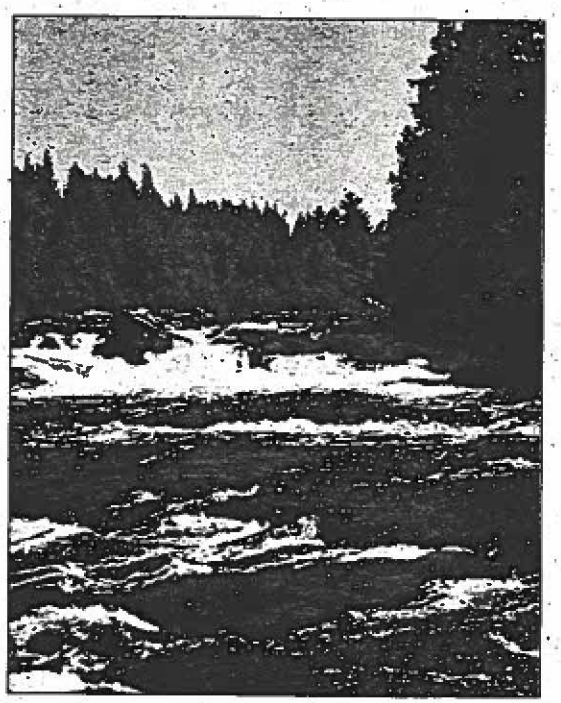
142
La gestion de l'eau au Québec

SURF.11

AUD6212-07-00

Qualité de l'eau

ENVIRONNEMENT
ET FAUNE
QUÉBEC



Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec

Québec

Direction des écosystèmes aquatiques

DÉVELOPPEMENT D'UN INDICE DE LA QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU POUR LES RIVIÈRES DU QUÉBEC

Par

Serge Hébert
Biologiste

Ministère de l'Environnement et de la Faune
Décembre 1996

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 1997
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-31403-4

Envirodoq EN970102
QE-108

AVANT-PROPOS

Le développement de l'indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau (IQBP) a été réalisé dans le cadre du programme de surveillance des écosystèmes aquatiques, dont l'un des objectifs est le suivi de l'impact du Programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ) sur la qualité de l'eau des rivières. Cet indice est basé sur des descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau, tels la demande biochimique en oxygène, les matières en suspension, le phosphore et les coliformes fécaux. Ces descripteurs sont de bons indicateurs des différentes formes de pollution :

- ils sont influencés par les rejets municipaux, les activités agricoles et certains types de rejets industriels;

- ils sont facilement mesurables dans l'eau, à un coût relativement peu élevé;

- il existe, pour la plupart de ces descripteurs, des critères qui permettent d'évaluer si la qualité de l'eau est adéquate pour supporter certains usages et maintenir la vie aquatique; on peut donc ainsi inférer sur la qualité physico-chimique et bactériologique d'une des composantes essentielles de l'écosystème;

- ils sont les principaux paramètres visés par les interventions d'assainissement urbain, industriel et agricole.

L'utilisation d'une telle approche a aussi ses limites. À titre d'exemple, la mesure de descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau et l'utilisation de l'IQBP ne nous renseignent pas sur la présence ou l'effet de substances toxiques sur les écosystèmes aquatiques, pas plus que sur la perte ou la dégradation d'habitats essentiels au maintien de la vie aquatique. Des approches complémentaires, telle l'utilisation de l'indice d'intégrité biotique (IIB), basé sur l'état et la composition des communautés ichtyologiques, ou encore de l'indice biologique global (IBG), basé sur la composition des communautés benthiques, doivent alors être utilisées si l'on veut établir un diagnostic plus global.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Chargé de projet :	Serge Hébert[1]
Collaboration :	Lyne Blanchet[1] Jacques Dupont[1] Lévis Talbot[1]
Révision scientifique :	Daniel Cluis[2] Hélène Dufour[1] Serge L'Italien[3] Marc Simoneau[1]
Traitement de texte :	Nathalie Milhomme[1]

1 Direction des écosystèmes aquatiques, ministère de l'Environnement et de la Faune, Édifice Marie-Guyart, 7e étage, 675, boulevard René-Lévesque Est, Québec (Québec) G1R 5V7

2 INRS-EAU, 2800, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

3 Centre canadien des eaux intérieures, Environnement Canada, 867, Lakeshore Road, Burlington (Ontario) L7R 4A6

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

2. DÉVELOPPEMENT DE L'INDICE DE QUALITÉ

2.1 DÉFINITION DU SYSTÈME DE CLASSIFICATION

L'objectif de ce projet est de développer un système de classification et un indice de qualité de l'eau pour les rivières du Québec. Les principales étapes du développement de l'indice de qualité sont présentées à la figure 1. Le système de classification et l'indice de qualité retenus font référence à l'état général de la qualité bactériologique et physico-chimique du milieu aquatique; il faut bien noter que seuls les descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau ont été retenus pour le développement de cet indice. Le système de classification proposé est basé sur les critères de qualité (MENVIQ, 1990, rév. 1992) se référant aux principaux usages liés à l'eau, soit la baignade, les activités nautiques, l'approvisionnement en eau à des fins de consommation, la protection de la vie aquatique et la protection du plan d'eau contre l'eutrophisation. L'indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau (IQBP), qui est adimensionnel et qui peut varier entre 0 et 100, permet de définir cinq classes de qualité :

- A (80 - 100) : eau de bonne qualité permettant généralement tous les usages, y compris la baignade;
- B (60 - 79) : eau de qualité satisfaisante permettant généralement la plupart des usages;
- C (40 - 59) : eau de qualité douteuse, certains usages risquent d'être compromis;
- D (20 - 39) : eau de mauvaise qualité, la plupart des usages risquent d'être compromis;
- E (0 - 19) : eau de très mauvaise qualité, tous les usages risquent d'être compromis.

2.2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'approche retenue est semblable à celle utilisée par Smith (1990). Un groupe d'une trentaine d'experts et de professionnels de la qualité de l'eau provenant de différents horizons (chimistes, biologistes, gestionnaires, etc.) a été consulté en s'inspirant de la méthode Delphi (Linstone et Turoff, 1975). La liste de ces personnes et des organismes auxquels elles sont rattachées est présentée à l'annexe 1. La méthode Delphi utilise une série de questionnaires pour arriver à un consensus de groupe par un processus d'itération. À chacune des étapes, une compilation des réponses de l'ensemble du groupe est envoyée à chacun des membres afin qu'il puisse réévaluer sa réponse. Ce processus est utilisé dans le but d'obtenir une meilleure convergence des opinions. Cette consultation a été réalisée par des envois postaux pour minimiser les interactions entre les membres du groupe. Deux grandes étapes dans le développement de l'indice ont suivi ce processus, soit la sélection des descripteurs de qualité et l'élaboration des versions initiales des courbes d'appréciation de la qualité de l'eau. Pour chacune de ces étapes, deux questionnaires ont ainsi été envoyés à chacun des participants. Par la suite, des rencontres entre un nombre restreint d'experts (annexe 2) ont permis de réajuster certaines courbes et de valider l'utilisation de l'indice sur une douzaine de bassins versants.

