

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.

TD
427
533
54314
No.1

Notions de base et survol des programmes

Fiche 1



Les sédiments : puits et source — mise en contexte

Les émissions de produits ou substances chimiques dans l'environnement ne cessent d'augmenter. À maints endroits, on rapporte que les écosystèmes d'eau douce et marins sont contaminés par des éléments nutritifs, des métaux, des matières organiques et des substances qui demandent de l'oxygène. Quoique la présence de ces contaminants en forte concentration soit parfois attribuable à des phénomènes naturels, il demeure que dans la plupart des cas, les



augmentations observées sont le fait d'activités anthropiques. En plus de perturber les milieux aquatiques, les contaminants peuvent causer de graves difficultés économiques. Le contrôle et l'évaluation de la contamination des sédiments constituent une démarche complexe et éventuellement coûteuse; ils demeurent aussi, à l'heure actuelle, l'un des aspects les plus épineux de la gestion environnementale.

Les sédiments agissent comme un **puits** en présence de certaines substances qui contaminent les écosystèmes aquatiques, où celles-ci risquent alors de s'accumuler avec le temps. Pis encore, les sédiments contaminés peuvent constituer une **source** permanente de contamination d'autres éléments de l'environnement ainsi qu'une voie de pénétration des contaminants dans le réseau alimentaire. Les sédiments contaminés, en plus d'affecter directement les organismes benthiques comme les insectes, les vers, les mollusques et les poissons de fond qui passent une part importante de leur cycle de vie dans ou sur les sédiments, risquent également d'affecter indirectement les êtres vivants qui se nourrissent d'organismes benthiques.

La preuve de l'importance de la qualité des sédiments, par rapport à la santé générale des écosystèmes aquatiques, n'est pas à faire. En revanche, les mesures correctrices et la gestion

À l'intérieur

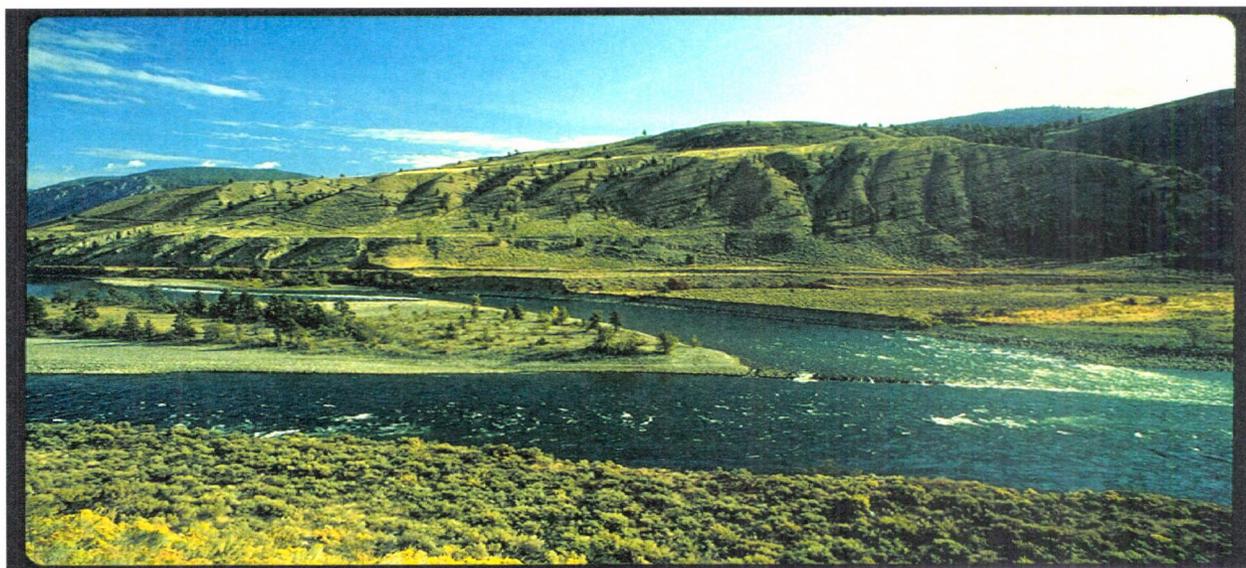
- 3 - Les piliers de l'évaluation des sédiments
- 7 - Approche conceptuelle en matière d'évaluation de la qualité des sédiments
- 10 - Survol des outils et programmes d'Environnement Canada
- 14 - Vous voulez en savoir plus?

qui sont nécessaires en présence de sédiments contaminés sont coûteuses, tant d'un point de vue économique que technique. C'est pour cette raison que les milieux scientifiques se sont efforcés de mettre au point des outils fondés sur la science pour repérer les sédiments dégradés et, au bout du compte, pour appuyer la prise de décisions et l'établissement des priorités efficaces pour intervenir dans les cas de contamination. Ces outils varient, mais ils visent tous l'objectif d'évaluer la qualité des sédiments, celle-ci étant mesurée par la capacité à soutenir et à perpétuer un milieu aquatique sain. Au Canada, l'évaluation de la qualité des sédiments est nécessaire pour appuyer une foule de programmes divers, autant l'évaluation de l'efficacité des règlements en matière de protection de l'environnement que le contrôle de l'envergure de la contamination historique, le nettoyage des endroits contaminés et le suivi de l'élimination en mer des déblais de dragage.

Au cours des 10 dernières années, une panoplie puissante de méthodes d'évaluation de la qualité des sédiments basées sur la science a été mise au point. On ne peut affirmer que l'une ou l'autre de ces méthodes est « supérieure » aux autres : la méthode ou série de méthodes qui convient le mieux est fonction non seulement de la science, mais aussi des contraintes de temps, des coûts, des exigences découlant des programmes et du type de décision de gestion qui s'impose.

Il faut faire la distinction entre l'évaluation des sédiments et la gestion des sédiments. L'évaluation des sédiments a pour but de mesurer le degré de contamination à un endroit donné ainsi que le risque d'effets néfastes. Le choix de la méthode d'évaluation est fonction du temps disponible et de considérations financières, de la mesure dans laquelle les divers outils d'évaluation conviennent selon la situation et sont exacts et du risque associé à d'éventuelles erreurs d'évaluation. La gestion des sédiments, quant à elle, renvoie aux décisions qui sont prises en fonction des conclusions découlant de l'évaluation des sédiments, mais également des considérations politiques et socioéconomiques. La gestion des sédiments fait aussi intervenir l'élaboration et l'évaluation de mesures d'atténuation des risques (comme le nettoyage), la planification et le déploiement de mesures de surveillance « permanentes », le suivi et la communication aux intéressés des risques associés à certains sédiments.

