



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

INDICE DE QUALITÉ DES EAUX DU CCME 1.0 Manuel de l'utilisateur

Remerciements

Établi pour le compte du Sous-comité technique de l'indice de qualité des eaux du Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du CCME par :

Karen Saffran, ministère de l'Environnement, Alberta
Kevin Cash, Environnement Canada
Kim Hallard, ministère de l'Environnement et de la Gestion des ressources, Saskatchewan

Résumé

L'indice de qualité des eaux est un outil pratique qui permet de faire la synthèse de données complexes sur la qualité de l'eau et facilite la présentation de ces données au grand public. L'indice de qualité des eaux du CCME (1.0) est fondé sur une formule mise au point par le ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique et modifié par le ministère de l'Environnement de l'Alberta. L'indice comporte trois éléments : *l'étendue* – nombre de variables non conformes aux objectifs de qualité de l'eau; la *fréquence* – nombre de fois où ces objectifs ne sont pas respectés; et *l'amplitude* – écart des mesures non conformes par rapport aux objectifs correspondants. L'indice produit une valeur qui se situe entre 0 (qualité de l'eau la plus mauvaise) et 100 (qualité de l'eau la meilleure). On a en outre divisé cette plage en cinq catégories pour simplifier la présentation des résultats.

Les variables, les objectifs et la période sur lesquels se fonde le calcul de l'indice ne sont pas précisés, pouvant varier d'une région à l'autre selon les conditions et les préoccupations locales. Il est recommandé d'utiliser au moins quatre variables échantillonnées au moins quatre fois pour déterminer les valeurs de l'indice. Les variables et les objectifs choisis doivent également fournir des renseignements pertinents sur le site étudié. L'indice peut servir tant à l'évolution des conditions dans une zone donnée qu'à la comparaison de divers emplacements. Dans ce dernier cas, il faut s'assurer que les paramètres de comparaison sont valables. Des sites ne peuvent être comparés que si les mêmes variables et les mêmes objectifs sont utilisés; autrement, il faut comparer le degré de conformité des

Bernie Neary (ministère de l'Environnement, Ontario) et Ralph Wright (Wright Consulting) ont également participé à l'élaboration du présent manuel.

sites aux objectifs appropriés en fonction du classement des résultats par catégories.

Bien que le calcul des valeurs de l'indice puisse se faire à la main, cette opération est peu pratique, même pour un nombre modeste de sites, d'objectifs ou d'échantillons. Une macro-instruction Excel a donc été élaborée pour automatiser ce processus et est fournie sur demande.

Introduction

Une partie intégrante de tout programme de surveillance environnementale est la présentation des résultats aux gestionnaires et au grand public. Cette tâche pose un problème particulier dans le cas de la surveillance de la qualité de l'eau parce que l'analyse d'un grand nombre de mesures est très complexe. La méthode classique consiste à établir des rapports décrivant les tendances et le degré de conformité ou de non-conformité de chaque variable aux lignes directrices officielles ou à d'autres objectifs. Cette démarche a l'avantage de fournir une grande quantité de données et de renseignements. Bien souvent, toutefois, les gestionnaires et le grand public ne sont ni disposés ni aptes à étudier ces rapports en détail. Ce dont ils ont besoin, ce sont des énoncés généraux sur la santé ou l'état du système étudié.

Pour résoudre ce problème, on peut simplifier les données multivariées sur l'eau en utilisant un indice qui combine mathématiquement toutes les mesures de la qualité de l'eau et fournit une description générale et facile à comprendre de l'eau. Ainsi, on peut se servir de cet indice

pour évaluer la qualité de l'eau en regard d'un état souhaitable (défini par des objectifs de qualité des eaux) ainsi que la mesure dans laquelle la qualité de l'eau est altérée par l'activité humaine. Un indice est un outil utile pour décrire l'état de la tranche d'eau, des sédiments et de la vie aquatique, et pour établir des classes de salubrité des eaux pour les humains, la vie aquatique, la faune, etc.

Un indice peut fournir des renseignements sur l'état général de l'eau et son évolution. Comme la plupart des programmes de surveillance, cependant, l'indice ne révélera pas les effets des déversements et autres événements aléatoires et temporaires, à moins que ces événements soient relativement fréquents ou leurs effets, persistants.

Bien que plusieurs tentatives aient été faites pour développer un indice de qualité des eaux qui tienne compte de tous ces facteurs, la tentative la plus fructueuse à ce jour semble être celle du ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique (Rocchini et Swain, 1995). Cet indice a été adopté par plusieurs provinces, dont le Manitoba (ministère de la Conservation, Manitoba, 1997).

