

L'élaboration de cette collection de fiches a été coordonnée par le Bureau national des recommandations et des normes d'Environnement Canada afin de regrouper l'information actuelle sur les diverses méthodes d'évaluation de la qualité des sédiments employées au Canada et de décrire les programmes d'évaluation des sédiments mis au point par Environnement Canada. D'autres fiches techniques viendront compléter la collection à mesure que des nouveaux outils ou programmes d'évaluation des sédiments seront créés et ce, pour rendre compte des importants travaux effectués dans l'ensemble du gouvernement du Canada.

TO
427
.S33
S4314
No. 3

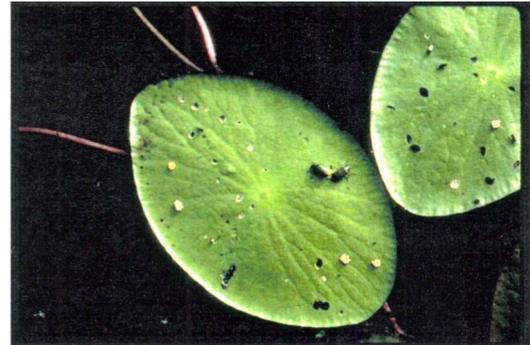
Recommandations biologiques pour l'évaluation de la qualité des sédiments dans les Grands Lacs du bouclier Laurentien Fiche 3



Description du programme

Cette fiche d'information rend compte de la mise au point d'outils d'évaluation des sédiments aux endroits proches du rivage dans les Grands Lacs de l'Amérique du Nord. Deux types d'outils biologiques d'évaluation des sédiments, créés par l'Institut national de recherche sur les eaux et la région de l'Ontario d'Environnement Canada, sont décrits ici :

- ▶ recommandations biologiques pour l'évaluation des sédiments d'eau douce en fonction de critères basés sur les communautés ou de l'évaluation des sédiments benthiques (BEAST)
- ▶ recommandations pour les bioessais basés sur les cotes de toxicité pour comparer les réactions normales obtenues lors des bioessais sur les sédiments provenant d'emplacements de contrôle aux réactions produites par les sédiments provenant d'emplacements inquiétants.



Ces outils sont recommandés pour évaluer les sédiments dans les havres et les enfoncements, aux fins éventuelles de réparation, et pour évaluer les sédiments prélevés lors de projets d'aménagement marin ou autres projets de dragage.

Énoncé du problème

Pratiquement tous les endroits inquiétants des Grands Lacs présentent un historique documenté de sédiments contaminés. Autrement dit, à bon nombre de ces endroits, les concentrations chimiques dépassent les recommandations nationales et les recommandations numériques provinciales pour la qualité des sédiments (Painter, 1992). On ne sait

À l'intérieur

- 2 - Le BEAST
- 6 - Forces et limites
- 6 - Vous voulez en savoir plus?

pratiquement rien des incidences directes des contaminants associés aux sédiments sur le biote à des endroits précis des Grands Lacs.

Pour préserver l'intégrité biologique de ces systèmes aquatiques, il faut élaborer et mettre en application des outils d'évaluation des sédiments qui examinent les réactions biologiques directes causés par les changements touchant la qualité de l'environnement.

Méthode

La méthode d'élaboration des recommandations relatives aux paramètres biologiques dans les sédiments se fonde sur une structure des communautés d'invertébrés et des tests de toxicité à titre d'éléments appropriés sur le terrain et en laboratoire, respectivement. Les caractéristiques des groupes communautaires observés et la plage des réponses aux bioessais par rapport à la variabilité normale des sédiments constituent la base des méthodes basées sur les communautés et des bioessais. La démarche d'élaboration de ces recommandations est sommairement exposée ici; des explications plus complètes sont fournies dans Reynoldson et Day (1998) et dans Reynoldson et coll. (1995).