La présente fiche regroupe l'information actuelle sur les principales méthodes d'évaluation des sédiments, présente une approche conceptuelle et des conseils sur l'application de ces méthodes (en insistant sur leur nature complémentaire) et s'attarde sur les travaux de recherche et de conception qui sous-tendent les programmes d'évaluation des sédiments au sein d'Environnement Canada. Les difficultés associées à la gestion des sédiments ne forment pas le propos de ce document.



Les piliers de l'évaluation des sédiments

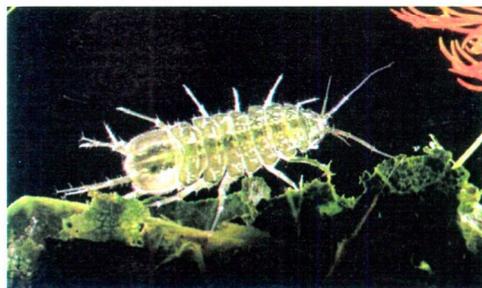
La structure, la composition et la diversité biologique des sédiments varient, même à un emplacement unique. Les différences physico-chimiques qui caractérisent les sédiments, comme la taille et la forme des grains et leur composition organique, peuvent influencer profondément la biodisponibilité et le degré de toxicité des contaminants associés aux sédiments. De plus, l'écologie des organismes benthiques varie à un tel point que les habitudes alimentaires, les exigences liées à l'habitat et la physiologie influencent toutes l'exposition aux contaminants et l'assimilation par le benthos. Ces différences expliquent la diversité des outils d'évaluation des sédiments dans la mesure où ceux-ci doivent pour pouvoir rendre compte correctement des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques changeantes des sédiments contaminés et de leur incidence sur le biote commensal.

On distingue trois méthodes principales (ou sources de données) pour évaluer la qualité des sédiments :

- ▶ les recommandations pour la qualité des sédiments à l'égard de certaines substances chimiques (p. ex. CCME, 1999)
- ▶ les repères biologiques ou évaluations des communautés (p. ex. Reynoldson et Day, 1998)
- ▶ les tests de toxicité (p. ex. Environnement Canada, 1999; Bombardier et Blaise, 2000).

Chacune de ces méthodes est caractérisée par certaines forces et faiblesses (tableau 1), c'est pourquoi une évaluation complète des sédiments fait intervenir des données issues de chacune de ces méthodes pour appuyer la prise de décisions et de mesures de gestion saines, basées sur la science (p. ex. Chapman et coll., 1992; Ingersoll et coll., 1997). Outre ces méthodes, le potentiel de bioaccumulation constitue un élément clé de l'évaluation des sédiments. L'étude de la bioaccumulation peut faire ressortir d'éventuels effets néfastes aux niveaux trophiques supérieurs à cause de la bioamplification, même si ces effets ne sont pas mis en évidence par les autres méthodes (Chapman et coll., 1997). Quoique le sujet ne soit pas abordé séparément, l'évaluation physique des sédiments (p. ex. granulométrie, potentiel d'oxydo-réduction et transport des sédiments) fait habituellement partie intégrante des méthodes chimiques, biologiques et toxicologiques d'évaluation des sédiments.

« Les tests de toxicité ne peuvent remplacer les mesures chimiques ou les évaluations des communautés d'organismes. En fait, les tests de toxicité sont le plus efficace lorsqu'ils sont combinés aux relevés chimiques et biologiques faits sur le terrain. » *[traduction]*
(Environnement Canada, 1999)



« La méthode la plus efficace d'évaluation de la qualité des sédiments demeure une approche intégrée qui fait intervenir plus d'un outil générique, par exemple une batterie de tests de toxicité, des analyses chimiques et une évaluation de la structure des communautés benthiques. » *[traduction]* (Bombardier et Blaise, 2000)

Tableau 1 : Sommaire des méthodes, issues, forces, faiblesses et application générale des méthodes d'évaluation des sédiments

Méthodes	Description	Issue	Forces	Faiblesses	Application générale
Recommandations à l'égard de certaines substances chimiques (p. ex. Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments)	<ul style="list-style-type: none"> • Compare la chimie des sédiments par rapport à des recommandations précises en la matière • Peut aussi inclure la comparaison des tissus chimiques du biote résidant dans les sédiments par rapport aux recommandations sur la charge corporelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Classification des sédiments selon qu'il est escompté : qu'ils ne soient pas associés aux effets biologiques; qu'ils soient parfois associés aux effets néfastes; qu'ils soient souvent associés aux effets biologiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode simple et constante d'évaluation de la contamination chimique • Liée directement aux agents d'agression inquiétants ou peut être combinée à un indice général de la qualité des sédiments • Son emploi peut engendrer à la fois des mesures de prévention et de réparation • Les résultats sur l'état et les tendances sont faciles à diffuser • Quoique la plupart des recommandations en vigueur soient basées sur une méthode de cooccurrence, d'autres méthodes peuvent aussi être utilisées (p. ex. tests de toxicité avec dopage, partage à l'équilibre) • Possibilité de formuler des recommandations pour un emplacement précis 	<ul style="list-style-type: none"> • L'information est limitée aux agents d'agression chimiques • Il n'existe pas de recommandations à l'égard de bien des substances chimiques • Les recommandations visent la protection des usages délicats et le dépassement d'une recommandation ne signifie pas automatiquement un effet néfaste (p. ex. emplacements où les contaminants ne sont pas biodisponibles ou encore où il n'y a pas d'espèces sensibles) • Des contaminants inconnus ou non évalués peuvent être présents • Les rapports directs de cause à effet ne peuvent habituellement pas être déduits des données de cooccurrence sur lesquelles ces recommandations sont fondées; les données de cooccurrence servent uniquement à dégager des associations entre les concentrations chimiques dans les sédiments et les effets biologiques néfastes 	<ul style="list-style-type: none"> • Niveaux de dépistage, repères servant à la gestion des sédiments contaminés

Tableau 1. Continuation

Méthodes	Description	Issue	Forces	Faiblesses	Application générale
Évaluations biologiques (communauté benthique)	<ul style="list-style-type: none"> • Compare les différences entre l'assemblage prévu des communautés (selon un état de référence) et les réactions fonctionnelles par rapport aux communautés benthiques et aux réactions à un emplacement précis 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractérise la structure des communautés benthiques comme étant potentiellement non perturbée, perturbée ou gravement perturbée, par rapport à l'état de référence 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure directe de la santé des communautés benthiques • Utile d'un point de vue écologique • Évalue les effets des incidences non chimiques (p. ex. la détérioration de l'habitat) • Contrôle l'évolution de l'état et des tendances avec le temps 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté à cerner les changements dus aux contaminants par rapport à ceux attribuables à d'autres agents d'agression environnementaux, comme les caractéristiques physiques • Difficulté à cerner l'incidence de substances chimiques • Il faut un temps et des ressources considérables pour obtenir des données sur l'état et les tendances • Impossible de prévoir la probabilité d'effets néfastes; limitée au dépistage des effets néfastes déjà survenus • Ne tient pas compte de la bioaccumulation ou du potentiel de bioamplification 	<ul style="list-style-type: none"> • Sert à évaluer la réaction intégrée aux agents d'agression pour l'ensemble des communautés