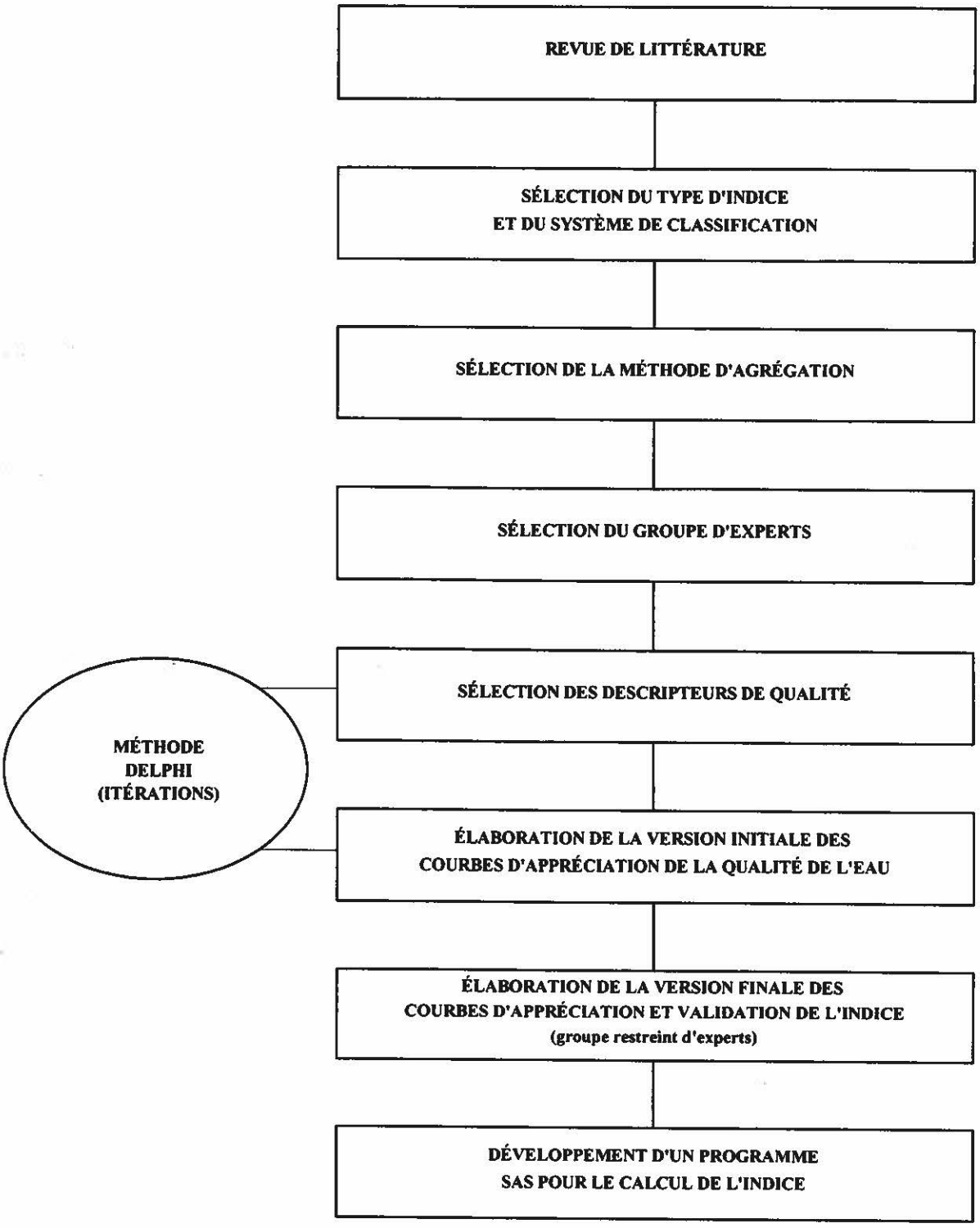


FIGURE 1 PRINCIPALES ÉTAPES DANS LE DÉVELOPPEMENT DE L'INDICE DE QUALITÉ

2.3 SÉLECTION DES DESCRIPTEURS DE QUALITÉ

Le premier questionnaire envoyé à chacun des membres du groupe d'experts leur demandait de sélectionner quels descripteurs, parmi ceux mesurés par le Réseau-rivières, devraient être considérés dans le calcul d'un indice général de la qualité de l'eau (tableau 1). Les participants pouvaient également ajouter à la liste fournie tout descripteur qu'ils jugeaient opportun. Des informations concernant le type d'indice recherché et la méthode d'agrégation retenue à la suite de la revue de littérature étaient également fournies avec le questionnaire. Un deuxième questionnaire a été envoyé aux participants afin qu'ils réévaluent leur choix à la lumière de la compilation des réponses de l'ensemble des participants. Dix descripteurs de qualité ont ainsi été retenus par la majorité des experts (tableau 2), soit les coliformes fécaux, le phosphore total, l'azote ammoniacal, l'oxygène dissous, les matières en suspension, le pH, la turbidité, la demande biochimique en oxygène (DBO_5), les nitrites et les nitrates et la chlorophylle *a* totale (chlorophylle *a* + phéopigments).

2.4 ÉLABORATION DES COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Les premières versions des courbes de transformation, que l'on pourrait également appeler des courbes d'appréciation de la qualité de l'eau, ont aussi été obtenues à l'aide de la méthode Delphi. Des graphiques vierges ont été fournis à chacun des experts, et ce, pour chacun des descripteurs retenus lors de la première étape. Ces graphiques présentaient, en abscisse, la plage des valeurs ou concentrations observées dans les rivières du Québec (la concentration maximale correspondant, selon le descripteur, au 90e ou au 99e percentile, ou encore à la valeur maximale mesurée) et, en ordonnée, une variable adimensionnelle variant de 0 à 100 et représentant le sous-indice de qualité. Pour certains descripteurs, un point correspondant à un critère de qualité avait déjà été positionné sur le graphique. Dans tous les cas, à l'exception des nitrites et des nitrates, le critère de qualité correspondait à un sous-indice de 60 et servait à discerner une eau de qualité satisfaisante (classe B) d'une eau de qualité douteuse (classe C). Pour ce qui est des nitrites et des nitrates, le critère de qualité (10 mg/L) correspondait à un sous-indice de 20. Dans tous les cas où des points étaient prépositionnés, les courbes à tracer devaient obligatoirement passer par ceux-ci. Les courbes tracées par les experts ont par la suite été compilées pour chacun des descripteurs en utilisant la moyenne et l'intervalle de confiance à 95 %. Cette compilation a été retournée aux participants pour commentaires. À ce stade-ci, les premières versions des courbes ont été acceptées sans modification (annexe 3).

2.5 VALIDATION DE L'IQBP

Neuf bassins versants, dont la qualité de l'eau est connue, ont été sélectionnés afin de valider l'IQBP. Il s'agit des bassins versants des rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François, Nicolet, Chaudière, du Nord, L'Assomption, Saguenay et Matapédia. Un groupe restreint d'une douzaine d'experts (annexe 2) ayant une très bonne connaissance de la problématique de l'eau sur ces

TABLEAU 1 COMPILATION INITIALE DES RÉPONSES CONCERNANT LA SÉLECTION D DESCRIPTEURS DE QUALITÉ DEVANT SERVIR AU CALCUL DE L'IQBP

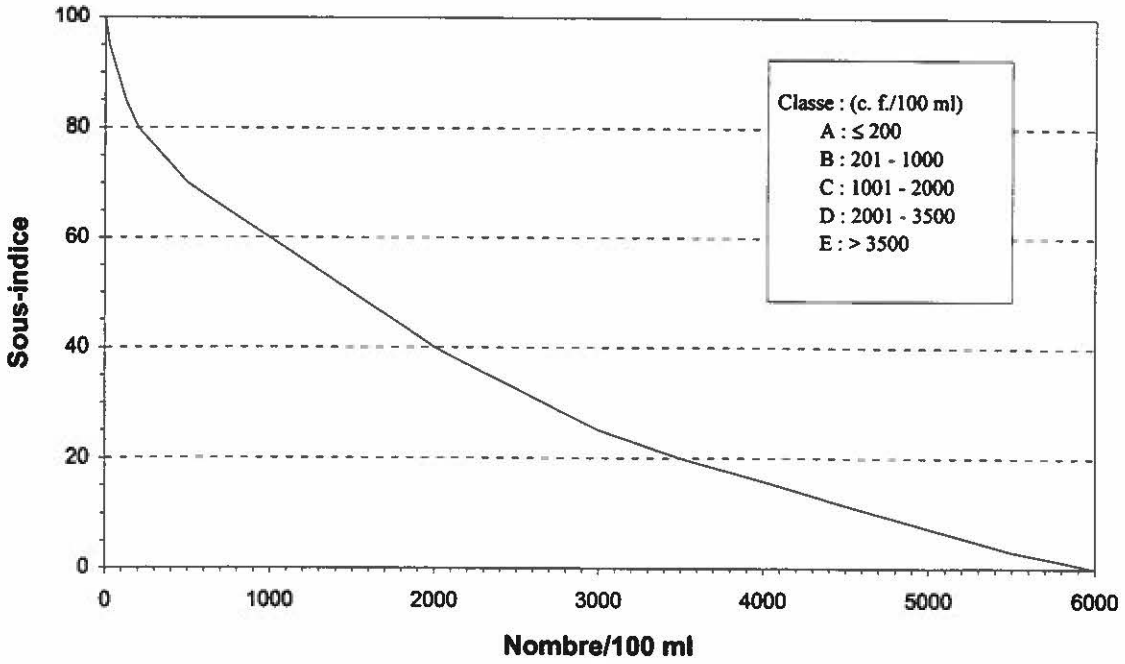
DESCRIPTEURS	NOMBRE DE RÉPONDANTS		
	ne pas retenir	indécis	retenir
Température	8	5	13
Oxygène dissous	2	2	23
pH	4	0	22
Couleur vraie	13	3	10
Nitrites et nitrates (dissous)	2	6	19
Azote ammoniacal (dissous)	1	2	24
Azote total	9	6	11
Phosphore total	0	2	25
Turbidité	4	5	18
Conductivité	13	3	10
Matières en suspension	2	2	23
Chlorophylle *a* totale	3	10	13
Chlorophylle *a* active	8	11	6
Coliformes fécaux	0	0	27
DBO_5	2	3	21
Manganèse	18	1	7
Fer	16	0	11
Cuivre	8	5	13
Zinc	8	4	14
Nickel	11	6	9
Aluminium	7	3	16
Cadmium	9	5	12
Chrome	9	6	11
Plomb	8	3	15
AUTRES			
Alcalinité			1
Dureté			2
Phosphore (dissous)			1
Carbone organique total			2
Chlorures			2
Mercure			1
Fluorures			1
Bromures			1
Potassium			1

TABLEAU 2 COMPILATION FINALE DES RÉPONSES CONCERNANT LA SÉLECTION DES DESCRIPTEURS DE QUALITÉ DEVANT SERVIR AU CALCUL DE L'IQBP

DESCRIPTEURS	NOMBRE DE RÉPONDANTS		
	ne pas retenir	indécis	retenir
Température	13	3	12
Oxygène dissous	2	1	25
pH	3	1	24
Couleur vraie	16	4	8
Nitrites et nitrates (dissous)	1	6	21
Azote ammoniacal (dissous)	0	2	26
Azote total	14	4	9
Phosphore total	0	1	27
Turbidité	4	2	22
Conductivité	14	3	9
Matières en suspension	2	2	24
Chlorophylle *a* totale	3	8	17
Chlorophylle *a* active	15	8	4
Coliformes fécaux	0	0	28
DBO_5	1	6	21
Manganèse	24	0	4
Fer	22	2	4
Cuivre	11	5	12
Zinc	11	5	12
Nickel	19	4	5
Aluminium	10	5	13
Cadmium	11	6	11
Chrome	13	5	10
Plomb	10	5	13

bassins a été retenu. Les concentrations mesurées pour les différents descripteurs, l'IQBP moyen et médian, ainsi que la fréquence des classes de qualité correspondantes étaient fournis aux experts pour chacune des stations d'échantillonnage. Il leur était alors demandé si l'image produite par l'IQBP correspondait à la réalité et à la perception qu'ils avaient de la qualité de l'eau de ces bassins versants obtenue à l'aide des concentrations mesurées et de leur comparaison avec les critères de qualité couramment utilisés (MENVIQ, 1990, rév. 1992). À la suite de cette consultation et de plusieurs réunions, des modifications ont été apportées aux courbes concernant le phosphore total, les coliformes fécaux et les nitrites-nitrates; le pourcentage de saturation en oxygène dissous a finalement été retenu pour remplacer la concentration en oxygène dissous et une nouvelle courbe a été produite. À la suite de ces modifications, une nouvelle validation a été réalisée sur les bassins déjà mentionnés et sur ceux des rivières Sainte-Anne, Saint-Charles, Châteauguay, Etchemin et sur le fleuve Saint-Laurent. Les versions finales des courbes d'appréciation de la qualité de l'eau sont présentées aux figures 2 à 6.