Le BEAST

Les trois éléments clés de la conception du BEAST sont : l'élaboration du modèle, l'application du modèle, et l'interprétation des résultats.

Élaboration du modèle

L'emploi de conditions de référence est l'élément fondamental de la conception du BEAST. Par conditions de référence, on entend une description des meilleures conditions connues de la qualité des sédiments dans les Grands Lacs. Une série de critères de sélections (voir boîte ci-dessous) a été compilée pour 252 sites de référence qui ont été choisis pour formuler les conditions de référence pour les Grands Lacs.

Données sur les sites de référence

- **Structure de la communauté benthique** : abondance, richesse
- **Dix mesures terminales résultant de bioessais de toxicité aiguë et chronique compilées sur trois ans** (les sites de référence éventuels ont été exclus de l'analyse lorsque moins de 50 p. 100 d'une espèce observée a survécu à un site au cours d'une année) : survie et croissance des espèces *Chironomus riparius*, *Hyaella azteca* et *Hexagenia*; survie et reproduction (pourcentage d'éclosion, nombre de cocons par adulte; nombre de jeunes par adulte) de l'espèce *Tubifex tubifex*.
- **Variables environnementales** : emplacement géographique, attributs des sédiments, paramètres physico-chimiques.

Les sites de référence ont ensuite été statistiquement regroupés selon une analyse typologique basée sur les attributs structurels des communautés benthiques. Des groupes ont été dégagés pour rendre compte d'assemblages précis des communautés benthiques, ceux-ci représentant les « conditions de référence » pour les Grands Lacs.

Ensuite, en fonction de ces groupes et d'une série de variables libres, des modèles de prévision ont été mis au point en utilisant une analyse fonctionnelle discriminante pas à pas et la corrélation aux composantes principales. Le modèle avait pour fonction de prévoir le type d'assemblage benthique que l'on pourrait s'attendre à trouver aux emplacements non perturbés dans les Grands Lacs, selon les variables libres définies à l'avance.

Les variables libres que l'on ne considère pas comme susceptibles d'être influencées par l'activité humaine ont été définies statistiquement, selon leur capacité à décrire le plus fidèlement l'habitat benthique de l'assemblage de la communauté, cela ayant donné lieu à la structure biologique des groupes associés aux conditions (voir boîte ci - dessous). Selon les variables retenues, les modèles permettent de prévoir jusqu'à 88 p. 100 des sites de référence par rapport au groupe approprié associé aux conditions de référence (Reynoldson et Day, 1998).

Application du modèle

Pour évaluer la qualité des sédiments à un endroit en se servant de cette méthode, les étapes suivantes doivent être effectuées :

Variables libres

- **Emplacement géographique** : latitude, longitude
- **Attributs des sédiments** : COT, TN, K, Ca, Mg, Mn, Si
- **Paramètres physiques ou chimiques** : profondeur de l'eau, alcalinité, pH

- 1 collecte de données : structure de la communauté benthique (abondance et richesse) et 12 variables libres;
- 2 compilation des assemblages de la communauté prévus à l'emplacement, d'après le modèle de prévision et les 12 variables (voir boîte);
- 3 comparaison des structures prévues et observées de la communauté benthique.

Les calculs sont effectués automatiquement par le logiciel conçu spécialement pour le BEAST (Reynoldson et Day, 1998).

Interprétation des résultats

L'assemblage d'invertébrés provenant des sites de références est caractérisé selon sa distribution dans l'espace d'ordination tandis que l'assemblage à n'importe quel emplacement est caractérisé selon sa position dans un espace XY (figure 1) (Reynoldson et Day, 1998). Plus les sites de référence et les sites testés se ressemblent, plus ils sont proches dans l'espace XY. Les sites testés qui se trouvent dans l'ellipse la plus restreinte (probabilité de 90 p. 100) sont considérés comme équivalents aux sites de référence et donc non perturbés. Les sites testés qui se situent entre l'ellipse de probabilité la plus restreinte (90 p. 100) et l'ellipse la plus vaste (99,9 p. 100) sont différents des sites de référence. Les sites testés situés hors de l'ellipse de probabilité de 99,9 p. 100 sont considérés comme très différents des sites de référence. Les différences relevées peuvent correspondre à une réaction à des agents d'agression anthropiques ou naturels (Reynoldson et Day, 1998).