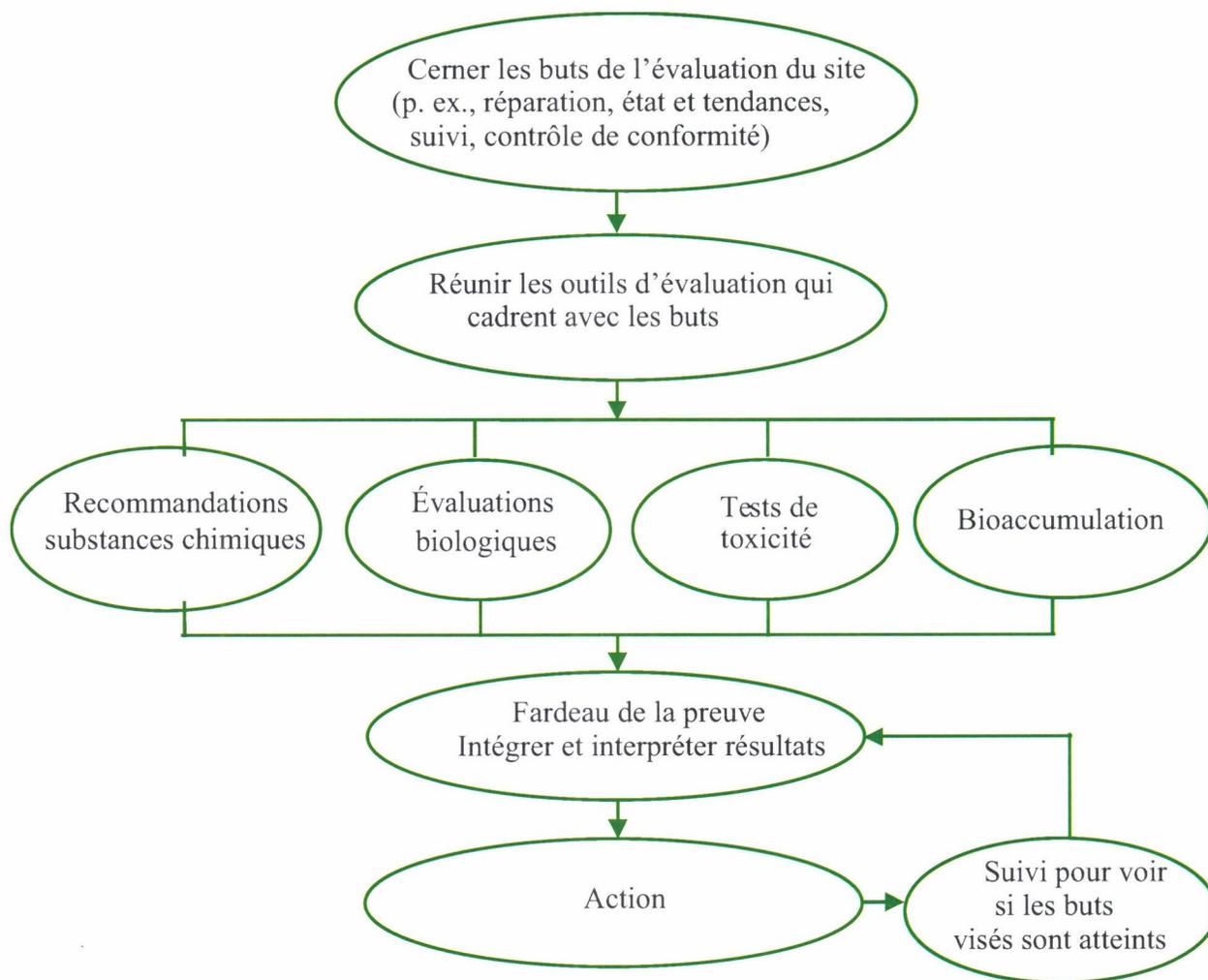


Tableau 1. Continuation

Méthodes	Description	Issue	Forces	Faiblesses	Application générale
Tests de toxicité	<ul style="list-style-type: none"> • Compare la réaction des organismes benthiques exposés à des sédiments recueillis sur le terrain (p. ex. sédiments en vrac, sous-fractions, eau de porosité, eau d'élutriation, etc.) aux réactions des échantillons de contrôle ou de référence; les tests sont généralement effectués en laboratoire, conformément à des méthodes imparties 	<ul style="list-style-type: none"> • Les résultats indiquent le degré de toxicité d'un échantillon de sédiments ou d'une sous-fraction par rapport aux organismes testés ou aux organismes indigènes collectés sur le terrain 	<ul style="list-style-type: none"> • Évalue la toxicité de mélanges de contaminants (en supposant l'emploi d'échantillons de contrôle correctement assortis) • Évalue la toxicité de substances chimiques à l'égard desquelles il n'existe pas de recommandations • Bon outil de prévision des incidences sur les communautés benthiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être difficile de déterminer la toxicité liée à un contaminant précis dans un mélange • Est limitée aux organismes et aux conditions d'essai pour lesquels des protocoles ont été élaborés • Les prévisions découlant des tests de toxicité sont limitées lorsque les conditions d'essai et les conditions sur le terrain sont différentes • La manipulation des sédiments peut introduire une toxicité en laboratoire (artefact) 	<ul style="list-style-type: none"> • Indique la vraisemblance qu'un sédiment donné provoque des effets mesurables
Bioaccumulation	<ul style="list-style-type: none"> • Assimilation biologique d'une substance chimique présente dans la nourriture ou le milieu ambiant (eau et sédiments) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les facteurs d'accumulation biote-sédiment (BSAF) renvoient à l'accumulation de contaminants dans le biote aux fins d'évaluation du potentiel de bioamplification 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut indiquer un motif justifié de préoccupation à l'égard des niveaux trophiques supérieurs alors que d'autres méthodes donnent des résultats négatifs • Peut dégager la cause de la toxicité par comparaison aux charges corporelles critiques auparavant démontrées comme toxiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Les facteurs d'accumulation sont fondés sur l'hypothèse d'un état constant • L'importance de la bioaccumulation peut être difficile à interpréter en l'absence de données sur les charges corporelles critiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Sert à formuler des repères ou des points de référence qui facilitent l'interprétation des données de surveillance biologique

D'après Chapman et coll., 1997; Federal Register, 1998; Borgmann et coll., 2001.