Coliformes fécaux



Phosphore total

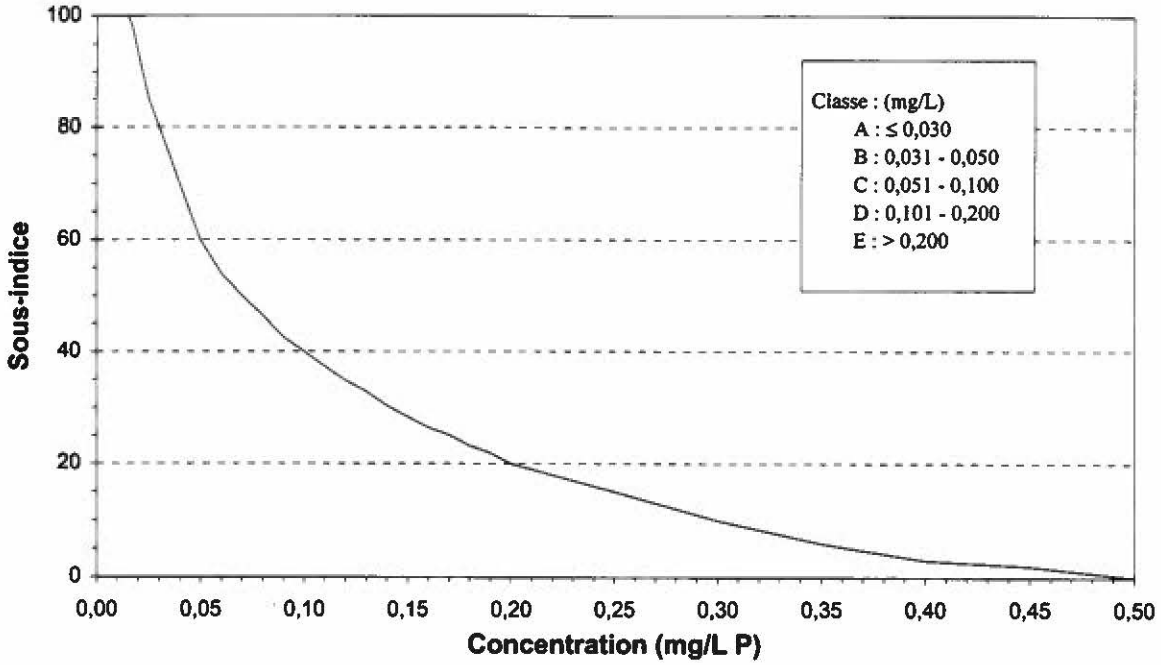
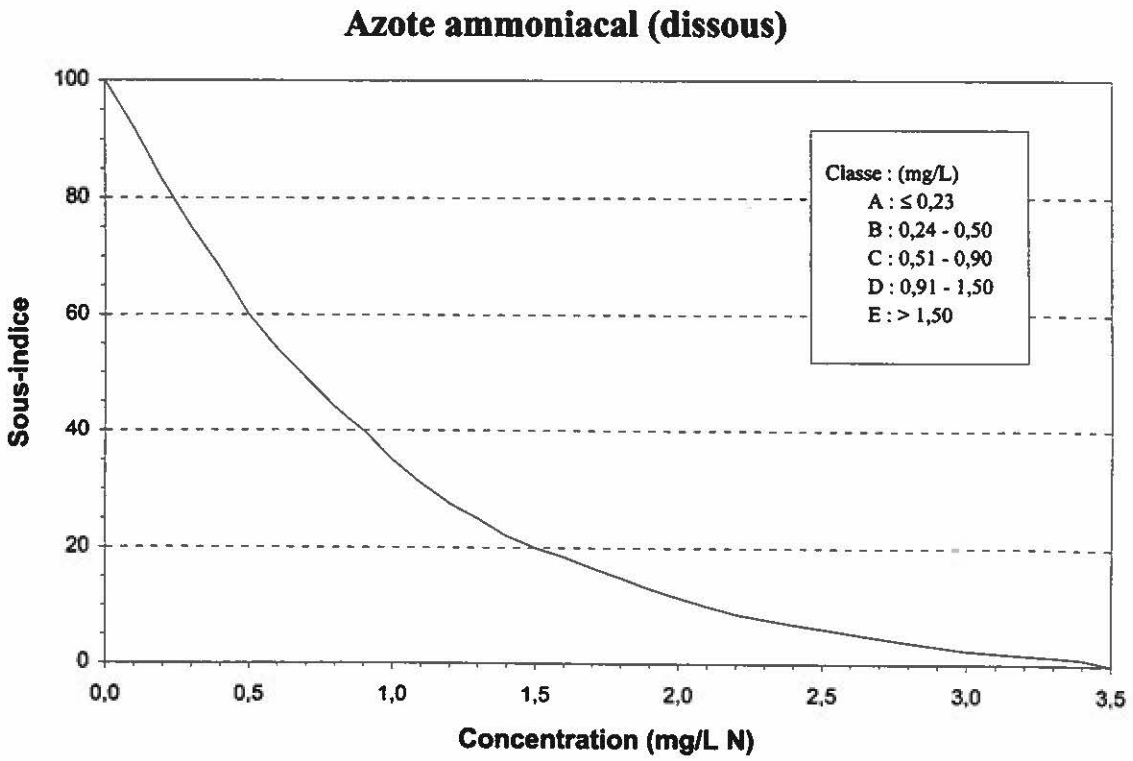