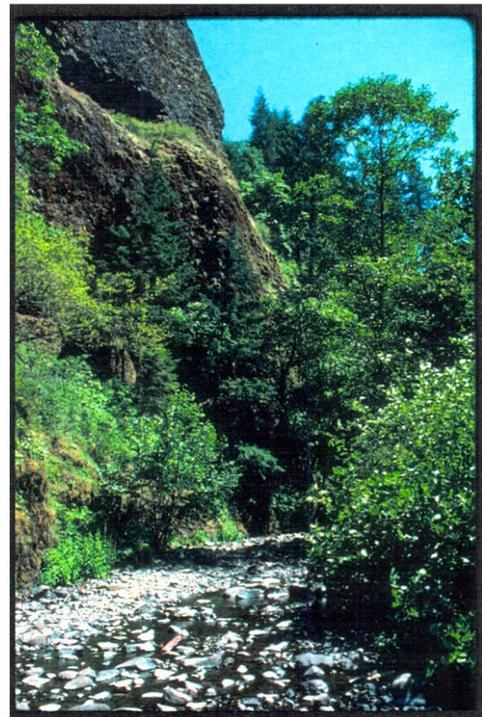
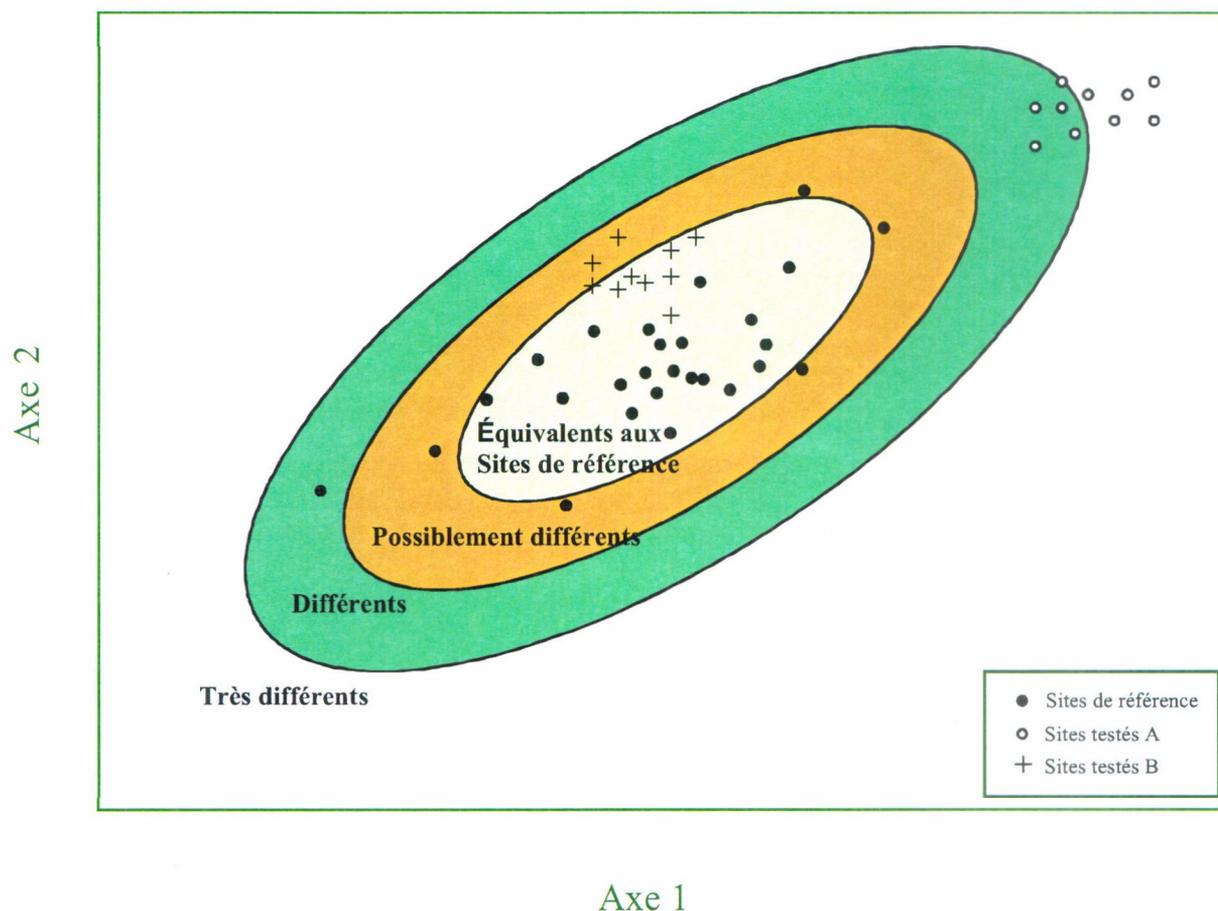