Approche conceptuelle en matière d'évaluation de la qualité des sédiments*



*Les méthodes d'évaluation sont présentées sur un pied d'égalité du point de vue de l'importance. Toutes les méthodes ne sont pas forcément utilisées dans chaque cas. Par exemple, certaines évaluations peuvent n'exiger que le recours aux recommandations à l'égard de substances chimiques précises (p. ex. Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments) et l'évaluation du potentiel de bioaccumulation. L'approche par le fardeau de la preuve à retenir est fonction de certaines circonstances comme le temps disponible, les coûts, les besoins du programme et les buts de gestion. Les programmes de gestion des sédiments sont habituellement sous-tendus par une approche en trois volets qui emploie le plus efficacement possible les outils disponibles.

À l'heure actuelle, les **recommandations à l'égard de certaines substances chimiques** sont utilisées au Canada, soit seules, soit combinées avec d'autres outils d'évaluation, pour évaluer la qualité des sédiments. Elles recommandent des limites à l'égard de certains contaminants inquiétants et elles sont fondées sur les effets de ces substances sur le biote-sédiment sur le terrain. De nature prédictive, elles constituent un outil de dépistage rapide des endroits dont il faudrait éventuellement s'inquiéter, dans le contexte de la caractérisation chimique d'un emplacement. L'emploi des recommandations pour la qualité des sédiments tient davantage du diagnostic que la caractérisation chimique seule, celle-ci se limitant au recensement des contaminants présents. Le contrôle des concentrations chimiques par rapport aux concentrations recommandées complète l'information sur le risque que posent potentiellement les niveaux de contaminants observés.

Les **évaluations biologiques** des communautés benthiques mettent l'accent sur les effets cumulés de plusieurs agents d'agression et définissent des conditions ou caractéristiques normales ou acceptables du biote-sédiment, depuis le niveau individuel à celui de la communauté. Lorsque les conditions ou les caractéristiques d'une communauté *in situ* varient beaucoup par rapport aux conditions ou caractéristiques de contrôle, celle-ci est considérée comme perturbée. Cette méthode repose sur la définition de l'état de contrôle d'un emplacement. Méthode hautement diagnostique en ce qu'elle dégage la perturbation réelle, et non prévue, à un emplacement, il demeure qu'elle ne met pas forcément en évidence les causes de la perturbation.

Les **tests de toxicité** s'intéressent aux réactions d'organismes individuels lorsqu'ils sont exposés à des sédiments collectés sur le terrain, habituellement en vertu de conditions normalisées. Ces tests servent à établir un rapport entre la contamination d'un emplacement et les effets biologiques connexes. Des organismes et des mesures terminales dont la sensibilité est établie, ou encore des indicateurs utiles d'un point de vue écologique, sont habituellement choisis et une série ou batterie de tests peut être utilisée pour prouver une toxicité. Des indices de toxicité peuvent servir à exprimer les résultats de plusieurs tests de toxicité différents sous la forme d'un chiffre unique qui correspond à la cote de toxicité de l'échantillon (Environnement Canada, 1999).



Ensemble, ces trois méthodes fournissent des données complémentaires sur la perturbation de la qualité des sédiments, données qui peuvent justifier la prise de mesures subséquentes. Quand toutes les sources de données laissent supposer un effet biologique, il y a une preuve de perturbation causée par des contaminants connus. Lorsque seulement une ou deux sources de données indiquent une perturbation, l'interprétation se complique. La méthode d'analyse en triade de la qualité des sédiments formulée par Chapman et coll. (1992) prévoit huit scénarios de conclusions possibles lorsque les trois sources de données (recommandations pour la qualité des sédiments, évaluations biologiques et tests de toxicité) semblent contradictoires. Il est important de noter que la combinaison des données recueillies grâce à ces trois méthodes n'indique pas quelles substances chimiques sont susceptibles de bioaccumulation. Même si les résultats découlant des trois sources de données n'indiquent aucune dégradation ou toxicité des sédiments, en cas de bioaccumulation importante, il y a également un potentiel de bioamplification. Par conséquent, outre ces trois méthodes clés pour évaluer la qualité des sédiments, il est indispensable d'intégrer le **potentiel de bioaccumulation des substances chimiques** dans la méthode d'évaluation des sédiments. Le tableau 2, inspiré de Grapentine et coll. (2002), tient compte de la bioamplification et prévoit 16 scénarios possibles.

Des outils supplémentaires existent pour évaluer la présence dans les sédiments, et les effets sur la santé de l'écosystème, des substances bioaccumulables et bioamplifiables connues, comme les BPC et le toxaphène, auxquelles les espèces sauvages sont principalement exposées par les sources aquatiques de nourriture. Ces outils incluent les facteurs d'accumulation biote-sédiment (BSAF) et les recommandations canadiennes pour les résidus dans les tissus (RRT), qui ont pour but de protéger les espèces fauniques qui dépendent du biote aquatique pour leur alimentation. Les RRT à l'égard d'une substance chimique dans les tissus organiques du biote aquatique sont donc fondées sur la concentration la plus élevée de cette substance dont on présume qu'elle n'aura pas d'effets négatifs sur les espèces fauniques qui les consomment (CCME, 1999). Il existe des RRT pour le DDT, les BPC, le toxaphène, les PCDD/PCDF et le mercure; combinées à d'autres recommandations pour la qualité de l'environnement, elles fournissent des repères ou des points de référence qui facilitent l'interprétation des données de surveillance biologique.

Tableau 2 : Interprétation des effets lorsque les trois méthodes d'évaluation de la qualité des sédiments et la bioamplification sont combinées*