FIGURE 2 COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU POUR LES COLIFORMES FÉCAUX ET LE PHOSPHORE TOTAL



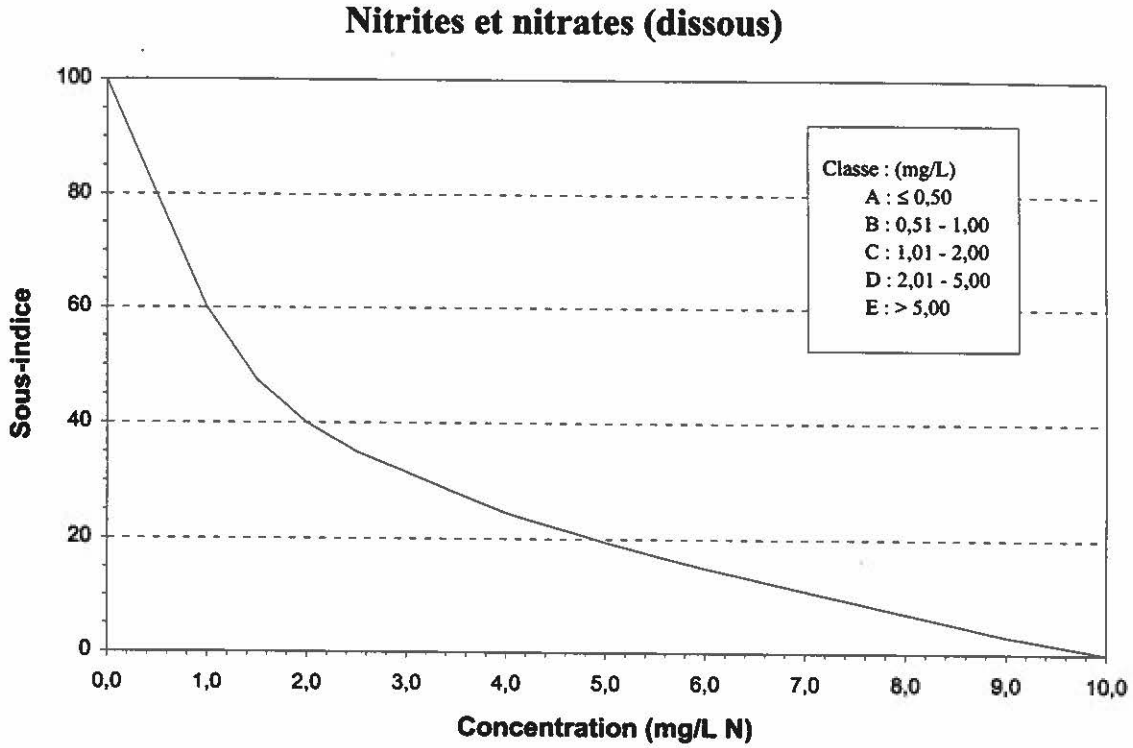


FIGURE 3 COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU POUR L'AZOTE AMMONIACAL ET LES NITRITES-NITRATES

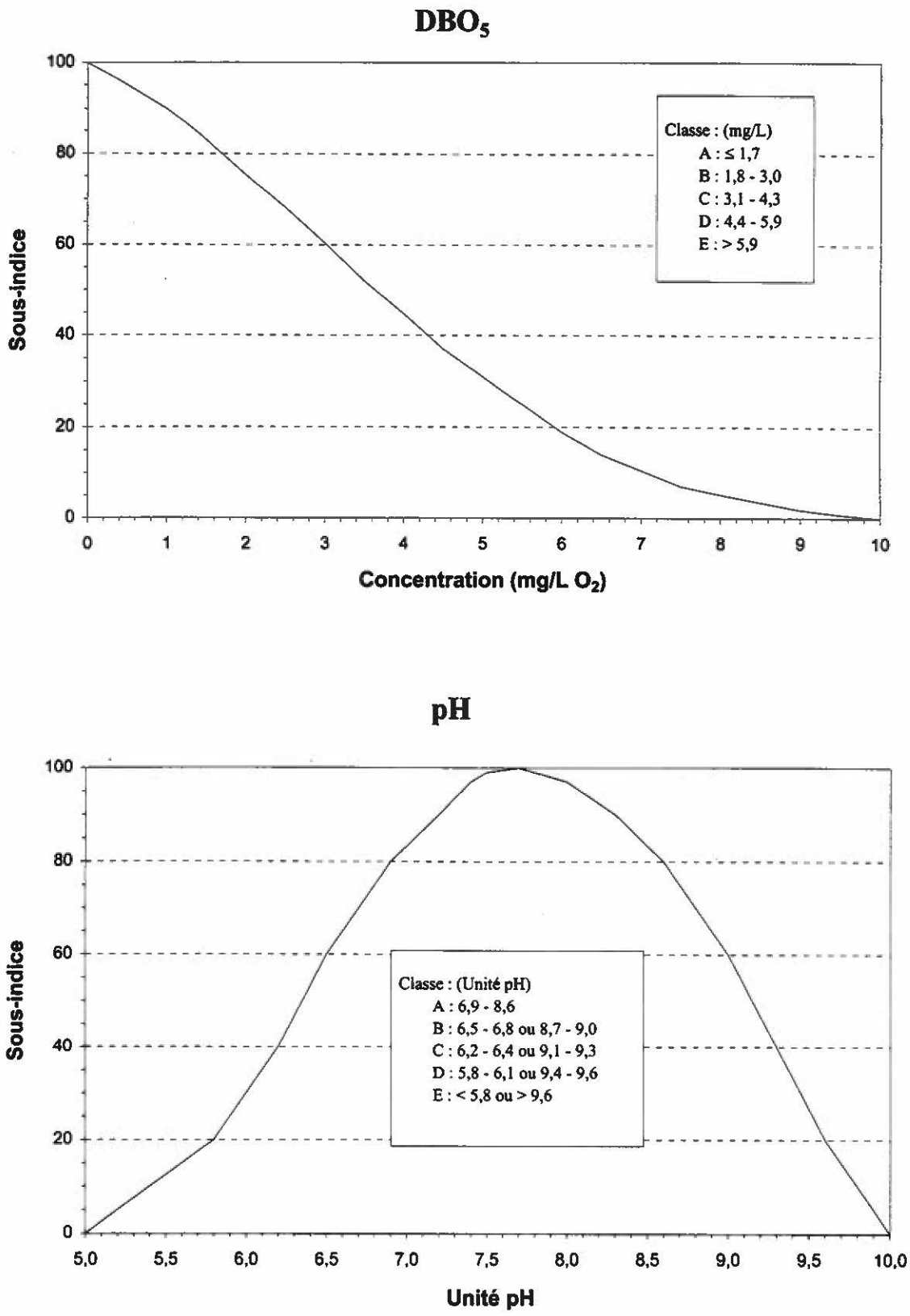
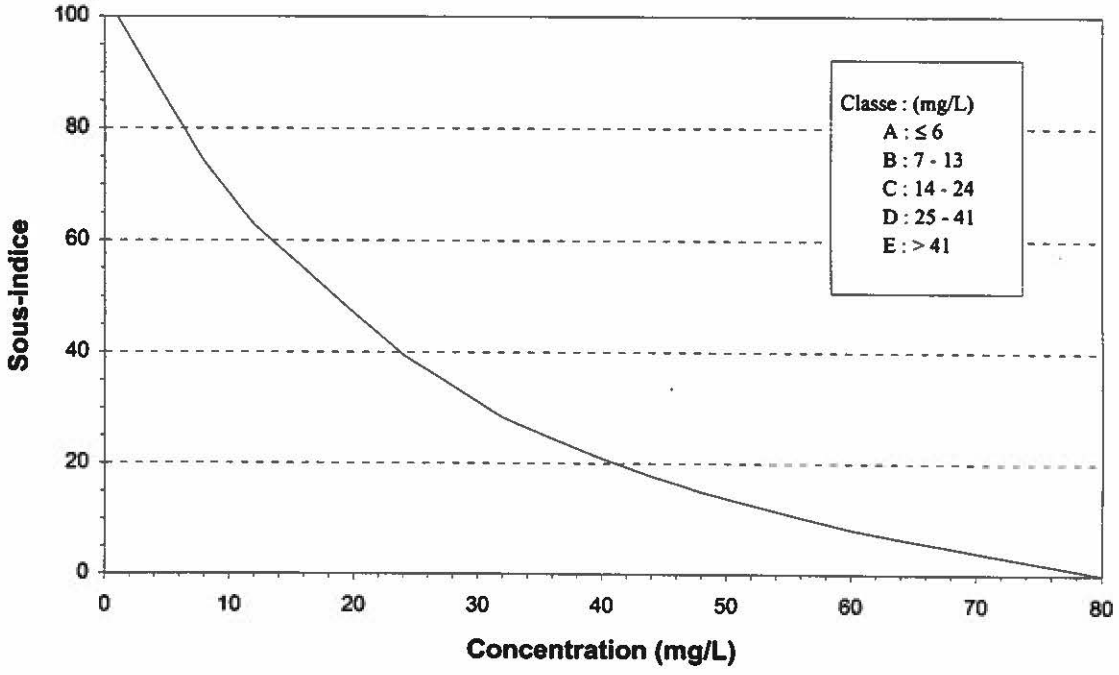


FIGURE 4 COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU POUR LA DBO_5 ET LE pH

Matières en suspension



Turbidité

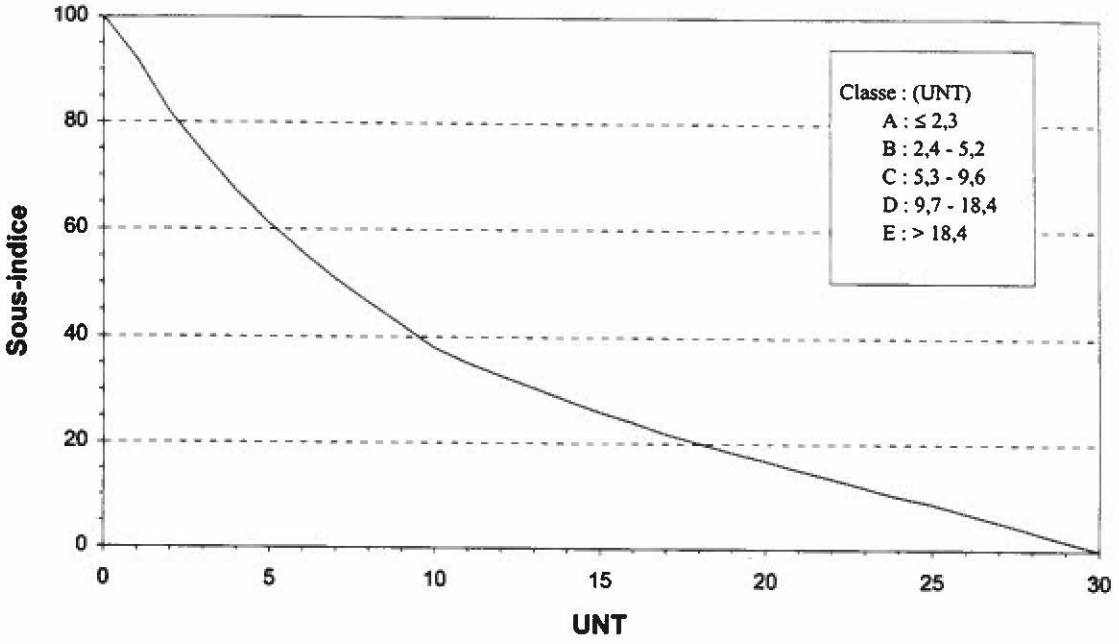
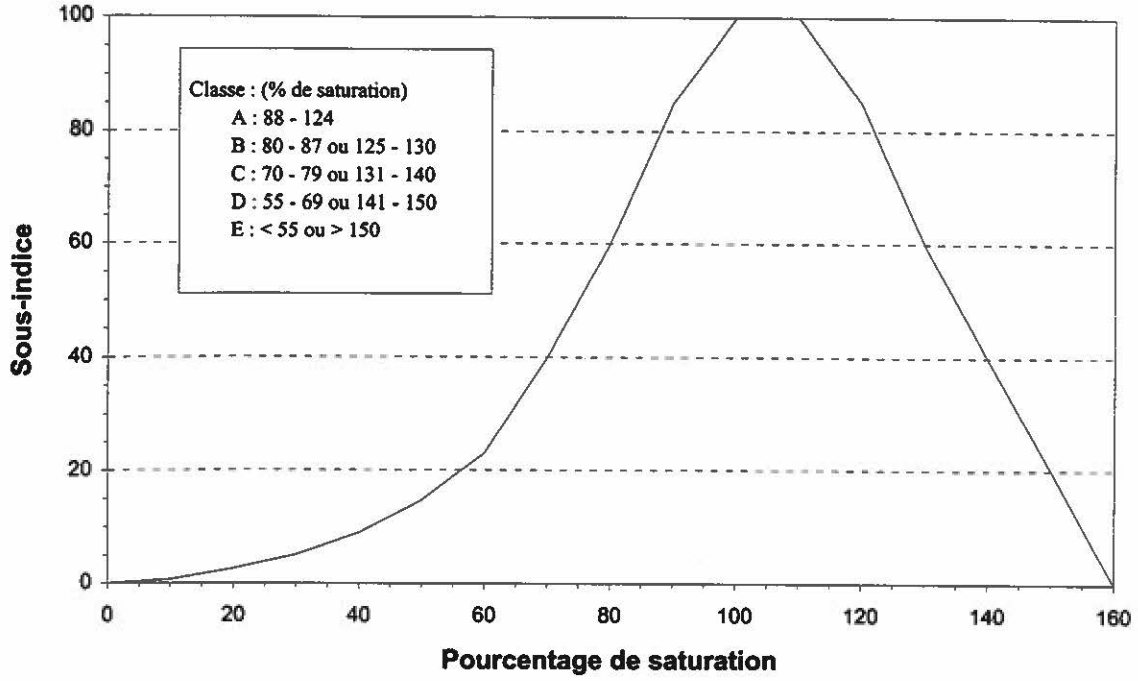


FIGURE 5 COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU POUR LES MATIÈRES EN SUSPENSION ET LA TURBIDITÉ

Saturation en oxygène dissous



Chlorophylle *a*

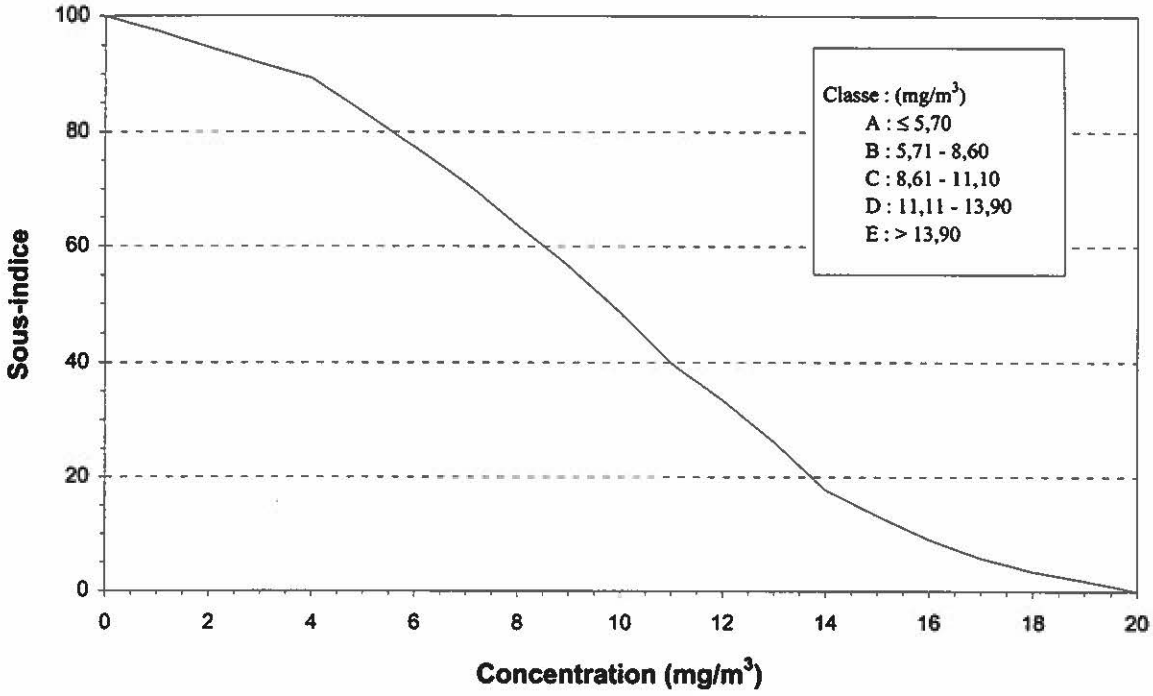


FIGURE 6 COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU POUR LA SATURATION EN OXYGÈNE DISSOUS ET LA CHLOROPHYLLE *a*