Figure 1 : Exemple des ellipses de probabilité dérivées pour les sites de référence*



*Les communautés d'invertébrés aux sites testés qui s'inscrivent dans l'ellipse de probabilité de 90 p. 100 sont considérées comme équivalentes aux sites de référence, celles qui correspondent à l'ellipse de 99 p. 100 sont possiblement différentes et celles qui tombent hors de l'ellipse de 99,9 p. 100 sont très différentes (d'après Reynoldson et Day, 1998). Les assemblages d'invertébrés aux sites testés A seraient considérés comme différents ou très différents par rapport aux sites de référence et exigeraient des mesures de gestion, ce qui ne serait pas forcément le cas aux sites testés B, ceux-ci étant essentiellement équivalents aux sites de référence.

Recommandations pour les bioessais

Un autre type d'outil d'évaluation biologique consiste en la comparaison des réactions normales aux bioessais des sédiments provenant de sites de référence aux réactions des sédiments provenant d'endroits inquiétants. Les réactions de l'exposition à une toxicité aiguë et à une toxicité chronique de quatre espèces benthiques d'invertébrés (*Chironomus riparius*, *Hyalella azteca*, *Tubifex tubifex*, et *Hexagenia*; voir boîte « Données sur les sites de référence ») dans les sédiments recueillis aux sites de référence mentionnés précédemment dans les Grands Lacs ont servi à élaborer des plages de réaction aux bioessais par rapport à la variabilité normale des sédiments.

Trois catégories de sédiments ont été définies en fonction de la plage des réactions biologiques aux mesures terminales testées : non toxiques, potentiellement toxiques, et toxiques. La catégorie des sédiments *non toxiques* a été définie à deux écarts-types (ET) en deçà de la réaction moyenne (survie, croissance ou reproduction) dans la base de données sur les conditions de référence. La catégorie des sédiments *toxiques* est dite à trois fois l'ET de moins que la moyenne de la mesure terminale, soit 99,7 p. 100 de la limite de confiance. La plage de réactions qui se situe à entre 2 et 3 fois l'ET définit la catégorie des sédiments *potentiellement toxiques* et peut indiquer que les sédiments présentent une toxicité faible ou moyenne et pourraient donc avoir des effets indésirables (Reynoldson et Day, 1998).