Recommandations pour la qualité des sédiments	Évaluations biologiques	Tests de toxicité	Bioamplification	Conclusions possibles
-	-	-	-	Les sédiments ne présentent pas de risque.
+	-	-	-	Les contaminants ne présentent pas de risque.
-	+	-	-	Potentiel d'effets néfastes. Envisager des analyses complètes des contaminants dans le biote, en laboratoire et sur le terrain, pour dégager des preuves d'exposition aux contaminants et d'assimilation.
-	-	+	-	Les sédiments ne présentent actuellement pas de risque. Cerner la cause de la perturbation dans les communautés d'invertébrés. Songer aux contaminants non mesurés.
-	-	-	+	Risque de bioamplification. Faire une évaluation pour contrôler la non-disponibilité des contaminants dans les sédiments et en cerner la source et les conséquences. Étudier les changements potentiels dans la dynamique du réseau alimentaire (p. ex. à cause d'une invasion de <i>Dreissena</i>).
+	+	-	-	Effets néfastes potentiels. Songer aux effets éventuels sur les communautés non adaptées en terrain lointain, selon la gravité de la toxicité et l'évaluation de la stabilité de l'emplacement.
-	+	+	-	Des effets biologiques néfastes se produisent.
-	-	+	+	Les sédiments peuvent ne pas présenter un risque actuellement, mais il y a bioamplification. Examiner les sources et les voies d'infiltration du contaminant inquiétant. Étudier les changements potentiels dans la dynamique du réseau alimentaire (p. ex. à cause d'une invasion de <i>Dreissena</i>). Il faut confirmer que les sédiments ne sont pas la source de contamination.
+	-	+	-	Des effets biologiques néfastes se produisent, mais on en ignore la ou les cause(s).
+	-	-	+	Risque inacceptable de bioamplification. Effectuer une évaluation. Contrôler la bioamplification dans les sédiments ainsi que les effets éventuels sur les espèces réceptrices des niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire.
-	+	-	+	Risque d'effets néfastes sur le benthos; risque inacceptable de bioamplification.
+	+	+	-	Preuve suffisante d'un risque inacceptable dû à la contamination des sédiments.
+	+	-	+	Risque d'effets néfastes sur le benthos; risque inacceptable de bioamplification. Les résultats indiquent la biodisponibilité des contaminants, mais que le mécanisme peut être à long terme ou encore que l'assimilation provenant des sédiments est indirecte.
+	-	+	+	Effets néfastes sur le benthos; risque inacceptable de bioamplification.
-	+	+	+	Effets néfastes sur le benthos; risque inacceptable de bioamplification. Étudier les changements potentiels dans la dynamique du réseau alimentaire (p. ex. à cause d'une invasion de <i>Dreissena</i>).
+	+	+	+	Preuve suffisante d'un risque inacceptable dû à la contamination des sédiments.

*Un effet nettement différent de l'état à l'emplacement de contrôle est indiqué comme positif tandis qu'un résultat négatif correspond à l'absence de différence. La bioamplification est considérée comme le résultat de la bioaccumulation, soit l'augmentation cumulative de la concentration d'un contaminant alors qu'il passe à deux niveaux trophiques ou plus.

D'après Grapentine et coll., 2002.

Avec les données sur la chimie des sédiments et celles issues des évaluations biologiques et des tests de toxicité, les données sur la bioaccumulation peuvent aussi faciliter le dépistage de l'origine de la toxicité des sédiments. En effet, en comparant les mesures de la bioaccumulation aux charges corporelles critiques que l'on sait toxiques, il est possible de quantifier la biodisponibilité des contaminants et d'isoler ceux qui sont le plus vraisemblablement à l'origine de la toxicité des sédiments (Chapman, 1997; Borgmann et coll., 2001). Il est possible de préciser l'analyse lorsque cette méthode est complétée par la mesure des niveaux de contaminants présents dans les eaux sus-jacentes pendant les tests de toxicité (Borgmann et coll., 2001).

Données supplémentaires

Outre les méthodes d'évaluation des sédiments décrites ci-dessus, il est parfois possible d'obtenir des données supplémentaires sur la qualité des sédiments afin de les appliquer à une approche par le fardeau de la preuve pour évaluer les sédiments.

La **détection et l'évaluation de la toxicité des sédiments (DET)** est une méthode qui met en rapport la toxicité des effluents, de l'eau ou des échantillons de sédiments qui contiennent des mélanges complexes de substances chimiques avec des composés uniques ou des catégories de contaminants. Comme les tests de toxicité seuls ne suffisent pas à révéler quelles substances chimiques sont à l'origine de la toxicité observée, la DET fait intervenir des procédés basés sur la toxicité pour caractériser, identifier et confirmer la nature des composés qui causent les effets néfastes. Les méthodes de DET sont actuellement basées sur l'eau de porosité, mais l'application de ces méthodes à des sédiments entiers constituent un volet de la recherche (Swartz et Di Toro, 1997).

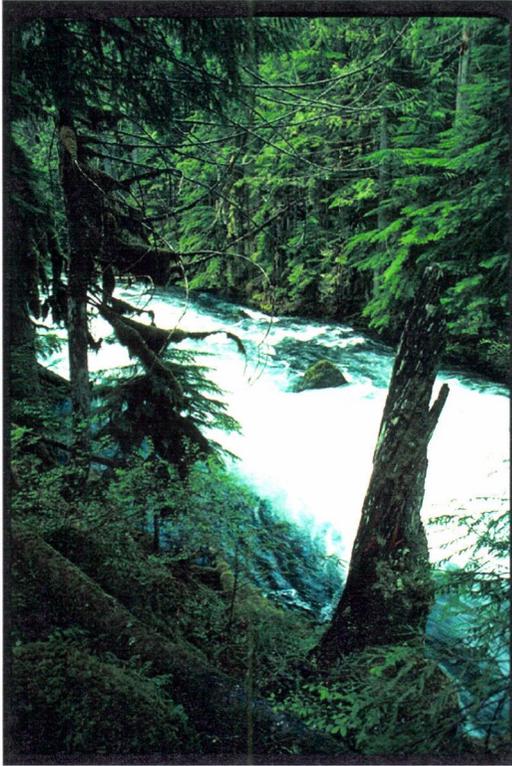
Les **caractéristiques physiques et chimiques** des sédiments incluent descripteurs physiques du type de sédiment (p. ex. granulométrie), transport des sédiments, chimie des eaux sus-jacentes et chimie de l'eau de porosité. Ces données peuvent servir à préciser, par exemple, les niveaux de contamination de fond, la biodisponibilité escomptée et la mobilité des contaminants.



Survol des outils et programmes d'Environnement Canada

Environnement Canada a joué un rôle scientifique important dans l'élaboration d'outils et de méthodes d'évaluation de la qualité des sédiments qui font intervenir les « piliers » de l'évaluation des sédiments (recommandations à l'égard de certaines substances chimiques, évaluations biologiques et tests de toxicité). Parmi les plus importants de ces outils, citons :

- ▶ les recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments (RCQS)
- ▶ l'évaluation des sédiments benthiques (BEAST)
- ▶ l'indice de toxicité des sédiments (SED-TOX)
- ▶ les méthodes d'essai biologique d'Environnement Canada



Recommandations pour la qualité des sédiments à l'égard de certaines substances chimiques

Les recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments (RCQS) sont des objectifs adoptés à l'échelle nationale, fondés sur la science, qui visent la qualité des systèmes aquatiques. Leur élaboration relève du Groupe de travail pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), dont le Bureau national des recommandations et des normes d'Environnement Canada est le secrétariat technique. Les RCQS sont considérées comme les concentrations de substances chimiques individuelles en dessous desquelles on ne prévoit pas d'effets biologiques néfastes (CCME, 1999); elles sont dérivées des données toxicologiques connues, conformément aux procédures publiées par le CCME (1995). Quand les données s'y prêtent, deux valeurs d'évaluation sont calculées : la concentration seuil produisant un effet (CSE), c'est-à-dire la concentration en dessous de laquelle des effets biologiques néfastes sont rarement observés, et la concentration produisant un effet probable (CEP), soit la concentration au-dessus de laquelle des effets néfastes sont fréquemment observés. Jusqu'à présent, plus d'une soixantaine de RCQS visent

les écosystèmes d'eau douce et marins ont été élaborées pour des substances diverses, dont métaux, pesticides organiques, PCDD/PCDF, HAP et BPC. Toutes les recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments élaborées jusqu'à présent sont considérées comme provisoires.