L'indice est fondé sur la combinaison de trois facteurs :

1. le nombre de variables non conformes aux objectifs (**étendue**);
2. la fréquence à laquelle les objectifs ne sont pas respectés (**fréquence**);
3. l'écart entre les mesures non conformes et les objectifs correspondants (**amplitude**).

Ces facteurs sont combinés pour produire une valeur unique (située entre 0 et 100) qui décrit la qualité de l'eau.

Contrairement à certains indices déjà existants, la formule de base proposée par la Colombie-Britannique tient compte de tous les aspects clés de la qualité de l'eau, est facile à calculer et est suffisamment souple pour qu'on puisse l'appliquer dans diverses situations. L'indice peut être très utile pour suivre l'évolution des paramètres de qualité des eaux d'un site donné et permet en outre la comparaison directe de sites dont la surveillance se fonde sur les mêmes variables et objectifs. Cependant, si les variables et les objectifs qui entrent dans le calcul de l'indice varient d'un site à l'autre, il peut être difficile

d'établir une comparaison entre eux. Dans ce cas, il est préférable de ne comparer que le degré de conformité des sites aux objectifs applicables. Ainsi, les indices de qualité des eaux d'un cours d'eau de montagne et d'un cours d'eau de prairie seraient calculés en fonction d'objectifs nutritifs différents, mais on pourrait tout de même comparer les sites en regard de leur classe de qualité (p. ex. : selon l'indice, la qualité de l'eau des deux sites est réputée « bonne »).

En janvier 1997, le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME), en collaboration avec le Groupe de travail sur les rapports sur l'état de l'environnement du CCME, a formé un sous-comité technique. Ce sous-comité avait pour tâche d'examiner et de modifier au besoin l'indice de la Colombie-Britannique afin de développer un indice de qualité des eaux du CCME (IQE du CCME) pouvant être adopté par toutes les provinces et tous les territoires. Le sous-comité a examiné, modifié et éprouvé l'IQE du CCME au moyen d'ensembles de données artificielles et réelles provenant de diverses provinces. La formulation finale de l'IQE du CCME, quoique fondée sur l'indice britannico-colombien, intègre des modifications proposées par l'Alberta et est très semblable à l'indice de qualité des eaux agricoles de l'Alberta (AAWQI; Wright et al., 1999). Une description complète de l'élaboration, de l'essai et du comportement de l'IQE du CCME est présentée dans CCME 2001.

Le présent manuel vise à fournir aux utilisateurs potentiels de l'IQE du CCME les renseignements généraux dont ils auront besoin pour appliquer l'indice à leur propre base de données. Notre objectif final est de combiner les résultats du Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux (CCME 2001) et des différents territoires administratifs pour constituer un indice pouvant être employé dans toutes les régions. Ce manuel doit donc être considéré comme la première étape d'un processus itératif et fera l'objet de modifications à mesure que de nouvelles données seront obtenues.

Description Générale de l'Indice

À l'instar des indices de la Colombie-Britannique et de l'Alberta, l'IQE du CCME repose sur la mesure de l'étendue, de la fréquence et de l'amplitude des écarts par rapport aux objectifs (voir la section suivante). Cependant, comme ces paramètres sont calculés différemment dans chacun des indices, ceux-ci ne donneront pas des résultats identiques avec le même ensemble de données.

Une autre différence importante entre l'indice de la Colombie-Britannique et l'IQE du CCME est la façon dont les différents facteurs sont combinés pour produire la valeur finale de l'indice. Dans les deux cas, la valeur de l'indice peut varier entre 0 et 100, mais les valeurs de l'indice britannico-colombien sont inversement proportionnelles à la qualité de l'eau, tandis que celles de l'IQE du CCME sont directement proportionnelles à cette qualité. Par conséquent, pour l'IQE du CCME, une valeur de 100 correspond à la meilleure qualité et une valeur de 0 à la qualité la plus faible.

Une fois la valeur de l'IQE du CCME déterminée, on peut la classer dans une des catégories de qualité de l'eau suivantes :

Excellente : (Valeur IQE du CCME de 95 à 100) – La qualité de l'eau est préservée, pratiquement aucune menace ni détérioration n'étant décelée; conditions très proches des niveaux naturels ou originels.

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.

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 des 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.

Données Entrant dans le Calcul de l'Indice

L'IQE du CCME fournit un cadre mathématique qui permet d'évaluer les conditions ambiantes de qualité de l'eau en regard d'objectifs précis. Il offre une grande souplesse sur le plan du type et du nombre de variables à mesurer, de la période d'étude et du type de masse d'eau examinée (cours d'eau, tronçon, lac, etc.). L'établissement de ces paramètres est laissée à l'utilisateur. Avant de calculer l'indice, par conséquent, il faut définir le type de masse d'eau, la période visée, les variables mesurées et les objectifs appropriés.