3. UTILISATION DE L'IQBP

Une équation a été développée pour chacun des descripteurs de qualité retenu afin de transformer les valeurs mesurées en sous-indice de qualité. Ces équations sont présentées à l'annexe 3. Ces polynômes du n^{e} degré sont des fonctions tronquées valables uniquement pour la plage des valeurs pour laquelle elles ont été ajustées. Dans le cas où certaines des concentrations mesurées sont en deçà ou au-delà des limites des plages de valeurs présentées ci-dessous, il faudra calculer le sous-indice en utilisant la valeur limite de la plage :

- phosphore total :	0,015 à 0,5 mg/L de P;
- coliformes fécaux :	1 à 6 000 c.f./100 ml;
- DBO_5 :	0 à 10 mg/L de O_2;
- saturation en O_2 :	0 à 160 %;
- azote ammoniacal :	0 à 3,5 mg/L de N;
- nitrites et nitrates :	0 à 10 mg/L de N;
- chlorophylle *a* totale :	0 à 20 mg/L;
- pH :	5 à 10 unités de pH;
- turbidité :	0 à 30 UNT;
- matières en suspension :	1 à 80 mg/L.

Un exemple de calcul de l'indice est présenté à la figure 7. Dans ce cas-ci, le descripteur limitant se trouve être les coliformes fécaux, et la valeur de l'IQBP, pour cet échantillon, est de 30. Si plusieurs prélèvements sont effectués à une station donnée, l'IQBP final est obtenu en calculant la médiane des indices correspondant à chacun des prélèvements. D'un prélèvement à l'autre, le descripteur limitant peut cependant varier.

L'IQBP ne peut être utilisé que pour évaluer la qualité de l'eau en période estivale seulement, soit de mai à octobre. C'est pendant cette période de l'année que la composition physico-chimique et la qualité bactériologique de l'eau sont le plus susceptibles d'affecter la vie aquatique et les usages associés aux cours d'eau. Les courbes d'appréciation de la qualité de l'eau concernant plusieurs descripteurs (turbidité, matières en suspension, chlorophylle *a*, phosphore et azote ammoniacal) ont d'ailleurs été développées pour cette période de l'année. Il serait inapproprié d'utiliser l'IQBP pour caractériser la qualité des eaux pendant la crue printanière ou au cours de l'hiver. En effet, la crue printanière entraîne une augmentation des concentrations en phosphore, de la turbidité et des matières en suspension. Pendant la saison froide, la production primaire est à son minimum, alors que la dynamique et la toxicité de l'azote ammoniacal pour la faune aquatique sont très caractéristiques de cette période de l'année.

Les courbes d'appréciation de la qualité de l'eau ayant été développées pour l'ensemble du territoire québécois, il faut être très prudent dans l'utilisation de l'IQBP. Par exemple, les eaux coulant sur le bouclier canadien ont un pH naturellement plus acide qu'ailleurs au Québec. Les eaux drainant les basses terres du Saint-Laurent présentent une turbidité et des concentrations de matières en suspension naturellement plus élevées que les rivières de la péninsule gaspésienne. Il faudrait aussi porter une attention particulière à la chlorophylle *a* totale mesurée à l'exutoire des lacs, à cause de la production primaire exportée de ces milieux.

DESCRIPTEURS	VALEURS MESURÉES	SOUS-INDICES DE QUALITÉ
Phosphore total (mg/L P)	0,087	43
Coliformes fécaux (nombre/100 ml)	2700	30
DBO_5 (mg/L O_2)	2,8	63
Saturation en O_2 (%)	115	94
Azote ammoniacal (mg/L N)	0,06	95
Nitrites et nitrates (mg/L N)	0,25	90
Chlorophylle *a* totale (mg/m^3)	10,90	41
pH	7,6	99
Turbidité (UNT)	3,3	72
Matières en suspension (mg/L)	21	44

DESCRIPTEUR LIMITANT :

Coliformes fécaux

IQBP = 30

CLASSE D :

Eau de mauvaise qualité, la plupart des usages risquent d'être compromis

N.B. Si plusieurs prélèvements sont effectués à une station donnée, on calcule l'IQBP final en utilisant la médiane. D'un prélèvement à l'autre, le descripteur limitant peut varier.

FIGURE 7 EXEMPLE DE CALCUL DE L'IQBP

4. CONCLUSION

En conclusion, l'indice de qualité de l'eau développé par la Direction des écosystèmes aquatiques devrait s'avérer un outil de synthèse d'une grande utilité pour la diffusion des résultats concernant la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau des rivières du Québec. L'utilisation d'un indice de qualité entraîne cependant une perte d'information; le mode d'agrégation retenu dans le calcul de l'IQBP permet toutefois de minimiser celle-ci. Il serait aussi souhaitable de présenter, en plus de résultats numériques de l'IQBP, les descripteurs limitant le plein usage du cours d'eau.

Il faut finalement garder présent à l'esprit que seuls les descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau ont été considérés dans le calcul de l'IQBP et qu'il faudra toujours valider les résultats obtenus, à cause des particularités hydrogéographiques qui peuvent moduler, de façon naturelle, la qualité de l'eau.

5. BIBLIOGRAPHIE

BÉRON, P., L. VALIQUETTE et G. PATRY, 1979. *Indices de qualité des eaux du G.R.E.M.U.*, Groupe de recherche sur l'eau en milieu urbain, Département de génie civil, École Polytechnique, Montréal, 79 p. + 3 annexes.

BÉRON, P., L. VALIQUETTE, G. PATRY et F. BRIÈRE, 1982. « Indices de qualité des eaux », dans *Tribune du Cebedeau*, 467 (35) : 385-391.

BOURASSA, F.V., 1981. *Indices de la qualité des eaux en milieu lacustre*, ministère de l'Environnement, Direction générale des inventaires et de la recherche, Québec, 36 p. + 6 annexes.

COUILLARD, D. et Y. LEFEBVRE, 1985. « Analysis of Water Quality Indices », dans *J. Environ. Manag.*, 21 : 161-179.

FRÉCHETTE, F., 1978. *Comparaison des indices de qualité de l'eau*, mémoire de maîtrise présenté à l'INRS-EAU, Québec, 74 p. + 26 annexes.

FRÉCHETTE, F. et D. CLUIS, 1983. « Perspectives d'application des indices de qualité de l'eau », dans *Eau du Québec*, 16 : 11-19.

GUSTAFSSON, J.E., 1992. « Ambient water quality classification and water management in Sweden », dans *Eur. Wat. Poll. Control*, 2 (5) : 33-38.

HOUSE, M.A. et J.B. ELLIS, 1987. « The development of water quality indices for operational management », dans *Wat. Sci. Tech.* 19 (9) : 145-154.

HOUSE, M.A., 1989. « A water quality index for use in the operational management of river water quality in Europe », dans *Watershed 89 : the future for Water Quality in Europe. Volume II.* Proceedings of the IAWPRC Conference, Guildford, UK, 17-20 April, 1989. Pergamon Press, New-York : 159-168.

LINSTONE, H.A. et M. TUROFF, 1975. *The DELPHI Method : Techniques and Applications*, Addison-Wesley, Reading, Mass.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENVIQ), 1990, révisé 1992. *Critères de qualité de l'eau*, ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, Québec, 432p.

PROVENCHER, M. et M.P. LAMONTAGNE, 1977. *Méthode de détermination d'un indice d'appréciation de la qualité des eaux selon différentes utilisations (IQE)*, ministère des Richesses naturelles, Service de la qualité des eaux, Québec, 70 p. + 6 annexes.

SMITH, D.G., 1987. *Water quality indexes for use in New Zealand's rivers and streams*, Ministry of Works and Development, Water Quality Centre, Hamilton, New Zealand, 62 p. + annexes.

SMITH, D.G., 1990. « A better water quality indexing system for rivers and streams », dans *Wat. Res.*, 24 (10) : 1237-1244.

TYSON, J.M. et M.A. HOUSE, 1989. « The application of a water quality index to river management », dans *Wat. Sci. Tech.*, 21 : 1149-1159.