En dépit d'une gamme diverse d'utilisations possibles (p. ex. pour évaluer les incidences éventuelles des projets de mise en valeur), les recommandations pour la qualité des sédiments sont le plus susceptible de servir régulièrement d'outils de dépistage dans le cadre de l'évaluation, à des emplacements précis, du risque potentiel d'exposition à des substances chimiques présentes dans les sédiments ainsi que pour prendre des décisions de gestion préliminaires (p. ex. approbation des rejets en eaux libres, nécessité d'éventuelles mesures de réparation, enquête plus poussée sur le site et classement des sites en ordre de priorité). Des descriptions approfondies des recommandations pour la qualité des sédiments à l'égard de certaines substances chimiques sont abordées dans le document intitulé *Collection Solutions fondées sur la science — fiche numéro 2*, « Recommandations pour la qualité des sédiments à l'égard de certaines substances chimiques. »

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

Environnement Canada (l'Institut national de recherche sur les eaux et la région de l'Ontario) a mis au point une méthode d'évaluation des sédiments d'eau douce dans les régions proches du rivage des Grands Lacs. Le logiciel d'évaluation des sédiments benthiques (BEAST) (Reynoldson et coll., 1995), élément clé de cette démarche, est un outil d'évaluation de la santé des communautés benthiques d'invertébrés qui fait intervenir des modèles prévisionnels qui comparent des attributs de l'habitat au site à une communauté prévue, communément appelée état de référence. La méthode emploie aussi des tests de toxicité des sédiments. Elle a été employée pour évaluer la structure des communautés et la contamination des sédiments à divers endroits inquiétants dans les Grands Lacs (Reynoldson et Day, 1998; CMI, 1999) ainsi que dans d'autres écosystèmes d'eau douce du Canada (p. ex. le fleuve Fraser) (Reynoldson et Rosenberg, 1999).

En tant qu'outil d'évaluation, la méthode basée sur la biologie des communautés se sert de données écologiques qui lient la qualité de l'habitat à la structure prévue des communautés. La méthode est hautement diagnostique en ce qu'elle confirme que le biote associé aux sédiments est affecté par les

conditions à l'emplacement visé. Cependant, comme les communautés d'invertébrés présentent les effets de nombreuses sources, la cause de la perturbation risque de n'être pas évidente; les tests de toxicité sont donc intégrés au BEAST pour confirmer le rapport entre la contamination d'un site et les effets observés. Ces recommandations sont abordées en détail dans le document intitulé *Collection Solutions fondées sur la science — fiche numéro 3*, « Recommandations biologiques pour l'évaluation de la qualité des sédiments dans les Grands Lacs du bouclier Laurentien. »

Tests de toxicité et indices

Méthodes d'essai biologique normalisées

Les méthodes d'essai existantes visant une espèce unique dans les sédiments constituent des outils économiques pour vérifier si les contaminants présents dans les sédiments sont nocifs pour les organismes benthiques et épibenthiques et pour ceux qui fréquentent la colonne d'eau sus-jacente. Les démarches exposées ici cherchent à faire la part entre les considérations scientifiques, pratiques et économiques et à assurer l'obtention de résultats suffisamment précis dans la majorité des cas où elles sont appliquées.

Environnement Canada (le Centre de technologie environnementale) a mis au point des méthodes d'essai biologique pour les sédiments qui s'appliquent aux organismes qui vivent dans les sédiments des écosystèmes d'eau douce et marins ou estuariens (Environnement Canada, 1992a; 1997a, b; 2001). Dans le cas des habitats marins et estuariens, un test de 10 jours mesure la mortalité des amphipodes (Environnement Canada, 1992a) et un test de 14 jours évalue la survie et la croissance des polychètes (Environnement Canada, 2001). En se servant de l'eau de porosité des sédiments, Environnement Canada a mis au point un test de la fécondité de deux échinides, soit les oursins verts et les oursins plats (Environnement Canada, 1992b). En eau douce, l'exposition pendant 14 jours sert à évaluer la mortalité et la croissance de l'amphipode *Hyalella azteca* (Environnement Canada, 1997a) tandis que le test de 10 jours évalue la mortalité et la croissance des larves de moucheron (Environnement Canada, 1997b). De plus, un nouveau type de test de toxicité élaboré par Environnement Canada (Institut national de recherche sur les eaux) emploie des rapports eau-sédiments élevés pour éliminer le problème de la détérioration de la qualité des eaux sus-jacentes pendant les tests de toxicité sur des invertébrés benthiques (Borgmann et Norwood, 1999). Des tests de toxicité chronique des sédiments de 10 à 28 jours ont été menés, et réussis, sur divers invertébrés benthiques (Borgmann et Norwood, 1999). Le test Microtox en phase solide sur les bactéries luminescentes *Photobacterium phosphoreum* (Environnement Canada, 1992c) et le test de bioaccumulation de 28 jours sur le bivalve *Macoma* comptent aussi parmi les tests utilisés par Environnement Canada dans le cadre des programmes de réglementation et de surveillance (USEPA, 1993).

Les méthodes d'essai biologique des sédiments sont utilisées à des fins diverses; elles ont servi aux étapes de production de données visant des repères numériques et biologiques, tel qu'évoqué plus haut (Environnement Canada, 1999). En général, les tests de toxicité sur sédiments entiers servent à évaluer la qualité des sédiments recueillis sur le terrain. Les tests de toxicité des sédiments ont été employés dans un contexte réglementaire, conformément au *Règlement sur l'immersion en mer*, en vertu de la partie 7 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE). Le Règlement stipule comment les tests de toxicité doivent être utilisés pour évaluer les sédiments devant être rejetés en mer (Environnement Canada, 1995).



