. Canada*, 33(4), 1998, p. 519-549.
- ⁶ Hébert, S. *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*, rapport du ministère de l'Environnement et de la Faune, 1996.
- ⁷ Rocchini, R. et L. G. Swain. *The British Columbia Water Quality Index*, Water Quality Branch, Environmental Protection Department, British Columbia Ministry of Environment, Land and Parks, 1995, 13 p.
- ⁸ B.C. Ministry of Environment, Land and Parks. *British Columbia Water Quality Status Report*, 1996, 181 p.
- ⁹ Environnement Manitoba. *Moving Towards Sustainable Environment Reporting*, 1997.
<http://www.gov.mb.ca/environ/pages/soe97/index.html>.
- ¹⁰ Munger, S. A *Canadian water quality index: A discussion paper for obtaining relevant national data and the refinement of methods*, établi pour le compte de la Direction des indicateurs Branch, Direction générale de l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1996, 12 p. + tableaux et graphiques.
- ¹¹ Hart, W. *Alternative formulations of factors used in the British Columbia Water Quality Index*, rapport soumis au Sous-comité technique du Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du CCME, février 1998.
- ¹² Phippen, B. *Application of the National Water Quality Index prototype in British Columbia*, BWP Consulting, juin 1998, 60 p.
- ¹³ Husain, T. *Application of the National Water Quality Index prototype in Newfoundland*, établi pour le compte du Groupe de travail sur le rapport sur l'état de l'environnement du Conseil canadien des ministres de l'environnement, mai 1998, 57 p.
- ¹⁴ Wright, C. R., Saffran, K. A., Anderson, A.-M., Neilson, D., MacAlpine, N. et Cooke, S. *A Water Quality Index for Agricultural Streams in Alberta*, Novembre 1998, 17 p + annexes
- ¹⁵ Khan, H. *The Canadian Water Quality Index 1.0 - Application to Three Watersheds in Newfoundland*, novembre 1999

Comment citer ce document:

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2001. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux: Indice de qualité des eaux du CCME 1.0 Rapport technique dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Winnipeg, le Conseil.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez contacter:

Environnement Canada
Division des recommandations et des normes
351, boul. St-Joseph
Hull (Québec) K1A 0H3
Téléphone: (819) 953-1550
Télécopieur: (819) 953-0461
Courrier électronique: ceqg-rcqe@ec.gc.ca
Adresse Internet: <http://www.ec.gc.ca>

© Conseil canadien des ministres de l'environnement 2001
Extrait de la publication n°. 1300; ISBN 1-896997-36-8

Pour obtenir d'autres exemplaires de ce document, veuillez contacter:

Documents du CCME
A/s de Publications officielles du Manitoba
200, rue Vaughan
Winnipeg (Manitoba) R3C 1T5
Téléphone: 1-800-805-3025 (sans frais) ou
(204) 945-4664
Télécopieur: (204) 945-7172
Courrier électronique: spccme@gov.mb.ca

Also available in English.