Ces catégories forment la base pour élaborer des outils biologiques basés sur les cotes de toxicité, outils qui comparent les réactions aux bioessais des sédiments provenant d'emplacements inquiétants aux réactions biologiques moyennes observés dans les sédiments provenant des sites de référence (Reynoldson et Day, 1998). Dans les faits, les réactions des quatre espèces testées (*Chironomus riparius*, *Hyaella azteca*, *Tubifex tubifex*, et *Hexagenia*) exposées à une toxicité aiguë et à une toxicité chronique dans les sédiments prélevés à un endroit inquiétant peuvent être comparées individuellement aux catégories de réaction à la toxicité (tableau 1), mais l'intégration des résultats des 10 mesures terminales testées se fait par le biais d'une analyse multivariée.

Cette analyse fait intervenir l'ordination pour saisir la variation des mesures terminales de toxicité. L'ordination est une méthode d'analyse multivariée puissante conçue spécialement pour identifier et reproduire sur une carte (habituellement en deux ou en trois dimensions) les ressemblances entre des objets. Les données toxicologiques sont normalisées par plages parce que la mesure des variables est faite en fonction d'échelles et d'unités différentes. La distance euclidienne, mesure de similitude, a été retenue comme coefficient de distance. Pour calculer la variabilité des mesures terminales de toxicité aux sites de référence, les sites sont reproduits dans l'espace d'ordination (habituellement à trois dimensions) et des ellipses de probabilité sont tracées autour des sites de référence. Il est ensuite possible de comparer à ces ellipses de probabilité, dans le même espace d'ordination, d'autres sites qui ne sont pas des sites de référence, ou sites exposés (Reynoldson et coll., 2000), généralement par rapport à des ellipses de probabilité de 90, 99 et 99,9 p. 100, comme dans le cas des données sur les communautés (Reynoldson et coll., 2002).

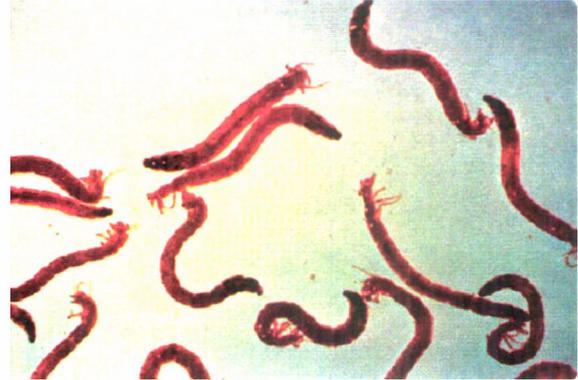
Tableau 1 : Critères de définition des trois catégories de toxicité des sédiments prélevés près du rivage dans les Grands Lacs

Espèce testée	Catégorie 1 Non toxiques	Catégorie 2 Potentiellement toxiques	Catégorie 3 Toxiques
<i>Chironomus riparius</i>			
% Survie	≥ 67,7	58,8 - 67,7	< 58,8
Croissance	0,21 - 0,49	0,14 - 0,20	< 0,14
<i>Hyaella azteca</i>			
% Survie	≥ 67,0	57,1 - 66,9	< 57,1
Croissance	0,23 - 0,75	0,10 - 0,22	< 0,10
Espèces <i>Hexagenia</i>			
% Survie	≥ 85,5	80,3 - 85,5	< 80,3
Croissance	0,9 - 5,0	0,0 - 0,8	---
<i>Tubifex tubifex</i>			
% Survie	≥ 88,9	84,2 - 88,9	< 84,2
% Éclosion	38,1 - 78,1	28,1 - 38,0	< 28,1
N ^{brc} Cocons/vers	7,2 - 12,4	5,9 - 7,1	< 5,9
N ^{brc} Jeunes/vers	9,9 - 46,3	0,8 - 9,8	< 0,8

Les limites fournies pour la catégorie 1 (non toxiques) sont égales à 2xET de plus et de moins que la moyenne (la limite supérieure est indicative d'une croissance ou d'une reproduction exceptionnellement forte). Les limites fournies pour la catégorie 3 (toxiques) sont égales à 3xET de plus et de moins que la moyenne. Les limites fournies pour la catégorie 2 (potentiellement toxiques) se situent entre celles fournies pour les catégories « non toxiques » et « toxiques » (2xET).