Indice de toxicité des sédiments (SED-TOX)

Le Centre Saint-Laurent d'Environnement Canada a créé un outil, appelé indice SED-TOX, qui sert à évaluer la qualité des sédiments. Cet outil 1) intègre les divers paramètres des effets sur une gamme d'espèces aquatiques qui occupent plusieurs échelons trophiques et 2) fait la distinction entre les endroits dégradés et ceux qui ne le sont pas (Bombardier et Bermingham, 1999; Bombardier et Blaise, 2000). L'indice SED-TOX donne une valeur unique (cote SED-TOX) qui correspond à l'ensemble des résultats de différents tests de toxicité des sédiments exprimés selon une échelle commune et facile à interpréter. Cette cote peut servir à classer une vaste gamme de sites en fonction de leur toxicité potentielle pour diverses espèces testées ainsi qu'à établir des comparaisons entre les conditions actuelles et futures à un endroit donné (Bombardier et Blaise, 2000). L'approche qui sous-tend le modèle de l'indice SED-TOX, ainsi que son application, sont abordées dans le document intitulé *Collection Solutions fondées sur la science — fiche numéro 4*, « Indice de toxicité des sédiments (SED-TOX). »

Programme d'études de suivi des effets sur l'environnement

Le Bureau national de l'étude du suivi des effets sur l'environnement (ESEE), qui fait partie d'Environnement Canada, assure la gestion et la coordination du programme d'ESEE pour vérifier si les effluents des fabriques de pâtes et papiers et des exploitations minières ont une incidence néfaste sur la santé et l'habitat des poissons et sur l'utilisation des ressources halieutiques. Le programme d'ESEE pour les effluents des fabriques de pâtes et papiers et des exploitations minières est régi respectivement par le *Règlement sur les*



Règlement sur les effluents des mines de métaux (REMM) qui relèvent tous deux de la *Loi sur les pêches*. Selon le REFPP, toutes les fabriques de pâtes et papiers du Canada doivent effectuer des ESEE tandis que le REMM impose la même obligation aux mines de métaux du pays.

Outre les études de suivi des effets sur l'environnement qui sont effectuées à l'échelle nationale parce qu'elles sont obligatoires en vertu des règlements découlant de la *Loi sur les pêches*, d'autres industries (p. ex. celle du pétrole et du gaz naturel) ont entrepris des programmes de surveillance des effets sur l'environnement pour évaluer l'incidence de leurs activités.

Divers outils d'évaluation des sédiments, y compris les études des communautés benthiques (évaluations biologiques), les essais chimiques sur sédiments entiers (comparés aux recommandations pour la qualité des sédiments) et les tests de toxicité sur sédiments entiers, sont recommandés pour contrôler les effets sur l'environnement des effluents des fabriques de pâtes et papiers et des mines de métaux. À la fin de chaque cycle d'ESEE, les mines et les fabriques doivent remettre à Environnement Canada un « rapport d'interprétation » qui résume les résultats des mesures de suivi. Des exemples d'ESEE découlant des règlements visant les fabriques de pâtes et papiers et les mines de métaux sont fournis dans le document intitulé *Collection Solutions fondées sur la science — fiche numéro 5*, « Étude de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) : règlement sur les effluents des mines de métaux et règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers sur l'évaluation des sédiments. »

Programme d'immersion en mer

Environnement Canada évalue les sédiments dans un contexte réglementaire depuis 1976, dans le cadre de l'administration d'un système de permis pour contrôler l'immersion en mer de déchets. La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* inclut un cadre officiel d'évaluation des sédiments de même que le Protocole de 1996 à la Convention de Londres sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets. Selon le cadre d'évaluation, Environnement Canada doit évaluer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sédiments et fixer les limites au-dessus desquelles

l'immersion en mer est interdite à moins d'avoir recours à des techniques ou des procédés de gestion. Le cadre prévoit un régime d'essai à trois niveaux : inférieur, intermédiaire et supérieur. Le Canada a décidé de l'application de ces niveaux selon le *Règlement sur l'immersion en mer* : les recommandations à l'égard des substances chimiques interviennent au niveau inférieur tandis que les batteries de tests de toxicité et de bioaccumulation servent à évaluer les niveaux intermédiaires et supérieurs. Le cadre prévoit aussi le choix d'un site de rejet approprié, la formulation d'hypothèses officielles sur les effets et la surveillance subséquente pour vérifier si les décisions prises sont les bonnes et suffisent à protéger l'environnement marin. Pour assurer la surveillance des sites d'immersion, Environnement Canada a élaboré des lignes directrices nationales sur la surveillance qui prévoient des outils biologiques et chimiques hiérarchisés aux fins d'évaluation cumulative et de gestion des sites. Des rapports paraissent chaque année.

Orientations futures

À l'heure actuelle, divers projets sont en cours au Canada et dans d'autres pays, sous l'égide de chercheurs scientifiques, des gouvernements et des industries, afin de développer la compréhension actuelle des outils connus servant à évaluer les sédiments contaminés. Certains de ces travaux visent l'évaluation et l'amélioration des outils existants. On envisage notamment la création d'un indice de la qualité des sédiments fondé sur les recommandations à l'égard de certaines substances chimiques. Des efforts pilotes à cet égard ont été déployés dans la région de l'Ontario d'Environnement Canada; ils sont basés sur le modèle de l'indice de qualité des eaux du CCME qui intègre des données chimique à un indice de la qualité des sédiments. Ce sujet pourrait un jour faire l'objet d'une fiche d'information. On s'intéresse également à la mise au point d'une variante de cette méthode, dite les recommandations issues d'un consensus. Les indices de ce genre sont utiles parce qu'ils rehaussent la valeur prédictive des recommandations numériques du fait qu'ils les appliquent globalement (pour plus d'information, voir Long et coll., 1998; Ingersoll et coll., 2000; MacDonald et coll., 2000).

Des méthodes comme le BEAST d'Environnement Canada sont en voie d'être utilisées dans des régions autres que les Grands Lacs, sauf que leur expansion est quelque peu limitée par les données requises pour formuler les états de référence d'un emplacement ou d'une région. Hormis cet inconvénient, il s'agit d'un outil puissant dans un cadre d'évaluation des sédiments susceptible d'être appliqué à l'échelle du Canada, y compris au milieu marin.

VOUS VOULEZ EN SAVOIR PLUS?

Site Web : www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/

Bureau national des recommandations
et des normes

Téléphone : 819-953-1550

Courriel : ceqg-rcqe@ec.gc.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.