Le plan d'eau auquel s'appliquera l'indice peut être défini par une station (p. ex. : un lieu de surveillance situé dans un tronçon précis) ou par un certain nombre de stations (p. ex. : des sites répartis sur l'ensemble d'un lac). On peut utiliser sans problèmes des stations individuelles, mais uniquement si l'on dispose d'une quantité suffisante de données pour chacune d'elles. Plus on combine de stations, plus les conclusions seront générales.

La période retenue dépendra de la quantité de données disponibles et des exigences de l'utilisateur en matière de présentation de rapports. On utilise souvent une période minimale d'un an parce que le mode de collecte de données est généralement adapté à cette durée (données de surveillance mensuelles ou trimestrielles). On peut combiner les ensembles de données de différentes années, en particulier si ceux de certaines années sont incomplets, mais, comme c'est le cas lorsqu'on regroupe des stations, un certain degré de variabilité sera perdu.

Le calcul de l'IQE du CCME nécessite un minimum de quatre variables, échantillonnées au moins quatre fois. Aucun nombre maximum de variables et d'échantillons n'est toutefois fixé. Pour que l'indice donne des résultats significatifs, il faut choisir des variables de qualité de l'eau appropriées à la région étudiée. Naturellement, le choix d'un petit nombre de variables pour lesquelles les objectifs ne sont pas respectés ne produira pas le même tableau que l'examen d'un grand nombre de variables dont seulement un certain nombre ne sont pas conformes aux objectifs. L'utilisateur doit user de son jugement professionnel pour déterminer le type et le nombre de variables qui doivent entrer dans le calcul de l'IQE du CCME afin que les résultats décrivent le plus fidèlement possible la qualité de l'eau

dans une région donnée.

Calcul de l'Indice

Après avoir défini le type de masse d'eau, la période d'étude, les variables observées et les objectifs correspondants, il faut chiffrer chacun des trois facteurs qui composent l'indice. Le calcul des termes F_1 et F_2 est relativement simple, mais celui du terme F_3 nécessite quelques étapes supplémentaires.

Le terme F_1 (**étendue**) représente le pourcentage de variables dont au moins une mesure ne respecte pas l'objectif correspondant pendant la période d'étude (« variables non conformes »):

$$F_1 = \left(\frac{\text{nombre de variables non conformes}}{\text{nombre total de variables}} \right) \times 100 \quad (1)$$

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

$$F_2 = \left(\frac{\text{nombre de résultats non conformes}}{\text{nombre total de résultats}} \right) \times 100 \quad (2)$$

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.

- 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 :

$$\text{coefficient d'écart}_i = \left(\frac{\text{résultat non conforme}_i}{\text{objectif}_j} \right) - 1 \quad (3a)$$

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

$$\text{coefficient d'écart}_i = \left(\frac{\text{objectif}_j}{\text{résultat non conforme}_i} \right) - 1 \quad (3b)$$

- 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 :

$$\text{sncé} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{coefficient d'écart}_i}{\text{nombre total de résultats}} \quad (4)$$

- 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.

$$F_3 = \left(\frac{\text{sncé}}{0,01 \text{ sncé} + 0,01} \right) \quad (5)$$

Une fois ces facteurs établis, on peut calculer l'indice lui-même en additionnant les trois termes comme s'il s'agissait de vecteurs. La somme des carrés de chaque facteur est donc égale au carré de l'indice. Cette méthode traite l'indice comme un espace tridimensionnel défini par trois axes correspondant aux trois facteurs. Dans ce modèle, l'indice est directement proportionnel à chacun des trois facteurs.

Indice de qualité des eaux du CCME (IQE du CCME) :

$$\text{IQE}_{\text{du CCME}} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (6)$$

Le diviseur de 1,732 normalise les valeurs résultantes en fonction d'une plage de 0 à 100, où 0 représente la qualité d'eau « la plus mauvaise » et 100, la qualité d'eau « la meilleure ».

Exemple de Calcul

Il n'est pas recommandé de calculer manuellement l'indice pour une grande quantité de données. Une macro-instruction Excel a été élaborée à cette fin. Afin de mieux comprendre le fonctionnement de l'indice, cependant, il est utile d'examiner l'exemple suivant qui porte sur un ensemble simplifié de données recueillies

dans la rivière Saskatchewan Nord, à Devon, en Alberta.

Dix variables entreront dans le calcul de l'indice (oxygène dissous, pH, phosphore total, azote total, coliformes fécaux, arsenic, plomb, mercure, 2,4-D et lindane). La période d'étude est de un an (1997). La fréquence d'échantillonnage à ce site est mensuelle pour la plupart des variables (il manque un échantillon pour le mercure) et trimestrielle pour les pesticides.