ANNEXE 1

LISTE DES PERSONNES CONSULTÉES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'IQBP

ANNEXE 1 LISTE DES PERSONNES CONSULTÉES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'IQBP

Jean-Christian Auclair
INRS-EAU

Olivier Banton
INRS-EAU

Robert Bertrand
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Mario Bérubé
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Pierre Bilodeau
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Sylvie Blais
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Denis Brouillette
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Peter G. C. Campbell
INRS-EAU

Richard Carignan
INRS-EAU

Daniel Cluis
INRS-EAU

Hélène Dufour
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Louis Désilets
Pêches et Océans Canada
(maintenant à l'Association des industries forestières du Québec)

André Germain
Environnement Canada

Denise Gouin
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Yves Grimard
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Michel Groleau
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Isabelle Guay
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Landis Hare
INRS-EAU

Marius Lachance
INRS-EAU

Camille Paré
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Sylvain Primeau
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Francine Richard
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Patricia Robitaille
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Normand Rousseau
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Marc Simoneau
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

Marc Sinotte
Direction des écosystèmes aquatiques, MEF

André Tessier
INRS-EAU

Simon Théberge
Direction des politiques du secteur municipal, ME

ANNEXE 2

LISTE DES PERSONNES RESPONSABLES DE LA VERSION FINALE DES COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU ET DE LA VALIDATION DE L'IQBP

ANNEXE 2 LISTE DES PERSONNES RESPONSABLES DE LA VERSION FINALE DES COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU ET DE LA VALIDATION DE L'IQBP*

Robert Bertrand	Yves Grimard
Mario Bérubé	Serge Hébert
Pierre Bilodeau	Camille Paré
Sylvie Blais	Sylvain Primeau
Denis Brouillette	Patricia Robitaille
Hélène Dufour	Marc Simoneau
Denyse Gouin	

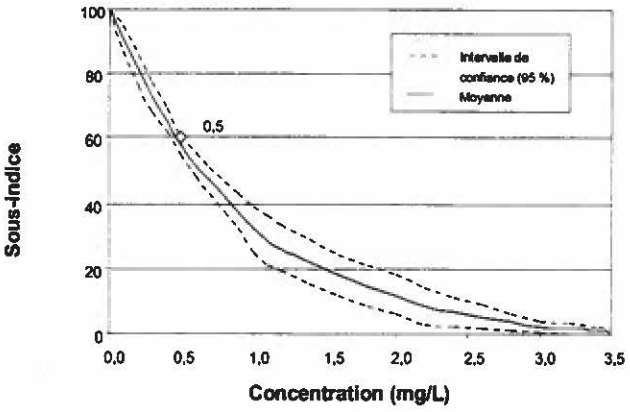
* Toutes ces personnes font partie de la Direction des écosystèmes aquatiques du MEF.

ANNEXE 3

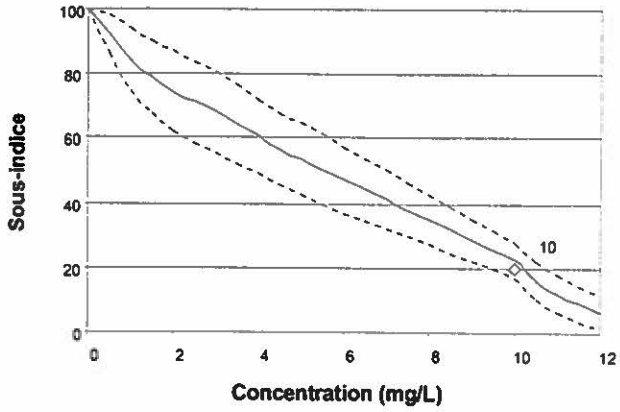
VERSION INITIALE DES COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU AVANT VALIDATION

ANNEXE 3 VERSION INITIALE DES COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU AVANT VALIDATION

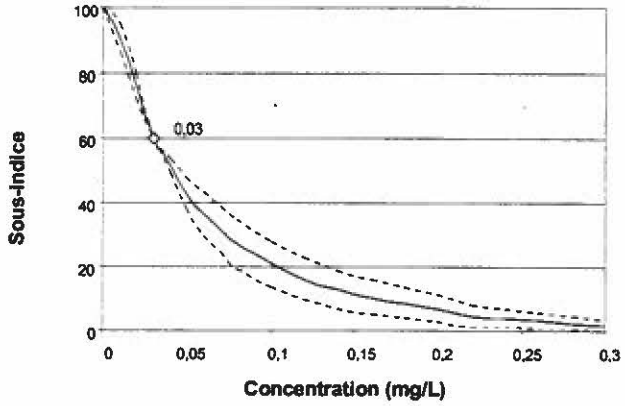
Azote ammoniacal (dissous)



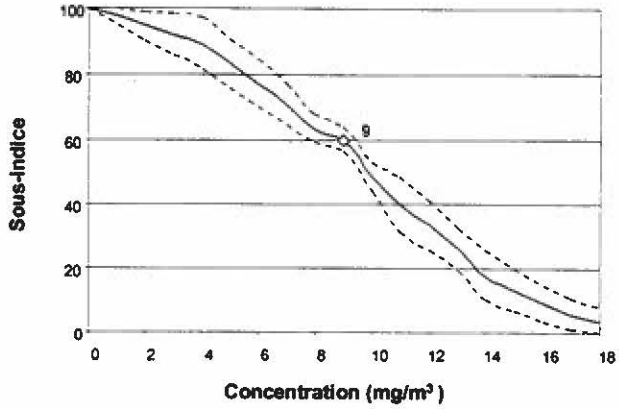
Nitrites et nitrates (dissous)



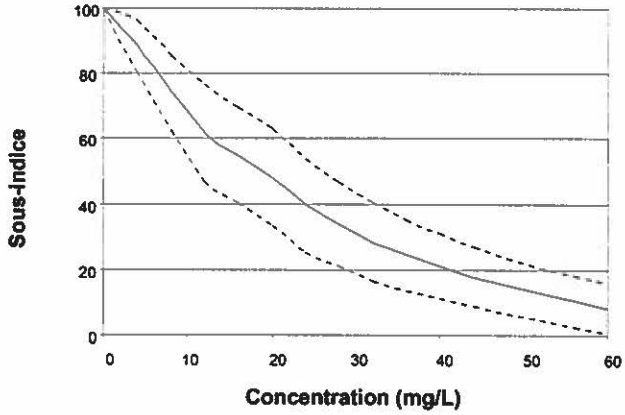
Phosphore total



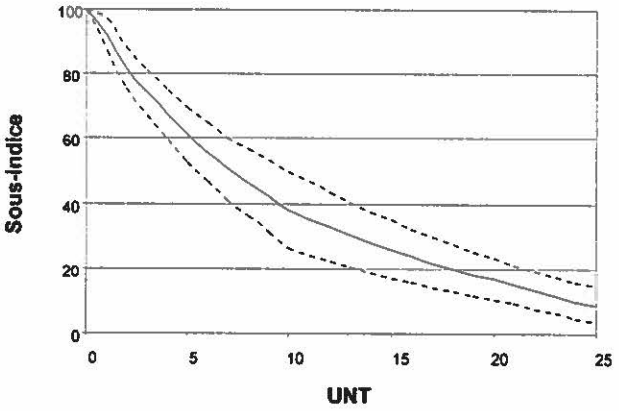
Chlorophylle *a* totale



Matières en suspension

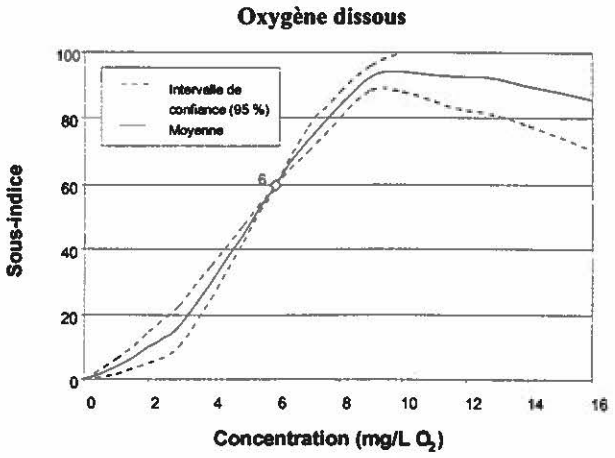


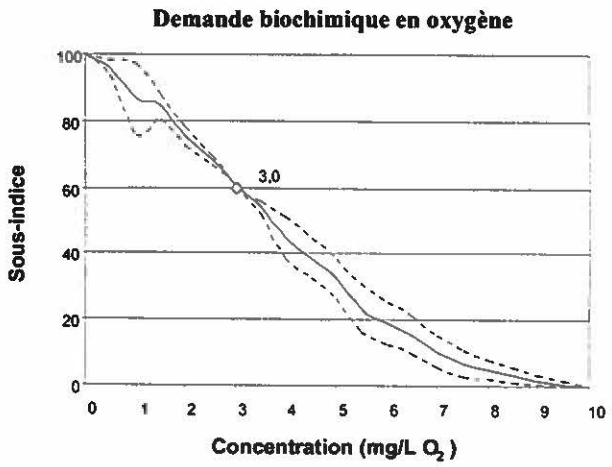
Turbidité

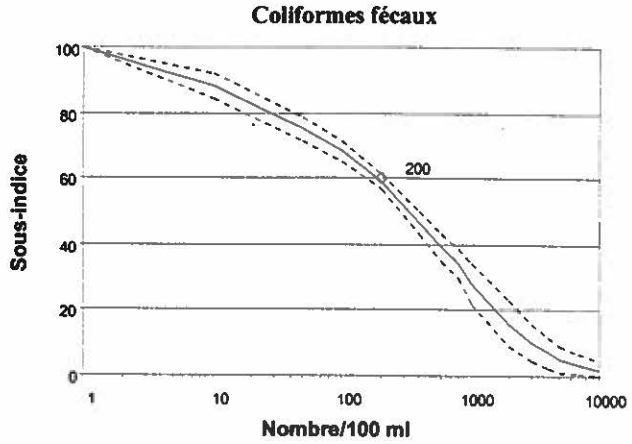


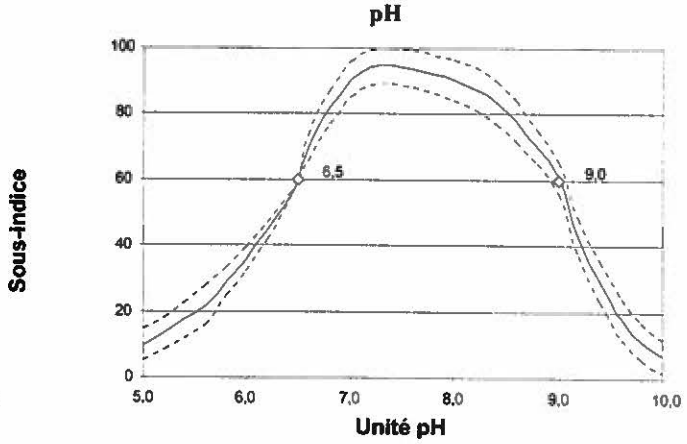
Direction des écosystèmes aquatiques
Ministère de l'Environnement et de la Faune

ANNEXE 3 VERSION INITIALE DES COURBES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU AVANT VALIDATION (SUITE)