Références

- Bombardier, M. et N. Bermingham. « The SED-TOX Index: toxicity-directed management tool to assess and rank sediments based on their hazard Concept and application », *Environ. Toxicol. Chem.*, n° 18 (1999), p. 685-698.
- Bombardier, M. et C. Blaise. « Comparative study of the Sediment-Toxicity Index, benthic community metrics and contaminant concentrations », *Water Qual. Res. J. Can.*, n° 35 (2000), p. 753-780.
- Borgmann, U. et W.P. Norwood. « Sediment toxicity testing using large water-sediment ratios: an alternative to water renewal », *Environ. Pollut.*, n° 106 (1999), p. 333-339.
- Borgmann, U., W.P. Norwood, T.B. Reynoldson et F. Rosa. « Identifying cause in sediment assessments: bioavailability and the Sediment Quality Triad », *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, n° 58 (2001), p. 950-960.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). *Protocole pour l'élaboration de recommandations pour la qualité des sédiments en vue de la protection de la vie aquatique*, CCME EPC-98F. Préparé par Environnement Canada, Division des recommandations, Secrétariat technique du CCME, Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux, Ottawa, 1995 [repris dans les *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, chapitre 6, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg (Manitoba), 1999.]
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg (Manitoba), 1999.
- Chapman, P.M. « Is bioaccumulation useful for predicting impacts », *Mar. Pollut. Bull.*, n° 34 (1997), p. 282-283.
- Chapman, P.M., E.A. Power et G. A. Burton Jr. « Integrative assessments in aquatic ecosystems » dans *Sediment toxicity assessment*, publié sous la direction de Burton, G.A., Jr., Lewis Publishers, Boca Raton (Floride), p. 313-340, 1992.
- Chapman, P.M., B. Anderson, S. Carr, V. Engles, R. Green, J. Hameedi, M. Harmon, P. Haverland, J. Hyland, C. Ingersoll, E. Long, J. Rodgers, Jr., M. Salazar, P.K. Sibley, P.J. Smith, R. C. Swartz, B. Thompson et H. Windom. « General guidelines for using the Sediment Quality Triad », *Mar. Pollut. Bull.*, n° 34 (1997), p. 368-372.
- Environnement Canada. *Méthode d'essai biologique : essai de toxicité aiguë de sédiments chez des amphipodes marins ou estuariens*, rapport SPE 1/RM/26, Publications de la protection de l'environnement, Ottawa, 1992a.
- Environnement Canada. *Essai sur la fécondation chez les échinides (oursins verts et oursins plats)*, rapport SPE 1/RM/27, Protection de l'environnement, Ottawa (Ontario), 97 pages, 1992b.
- Environnement Canada. *Essai de toxicité sur la bactérie luminescente (Photobacterium phosphoreum)*, rapport SPE 1/RM/24, Protection de l'environnement, Ottawa (Ontario), 61 pages, 1992c.
- Environnement Canada. *Guide des utilisateurs de la Demande de permis (immersion en mer)*, rapport SPE 1/MA/1, Division du milieu marin, Service de la protection de l'environnement, Ottawa, 1995.

- Environnement Canada. *Méthode d'essai biologique : essai de survie et de croissance de l'amphipode dulcicole (hyalella azteca) dans les sédiments*, rapport SPE 1/RM/33, Publications de la protection de l'environnement, Ottawa, 1997a.
- Environnement Canada. *Méthode d'essai biologique : essai de survie et de croissance des larves dulcicoles de chironomes (Chironomus tentans ou Chironomus riparius) dans les sédiments*, SPE 1/RM/32, Publications de la protection de l'environnement, Ottawa, 1997b.
- Environnement Canada. *Guide des essais écotoxicologiques employant une seule espèce et de l'interprétation de leurs résultats*, SPE 1/RM/34, Publications de la protection de l'environnement, Ottawa, 1999.
- Environnement Canada. *Biological Test Method: Test for survival and growth in sediment using spionid polychaete worms (Polydora cornuta)*, EPS 1/RM/41, Publications de la protection de l'environnement, Ottawa, 2001.
- Federal Register (États-Unis). *US EPA Water Pollution Control: Water quality standards*, vol. 63, n° 129, Proposed Rules, 1998.
- Grapentine, L., J. Anderson, D. Boyd, G.A. Burton, C. Debarros, G. Johnson, C. Marvin, D. Milani, S. Painter, T. Pascoe, T. Reynoldson, L. Richman, K. Solomon et P.M. Chapman. « A decision making framework for sediment assessment developed for the Great Lakes », *Human Ecol. Risk Assess.* (sous presse), 2002.
- Ingersoll, C.G., T. Dillon et G.R. Biddinger (sous la direction de). *Ecological risk assessment of contaminated sediments*, SETAC Pellston Workshop on Sediment Ecological Risk Assessment, 23 au 28 avril 1995, Pacific Grove (Californie), Pensacola (Floride), SETAC Pr., 390 pages, 1997.
- Ingersoll, C.G., D.D. MacDonald, N. Wang, J.L. Crane, L.J. Field, P. S. Haverland, N. E. Kemble, R. A. Lindskoog, C. Severn et D. E. Smorong. *Prediction of sediment toxicity using consensus-based freshwater sediment quality guidelines*, United States Geological Survey final report for the US EPA, Great Lakes National Program Office, EPA 905/R-00/007, 2000.
- CMI (Commission mixte internationale). *Deciding when to intervene. Data interpretation tools for making sediment management decisions beyond source control*, préparé par Gail Krantzberg, John Hartig, Lisa Maynard, Kelly Burch et Carol Ancheta, Comité d'action prioritaire sur les sédiments, Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, 1999.
- Long, E.R., L.J. Field et D.D. MacDonald. « Predicting toxicity in marine sediments with numerical sediment quality guidelines », *Environ. Toxicol. Chem.*, n° 17 (1998), p. 714-727.
- MacDonald, D.D., C.G. Ingersoll et T.A. Berger. « Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems », *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, n° 39 (2000), p. 20-31.
- Reynoldson, T.B., R.C. Bailey, K.E. Day et R.H. Norris. « Recommendations biologiques 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*, Collection de l'INRE n° 98-232, Environnement Canada, Burlington (Ontario), 1998.

Reynoldson, T.B. et D.M. Rosenberg. « Benthic invertebrate community structure » dans *Health of the Fraser River aquatic ecosystem*, publié sous la direction de Gray, C. et T. Tuominen, volume 1, DOE FRAP 1998-11, chapitre 3.6, p. 109-122, 1999.

Swartz, R.C. et D.M. Di Toro. « Sediments as complex mixtures: an overview of methods to assess ecotoxicological significance » dans *Ecological risk assessment of contaminated sediments*, SETAC Pellston Workshop on Sediment Ecological Risk Assessment, 23 au 28 avril 1995, Pacific Grove (Californie), publié sous la direction de Ingersoll, C.G., T. Dillon et G.R. Biddinger, Pensacola (Floride), SETAC Pr., p. 255-269, 1997.

USEPA (Environmental Protection Agency des États-Unis). *Guidance Manual: Bedded Sediment Bioaccumulation Tests*, U.S. Environmental Protection Agency, septembre 1993, ERLN-N271, Newport (Oregon), EPA/600/R-93/183, 254 pages, 1993.