Forces et limites

Ces techniques rendent compte de méthodes qui permettent de formuler des repères biologiques propres aux sédiments d'eau douce adaptés à une région précise, en l'occurrence les Grands Lacs du bouclier Laurentien. Les valeurs numériques sont dérivées statistiquement et la variabilité naturelle est intégrée à l'évaluation des sédiments et au processus décisionnel. La méthode basée sur les communautés fait intervenir des modèles prévisionnels pour mettre les espèces en rapport avec leur environnement, ce qui établit un lien entre l'habitat et la structure des communautés. Les valeurs associées aux



recommandations sont basées sur la réaction normale aux mesures terminales résultant de bioessais (survie, croissance, reproduction) selon la variabilité normale des sédiments (Reynoldson et Day, 1998).

Il faut une certaine spécialisation pour concevoir et interpréter les analyses multivariées et les résultats peuvent être perçus comme difficiles à communiquer aux gestionnaires et au public (Gerritsen, 1995). Cependant, le logiciel BEAST automatise la méthode décrite ici, ce qui simplifie grandement la manipulation des données et l'interprétation des résultats découlant de cette méthode (Reynoldson et Day, 1998).

Issues

Ces recommandations peuvent servir à évaluer les effets de la qualité des sédiments sur les processus biologiques. Elles peuvent ainsi faciliter le repérage et la gestion des sédiments contaminés et appuyer le processus décisionnel en matière d'élimination et de réparation des sédiments. La méthode a été mise au point pour les Grands Lacs; cependant, les principes écologiques qui la sous-tendent peuvent être repris dans d'autres circonstances où la qualité des sédiments est inquiétante.

VOUS VOULEZ EN SAVOIR PLUS?

Site Web : www.nwri.ca/issues/cabin/beast-f.html

Institut national de recherche sur les eaux
Site Web : www.nwri.ca

Remerciements

Nous tenons à remercier Kathie Adare, Uwe Borgmann, Sushil Dixit, Ken Doe, Susan Drover, Charles Dumaresq, Connie Gaudet, Kathleen Hedley, Emilie Larivière, John Lawrence, Linda Porebski, Kelly Potter, Trefor Reynoldson, Sandra Ribey, Elizabeth Roberts, Doug Spry, Paul Topping, et Cecilia Wong de leur participation à l'élaboration des Collection Solutions fondées sur la science — évaluation des sédiments.

References

- Gerritsen, J. « Additive biological indices for resource management », *J. North Amer. Benthol. Soc.*, n° 14 (1995), p. 451-457.
- Painter, S. *Regional variability in sediment background metal concentrations and the Ontario Sediment Quality Guidelines*, rapport n° 92-85 de l'INRE, Environnement Canada, Burlington (Ontario), 1992.
- Reynoldson, T.B., R.C. Bailey, K.E. Day et R.H. Norris. « Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state », *Austral. J. Ecol.*, n° 20 (1995), p. 198-219.
- Reynoldson, T.B. et K.E. Day. *Biological guidelines for the assessment of sediment quality in the Laurentian Great Lakes*, n° de contribution 98-232 de l'INRE, Environnement Canada, Burlington (Ontario), 1998.
- Reynoldson, T.B., K.E. Day et T. Pascoe. « The development of the BEAST: a predictive approach for assessing sediment quality in the North American Great Lakes » dans *Assessing the biological quality of freshwaters. RIVPACS and other techniques*, publié sous la direction de J.F. Wright, D.W. Sutcliffe et M.T. Furse, Freshwater Biological Association, Ambleside (R.-U.), chapitre 11, p. 165-180, 2000.
- Reynoldson, T.B. S.P. Thompson et D. Milani. « Integrating multiple toxicological endpoints in a decision-making framework for contaminated sediments », *Human Ecol. Risk Assess.*, (sous presse), 2002.