Le nombre de variables non conformes aux objectifs est de 2 (PT et Pb). Le nombre total de variables est de 10. Par conséquent :

$$F_1 = \left(\frac{2}{10}\right) \times 100 = 20$$

Le nombre de résultats analytiques ne respectant pas les objectifs est de 4, et le nombre total de résultats analytiques, de 103. Il est à noter que des données manquent dans les colonnes du mercure et des pesticides. Dans ce cas :

$$F_2 = \left(\frac{4}{103}\right) \times 100 = 3,9$$

Les coefficients d'écart, leur somme normalisée et le terme F_3 sont calculés comme suit :

$$\text{coefficient d'écart} = \left(\frac{0,058}{0,05}\right) - 1 = 0,16, \text{ etc.}$$

Rivière Saskatchewan Nord à Devon – 1997

DATE	OD mg/L	pH	PT mg/L	NT mg/L	CF #/dL	As mg/L	Pb mg/L	Hg □g/L	2,4-D □g/L	Lindane □g/L
7 janvier 1997	11,4	8,0	0,006	0,160	4	0,0002	0,0004	M0,05	M0,005	M0,005
4 février 1997	11,0	7,9	0,005	0,170	M4 ²	M0,0002	0,0094	M0,05		
4 mars 1997	11,5	7,9	0,006	0,132	4	M0,0002	M0,0003	M0,05		
8 avril 1997	12,5	7,9	0,058 ¹	0,428	M4	M0,0002	0,0008	M0,05	0,004	M0,005
6 mai 1997	10,4	8,1	0,042	0,250	M4	0,0002	0,0008	M0,05		
3 juin 1997	8,9	8,2	0,108	0,707	26	0,0006	0,0013	M0,05		
8 juillet 1997	8,5	8,3	0,017	0,153	9	0,0002	0,0004			
5 août 1997	7,5	8,2	0,008	0,153	8	M0,0002	M0,0003	M0,05	M0,005	M0,005
2 septembre 1997	9,2	8,2	0,006	0,130	12	0,0003	0,0018	M0,05		
7 octobre 1997	11,0	8,1	0,008	0,093	12	M0,0002	0,0011	M0,05	M0,005	M0,005
4 novembre 1997	12,1	8,0	0,006	0,296	8	M0,0002	0,0051	M0,05		
1 décembre 1997	13,3	8,0	0,004	0,054	4	M0,0002	M0,0003	M0,05		
OBJECTIF	5	6,5 - 9,0	0,05	1	400	0,05	0,004	0,1	4	0,01

$$sncé = \frac{(0,16+1,16+1,35+0,275)}{103} = 0,029$$

$$F_3 = \left(\frac{0,029}{0,01(0,029)+0,01}\right) = 2,8$$

Les trois facteurs ayant été établis, on peut maintenant calculer la valeur de l'indice :

$$IQE_du_CCME = 100 - \left(\frac{\sqrt{20^2 + 3,9^2 + 2,8^2}}{1,732}\right) = 88$$

En regard des catégories proposées dans le présent document, la qualité de l'eau dans ce tronçon de rivière serait « bonne » selon les données de 1997.

Lorsqu'on présente une valeur calculée de l'IQE du CCME, il importe de l'expliquer au moyen d'un énoncé circonstancié. Dans l'exemple ci-dessus, cet énoncé pourrait se lire comme suit : « L'IQE du CCME indique que la qualité de l'eau de la rivière Saskatchewan Nord à Devon était *bonne* en 1997. Les conditions dans ce lieu sont réputées appropriées à la protection de la vie aquatique. Les concentrations de phosphore total et de plomb mesurées ont dépassé, chacune à deux reprises, les objectifs établis; ces écarts étaient toutefois relativement faibles et sont probablement attribuables à des circonstances naturelles ».

¹ Les valeurs en caractères gras ne sont pas conformes à l'objectif correspondant.

² M = moins de

Références

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.

Ministère de la Conservation, Manitoba. *Rapport sur l'état de l'environnement au Manitoba, 1997*, Winnipeg, Manitoba, 1997, 174 p.

Rocchini, R. et L. G. Swain. *The British Columbia Water Quality Index*, Water Quality Branch, Environmental Protection Department, British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks, Colombie-Britannique, 13 p.

Wright, C. R., K. A. Saffran, A.-M. Anderson, R. D. Neilson, N. D. MacAlpine et S. E. Cooke. *A Water Quality Index for Agricultural Streams in Alberta: The Alberta Agricultural Water Quality Index (AAWQI)*, établi pour le compte de l'Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Program (AESAP). Publié par Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Edmonton, Alberta, 1999, 35 p.

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: Manuel de l'utilisateur, 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>

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

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

Also available in English.