ANNEXE 4

PROGRAMME SAS POUR LE CALCUL DE L'IQBP

```
*************************************************************;
*   PROGRAMME DE CALCUL DE L'INDICE DE LA QUALITÉ           *;
*    BACTÉRIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU           *;
*                        (IQBP)                             *;
*************************************************************;

* ---------------------------------------------------------;
*       DÉFINITION DU SOUS-REPERTOIRE DE TRAVAIL           ;
*          ET DU FICHIER CONTENANT LES DONNÉES             ;
* ---------------------------------------------------------;

  LIBNAME INDICE 'C:\.............\';

DATA INDEX;

INFILE 'C:\.................';

* ---------------------------------------------------------;
* LECTURE DES DONNÉES                                      ;
* ---------------------------------------------------------;

INPUT STATION DATE TB ME NO NH PH OD PT DB CO CH TEMP;

LABEL STATION = STATION DE MESURE;
LABEL DATE    = DATE D'ÉCHANTILLONNAGE;
LABEL TB      = TURBIDITÉ (UNT);
LABEL ME      = MES (mg/L);
LABEL NO      = NITRATES ET NITRITES (mg/L N);
LABEL NH      = AZOTE AMMONIACAL (mg/L N);
LABEL PH      = pH MESURÉ EN LABORATOIRE (unités);
LABEL OD      = OXYGÈNE DISSOUS (mg/L de O2);
LABEL SA      = SATURATION OXYGÈNE DISSOUS (%);
LABEL PT      = PHOSPHORE TOTAL (mg/L);
LABEL DB      = DBO5 (mg/L);
LABEL CO      = COLIFORMES FÉCAUX (nb/100mL);
LABEL CH      = CHLOROPHYLLE a TOTALE (mg/m3);

* ---------------------------------------------------------;
* CALCUL DU % DE SATURATION EN OXYGÈNE DISSOUS             ;
* ---------------------------------------------------------;

      IF TEMP=0 THEN SOL=14.16;
      ELSE IF TEMP<=1 THEN SOL=13.77;
      ELSE IF TEMP<=2 THEN SOL=13.40;
      ELSE IF TEMP<=3 THEN SOL=13.05;
      ELSE IF TEMP<=4 THEN SOL=12.70;
      ELSE IF TEMP<=5 THEN SOL=12.37;
      ELSE IF TEMP<=6 THEN SOL=12.06;
      ELSE IF TEMP<=7 THEN SOL=11.76;
      ELSE IF TEMP<=8 THEN SOL=11.47;
      ELSE IF TEMP<=9 THEN SOL=11.19;
      ELSE IF TEMP<=10 THEN SOL=10.92;
      ELSE IF TEMP<=11 THEN SOL=10.67;
      ELSE IF TEMP<=12 THEN SOL=10.43;
      ELSE IF TEMP<=13 THEN SOL=10.20;
      ELSE IF TEMP<=14 THEN SOL=9.98;
      ELSE IF TEMP<=15 THEN SOL=9.76;
      ELSE IF TEMP<=16 THEN SOL=9.56;
      ELSE IF TEMP<=17 THEN SOL=9.37;
      ELSE IF TEMP<=18 THEN SOL=9.18;
      ELSE IF TEMP<=19 THEN SOL=9.01;
      ELSE IF TEMP<=20 THEN SOL=8.84;
      ELSE IF TEMP<=21 THEN SOL=8.68;
      ELSE IF TEMP<=22 THEN SOL=8.53;
      ELSE IF TEMP<=23 THEN SOL=8.38;
      ELSE IF TEMP<=24 THEN SOL=8.25;
      ELSE IF TEMP<=25 THEN SOL=8.11;
      ELSE IF TEMP<=26 THEN SOL=7.99;
      ELSE IF TEMP<=27 THEN SOL=7.86;
      ELSE IF TEMP<=28 THEN SOL=7.75;
      ELSE IF TEMP<=29 THEN SOL=7.64;
      ELSE IF TEMP<=30 THEN SOL=7.53;
      ELSE IF TEMP<=31 THEN SOL=7.42;
      ELSE IF TEMP<=32 THEN SOL=7.32;
      ELSE IF TEMP<=33 THEN SOL=7.22;
      ELSE IF TEMP<=34 THEN SOL=7.13;
      ELSE IF TEMP<=35 THEN SOL=7.04;

      SA=(OD/SOL*100);
      DROP TEMP OD SOL;
```

```
* ---------------------------------------------------------;
* VALIDATION DES PLAGES DE VALEURS POUR LE CALCUL DE L'INDICE ;
* ---------------------------------------------------------;

IF TB NE . AND TB GE 30 THEN TB=30;
IF ME NE . AND ME LE 1 THEN ME=1;
IF ME NE . AND ME GE 80 THEN ME=80;
IF NO NE . AND NO GE 10 THEN NO=10;
IF NH NE . AND NH GE 3.5 THEN NH=3.5;
IF PH NE . AND PH LE 5 THEN PH=5;
IF PH NE . AND PH GE 10 THEN PH=10;
IF SA NE . AND SA GE 160 THEN SA=160;
IF PT NE . AND PT LE 0.015 THEN PT=0.015;
IF PT NE . AND PT GE 0.5 THEN PT=0.5;
IF DB NE . AND DB GE 10 THEN DB=10;
IF CO NE . AND CO LE 1 THEN CO=1;
IF CO NE . AND CO GE 6000 THEN CO=6000;
IF CH NE . AND CH GE 20 THEN CH=20;

* -------------------------------------------------------;
* CALCUL DES INDICES SELON LES ÉQUATIONS DES COURBES     ;
* -------------------------------------------------------;

X1=100.5408785-10.0864282*TB+0.4987167*TB**2-0.0112074*TB**3+0.0000163*TB**4+0.0000018*TB**5;
LME=LOG10(ME);
X2=100.0091735-8.2787124*LME-7.4497699*LME**2-18.0716277*LME**3-0.7974349*LME**4+3.1353762*LME**5;
X3=100.2118340-40.1159071*NO-11.1812228*NO**2+17.8562719*NO**3-7.2985492*NO**4+1.4940264*NO**5
        -0.1670551*NO**6+0.0097349*NO**7-0.0002315*NO**8;
X4=100.9766652-100.1069915*NH+43.0165198*NH**2-9.2398993*NH**3+0.7928877*NH**4;
X5=5856.292443-3408.627199*PH+714.831621*PH**2-63.688897*PH**3+2.043535*PH**4;
DSA=SA/100;
X6=0.09063-0.14280*DSA-122.66826*DSA**2+2306.82484*DSA**3-10223.62665*DSA**4+20606.87332*DSA**5
        -20259.37472*DSA**6+9493.95620*DSA**7-1703.56519*DSA**8;
X7=131.811-2470.730*PT+29919.880*PT**2-215866.395*PT**3+907127.101*PT**4-2179260.623*PT**5
        +2767313.710*PT**6-1436922.807*PT**7;
X8=99.76690344-7.17142712*DB-3.34527268*DB**2+0.49907602*DB**3-0.01925024*DB**4;
LCO=LOG10(CO);
X9=100.0007070+199.4112625*LCO-633.2498635*LCO**2+794.5776709*LCO**3-509.8647342*LCO**4
        +176.0154020*LCO**5-31.1373636*LCO**6+2.2100002*LCO**7;
X10=99.95788803-2.55025335*CH+0.24361295*CH**2-0.11344181*CH**3+0.00783660*CH**4-0.00015391*CH**5;

* -------------------------------------------------------;
* VALIDATION DES FONCTIONS MATHÉMATIQUES TRONQUÉES       ;
* -------------------------------------------------------;

IF X1^=. AND X1 > 100 THEN X1=100;
IF X1^=. AND X1 < 0 THEN X1=0;
IF X2^=. AND X2 > 100 THEN X2=100;
IF X2^=. AND X2 < 0 THEN X2=0;
IF X3^=. AND X3 > 100 THEN X3=100;
IF X3^=. AND X3 < 0 THEN X3=0;
IF X4^=. AND X4 > 100 THEN X4=100;
IF X4^=. AND X4 < 0 THEN X4=0;
IF X5^=. AND X5 > 100 THEN X5=100;
IF X5^=. AND X5 < 0 THEN X5=0;
IF X6^=. AND X6 > 100 THEN X6=100;
IF X6^=. AND X6 < 0 THEN X6=0;
IF X7^=. AND X7 > 100 THEN X7=100;
IF X7^=. AND X7 < 0 THEN X7=0;
IF X8^=. AND X8 > 100 THEN X8=100;
IF X8^=. AND X8 < 0 THEN X8=0;
IF X9^=. AND X9 > 100 THEN X9=100;
IF X9^=. AND X9 < 0 THEN X9=0;
IF X10^=. AND X10 > 100 THEN X10=100;
IF X10^=. AND X10 < 0 THEN X10=0;

* -------------------------------------------------------;
* DÉTERMINATION DU DESCRIPTEUR DÉCLASSANT                ;
* -------------------------------------------------------;

X11=MIN(OF X1-X10);

* -------------------------------------------------------;
* ASSIGNATION DES DESCRIPTEURS DÉCLASSANTS               ;
* -------------------------------------------------------;

IF X1=X11 THEN VM=1;
IF X2=X11 THEN VM=2;
IF X3=X11 THEN VM=3;
IF X4=X11 THEN VM=4;
IF X5=X11 THEN VM=5;
```

```
IF X6=X11 THEN VM=6;
IF X7=X11 THEN VM=7;
IF X8=X11 THEN VM=8;
IF X9=X11 THEN VM=9;
IF X10=X11 THEN VM=10;

* ------------------------------------------------------------;
* CALCUL DES COTES DE CLASSIFICATION POUR CHAQUE DESCRIPTEUR ;
* ------------------------------------------------------------;

IF X1 < 20 THEN C1=5;
IF X1 >= 20 AND X1 < 40 THEN C1=4;
IF X1 >= 40 AND X1 < 60 THEN C1=3;
IF X1 >= 60 AND X1 < 80 THEN C1=2;
IF X1 >= 80 THEN C1=1;

IF X2 < 20 THEN C2=5;
IF X2 >= 20 AND X2 < 40 THEN C2=4;
IF X2 >= 40 AND X2 < 60 THEN C2=3;
IF X2 >= 60 AND X2 < 80 THEN C2=2;
IF X2 >= 80 THEN C2=1;

IF X3 < 20 THEN C3=5;
IF X3 >= 20 AND X3 < 40 THEN C3=4;
IF X3 >= 40 AND X3 < 60 THEN C3=3;
IF X3 >= 60 AND X3 < 80 THEN C3=2;
IF X3 >= 80 THEN C3=1;

IF X4 < 20 THEN C4=5;
IF X4 >= 20 AND X4 < 40 THEN C4=4;
IF X4 >= 40 AND X4 < 60 THEN C4=3;
IF X4 >= 60 AND X4 < 80 THEN C4=2;
IF X4 >= 80 THEN C4=1;

IF X5 < 20 THEN C5=5;
IF X5 >= 20 AND X5 < 40 THEN C5=4;
IF X5 >= 40 AND X5 < 60 THEN C5=3;
IF X5 >= 60 AND X5 < 80 THEN C5=2;
IF X5 >= 80 THEN C5=1;

IF X6 < 20 THEN C6=5;
IF X6 >= 20 AND X6 < 40 THEN C6=4;
IF X6 >= 40 AND X6 < 60 THEN C6=3;
IF X6 >= 60 AND X6 < 80 THEN C6=2;
IF X6 >= 80 THEN C6=1;

IF X7 < 20 THEN C7=5;
IF X7 >= 20 AND X7 < 40 THEN C7=4;
IF X7 >= 40 AND X7 < 60 THEN C7=3;
IF X7 >= 60 AND X7 < 80 THEN C7=2;
IF X7 >= 80 THEN C7=1;

IF X8 < 20 THEN C8=5;
IF X8 >= 20 AND X8 < 40 THEN C8=4;
IF X8 >= 40 AND X8 < 60 THEN C8=3;
IF X8 >= 60 AND X8 < 80 THEN C8=2;
IF X8 >= 80 THEN C8=1;

IF X9 < 20 THEN C9=5;
IF X9 >= 20 AND X9 < 40 THEN C9=4;
IF X9 >= 40 AND X9 < 60 THEN C9=3;
IF X9 >= 60 AND X9 < 80 THEN C9=2;
IF X9 >= 80 THEN C9=1;

IF X10 < 20 THEN C10=5;
IF X10 >= 20 AND X10 < 40 THEN C10=4;
IF X10 >= 40 AND X10 < 60 THEN C10=3;
IF X10 >= 60 AND X10 < 80 THEN C10=2;
IF X10 >= 80 THEN C10=1;

IF X11 < 20 THEN C11=5;
IF X11 >= 20 AND X11 < 40 THEN C11=4;
IF X11 >= 40 AND X11 < 60 THEN C11=3;
IF X11 >= 60 AND X11 < 80 THEN C11=2;
IF X11 >= 80 THEN C11=1;

IF X1=. THEN C1=.;
IF X2=. THEN C2=.;
IF X3=. THEN C3=.;
IF X4=. THEN C4=.;
IF X5=. THEN C5=.;
```

```
IF X6=. THEN C6=.;
IF X7=. THEN C7=.;
IF X8=. THEN C8=.;
IF X9=. THEN C9=.;
IF X10=. THEN C10=.;
IF X11=. THEN C11=.;

* ----------------------------------------------------;
* DESCRIPTION DES VARIABLES CALCULÉES                 ;
* ----------------------------------------------------;

LABEL X1  = COTE TURBIDITÉ;
LABEL X2  = COTE MES;
LABEL X3  = COTE NITRATES + NITRITES;
LABEL X4  = COTE AZOTE AMMONIACAL;
LABEL X5  = COTE pH;
LABEL X6  = COTE SATURATION EN O2;
LABEL X7  = COTE PHOSPPHORE TOTAL;
LABEL X8  = COTE DBO5;
LABEL X9  = COTE COLIFORMES FÉCAUX;
LABEL X10 = COTE CHLOROPHYLLE a;
LABEL X11 = COTE DESCRIPTEUR DÉCLASSANT;
LABEL C1  = INDICE TURBIDITÉ;
LABEL C2  = INDICE MES;
LABEL C3  = INDICE NITRATES + NITRITES;
LABEL C4  = INDICE AZOTE AMMONIACAL;
LABEL C5  = INDICE pH;
LABEL C6  = INDICE SATURATION EN O2;
LABEL C7  = INDICE PHOSPHORE TOTAL;
LABEL C8  = INDICE DBO5;
LABEL C9  = INDICE COLIFORMES FÉCAUX;
LABEL C10 = INDICE CHLOROPHYLLE a;
LABEL C11 = INDICE DESCRIPTEUR DÉCLASSANT;


* ----------------------------------------------------;
*   IMPRESSION DES INDICES (X) ET DES CLASSES (C) POUR  ;
*   CHAQUE ÉCHANTILLON RECUEILLI                        ;
* ----------------------------------------------------;

 PROC PRINT DATA=INDEX;
      VAR STATION DATE X1-X11 VM;

 PROC PRINT DATA=INDEX;
      VAR STATION DATE C1-C11 VM;

* ----------------------------------------------------;
* TRI PAR STATION                                     ;
* ----------------------------------------------------;

 PROC SORT DATA=INDEX;
   BY STATION;

* ----------------------------------------------------;
* CALCULS DE FRÉQUENCES SUR LES COTES DE L'INDICE     ;
* ----------------------------------------------------;

 PROC UNIVARIATE DATA=INDEX FREQ;
   BY STATION;
   VAR X11;
   OUTPUT OUT=INDICE N=INDN MEAN=INDX MIN=INDMIN MAX=INDMAX Q1=IND25 MEDIAN=INDMED Q3=IND75 P90=IND90
                     P10=IND10;

* ----------------------------------------------------;
* CALCULS DE FRÉQUENCES SUR LES CLASSES DE L'INDICE   ;
* ----------------------------------------------------;

 PROC UNIVARIATE DATA=INDEX FREQ;
   BY STATION;
   VAR C11;

* ----------------------------------------------------;
* CALCULS DE FRÉQUENCES SUR LE DESCRIPTEUR DÉCLASSANT ;
* ----------------------------------------------------;

 PROC UNIVARIATE DATA=INDEX FREQ;
   BY STATION;
   VAR VM;
   OUTPUT OUT=INDICE2 MODE=INDMODE;
```

```
* ----------------------------------------------------;
* FUSION DES LIBRAIRIES INDICE ET INDICE2             ;
* ----------------------------------------------------;

 DATA CLASSE;
   MERGE INDICE INDICE2;

* ----------------------------------------------------;
* CLASSIFICATION DES INDICES MOYENS, MÉDIANS, Q1, Q3 ET  ;
* PERCENTILES 10 ET 90                                ;
* ----------------------------------------------------;

 IF INDMED < 20 THEN MEDCLAS=5;
 IF INDMED >= 20 AND INDMED < 40 THEN MEDCLAS=4;
 IF INDMED >= 40 AND INDMED < 60 THEN MEDCLAS=3;
 IF INDMED >= 60 AND INDMED < 80 THEN MEDCLAS=2;
 IF INDMED >= 80 THEN MEDCLAS=1;

 IF INDX < 20 THEN XCLAS=5;
 IF INDX >= 20 AND INDX < 40 THEN XCLAS=4;
 IF INDX >= 40 AND INDX < 60 THEN XCLAS=3;
 IF INDX >= 60 AND INDX < 80 THEN XCLAS=2;
 IF INDX >= 80 THEN XCLAS=1;

 IF IND25 < 20 THEN CLAS25=5;
 IF IND25 >= 20 AND IND25 < 40 THEN CLAS25=4;
 IF IND25 >= 40 AND IND25 < 60 THEN CLAS25=3;
 IF IND25 >= 60 AND IND25 < 80 THEN CLAS25=2;
 IF IND25 >= 80 THEN CLAS25=1;

 IF IND75 < 20 THEN CLAS75=5;
 IF IND75 >= 20 AND IND75 < 40 THEN CLAS75=4;
 IF IND75 >= 40 AND IND75 < 60 THEN CLAS75=3;
 IF IND75 >= 60 AND IND75 < 80 THEN CLAS75=2;
 IF IND75 >= 80 THEN CLAS75=1;

 IF IND10 < 20 THEN CLAS10=5;
 IF IND10 >= 20 AND IND10 < 40 THEN CLAS10=4;
 IF IND10 >= 40 AND IND10 < 60 THEN CLAS10=3;
 IF IND10 >= 60 AND IND10 < 80 THEN CLAS10=2;
 IF IND10 >= 80 THEN CLAS10=1;

 IF IND90 < 20 THEN CLAS90=5;
 IF IND90 >= 20 AND IND90 < 40 THEN CLAS90=4;
 IF IND90 >= 40 AND IND90 < 60 THEN CLAS90=3;
 IF IND90 >= 60 AND IND90 < 80 THEN CLAS90=2;
 IF IND90 >= 80 THEN CLAS90=1;

* ----------------------------------------------------;
* ASSIGNATION DU NOM DES DESCRIPTEURS DÉCLASSANTS     ;
* ----------------------------------------------------;

 IF INDMODE=1 THEN VARMODE="Turbidité";
 IF INDMODE=2 THEN VARMODE="MES";
 IF INDMODE=3 THEN VARMODE="NOx";
 IF INDMODE=4 THEN VARMODE="NH4";
 IF INDMODE=5 THEN VARMODE="pH";
 IF INDMODE=6 THEN VARMODE="Sat. O2";
 IF INDMODE=7 THEN VARMODE="Phosphore";
 IF INDMODE=8 THEN VARMODE="DBO5";
 IF INDMODE=9 THEN VARMODE="Coli féc.";
 IF INDMODE=10 THEN VARMODE="Chlo. a";

* ----------------------------------------------------;
* IMPRESSION DES COTES MOYENNES ET MÉDIANES PAR STATION  ;
* ----------------------------------------------------;

 PROC PRINT DATA=CLASSE;
   VAR STATION INDX XCLAS INDMED MEDCLAS IND25 CLAS25 IND75 CLAS75 IND10 CLAS10 IND90 CLAS90 INDMODE
       VARMODE;

RUN;
```

97-361-03

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement et de la Faune

Couverture : ce papier contient 100 % de fibres recyclées après consommation.
Intérieur : ce papier contient 50 % de fibres recyclées, dont 10 % après consommation.