

Critères et directives pour la détermination de l'eutrophisation prononcée

Bureau national des études de suivi des effets sur l'environnement

10 avril 2007

Introduction

Le présent document de travail décrit les différents niveaux de réponses d'eutrophisation dans le milieu aquatique, et, selon ces niveaux, définit les critères élaborés pour identifier les zones d'eutrophisation prononcée. Nous avons élaboré ces critères à partir des données provenant des études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) recueillies sur trois cycles. Des écarts entre les données provenant de zones exposées et de référence ont été associés à différents niveaux d'eutrophisation en se basant sur la documentation scientifique publiée pertinente. Les critères présentés sont conçus pour être utilisés par les fabriques, de façon à les aider à identifier les sites où une eutrophisation a été observée.

Survol historique

Dans le passé, au Canada, les effluents des fabriques de pâtes et papiers renfermaient de nombreuses substances pouvant avoir des effets néfastes dans les eaux réceptrices. Les effets observés aux différents sites variaient selon la quantité de rejets et la capacité de dilution des eaux réceptrices, et les problèmes signalés à certains sites comprenaient la présence de vastes zones de couches de fibres en décomposition associée à de grandes étendues d'eau dont la concentration en oxygène dissous était très faible, voire nulle, et la présence de substances dans les effluents à des concentrations toxiques pour les poissons, même après dilution.

Le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* (REFPP), adopté en 1992, fixe des limites strictes pour la DBO (demande biochimique en oxygène) et les matières en suspension (MES), fondées sur la performance des fabriques canadiennes utilisant un traitement secondaire, et interdit le rejet d'effluents présentant une toxicité létale aiguë. Le REFPP est fondé sur la qualité des effluents, de sorte qu'il vise à ce que chaque fabrique satisfasse à la norme nationale minimale en ce qui concerne la qualité de ses effluents. Cependant, il a été établi que le niveau de protection requis peut varier selon le type d'écosystème dans lequel la fabrique réglementée rejette ses effluents. C'est pourquoi le programme des ESEE a été mis sur pied. Ce programme vise à évaluer les impacts des effluents sur le milieu récepteur et aide à établir si le règlement, fondé sur la qualité des effluents, assure une protection adéquate.

Au cours des trente dernières années, la qualité des effluents des fabriques de pâtes et papiers s'est considérablement améliorée, grâce à l'adoption de mesures de prévention de la pollution et, dans la plupart des cas, la mise en œuvre d'un système de traitement secondaire pour satisfaire aux exigences fédérales et provinciales. L'industrie des pâtes et papiers a posé les gestes qui s'imposaient et a fortement investi dans les équipements et les ressources humaines pour parvenir aux améliorations constatées. De 1970 à 2003, les rejets de matières exerçant une DBO par tonne de produit ont chuté de 98 %, les rejets de MES, de 92 %, et les rejets d'effluents par tonne de produit, de 59 %. La toxicité des effluents a également été réduite, passant d'une toxicité létale aiguë pour les poissons aux faibles concentrations à l'absence de toxicité létale aiguë pour les effluents non dilués. En 2003, plus de 96 % des échantillons d'effluents analysés ont satisfait aux exigences de non létalité de la toxicité aiguë.

Initiative de réglementation intelligente

Dans le Discours du Trône de septembre 2002, le gouvernement du Canada s'est engagé à mettre de l'avant une stratégie de réglementation « intelligente », qui allait favoriser l'innovation et la croissance économique, améliorer la performance du gouvernement du Canada en matière de réglementation et réduire le fardeau administratif pour les entreprises. Le qualificatif français « intelligente » traduit le mot anglais « Smart », qui constitue en même temps un acronyme pour les mots Specific (spécifique), Measurable (mesurable), Attainable (atteignable), Realistic (réaliste) et Timely (dans les délais appropriés). L'initiative de réglementation intelligente regroupe divers projets, menés à l'échelle de l'ensemble du gouvernement, qui visent le renforcement des politiques, des processus, des outils et des organismes de réglementation, tous des éléments nécessaires pour garantir le haut rendement du gouvernement en matière de réglementation et faciliter l'amélioration continue (Gouvernement du Canada, 2005).

En décembre 2004, Environnement Canada a lancé le projet de réglementation intelligente pour l'amélioration de l'efficacité et de l'efficience des études de suivi des effets environnementaux de l'industrie des pâtes et papiers, qui rassemblait des experts en politiques du gouvernement fédéral (Environnement Canada, ministère des Pêches et des Océans, Bureau du Conseil privé), de l'industrie et des milieux autochtone et environnemental. Le groupe avait pour mandat d'examiner les principaux résultats scientifiques et l'expérience opérationnelle acquis jusque-là dans le cadre du programme des ESEE, et de collaborer en vue de trouver des moyens d'accroître l'efficacité et l'efficience du programme et d'améliorer la performance environnementale là où des effets sur l'environnement ont été repérés. Le groupe devait agir à titre de conseiller externe à l'égard d'Environnement Canada, qui organisera des discussions au sein du gouvernement fédéral et des consultations avec les parties intéressées en vue de l'élaboration de propositions visant l'amélioration du programme des ESEE.

En décembre 2005, le groupe d'experts en politiques a présenté son rapport, intitulé *Améliorer l'efficacité et l'efficience de la surveillance des effets environnementaux dans le secteur des pâtes et papiers*. Ce rapport comportait huit recommandations adressées à Environnement Canada (EC) et à l'industrie des pâtes et papiers, qui visaient l'amélioration de l'efficacité et de l'efficience du programme des ESEE dans le secteur des pâtes et papiers. L'une des recommandations (recommandation 6) proposait que les fabriques dont les eaux réceptrices présentent une eutrophisation prononcée, devraient adopter des pratiques de gestion exemplaires, élaborer un guide de « bonnes pratiques » et vérifier l'efficacité des efforts de réduction de l'eutrophisation. Il était aussi recommandé qu'Environnement Canada élabore des critères et des directives en vue de repérer les zones d'eutrophisation prononcée.

Environnement Canada, dans sa réponse au rapport publiée sur son site Web (http://www.ec.gc.ca/eem/Francais/Publications/web_publication/smart_reg_response/index.cfm), a réitéré qu'il soutenait fortement l'engagement de l'industrie de régler le problème de l'eutrophisation prononcée. Afin d'aider l'industrie à mettre en œuvre des pratiques exemplaires pour régler ce problème, EC s'est engagé à élaborer pour 2007 des critères permettant l'identification des zones d'eutrophisation prononcée, en utilisant les mesures terminales existantes employées dans les études de SEE de terrain.

Processus d'eutrophisation

L'eutrophisation, ou enrichissement en éléments nutritifs, est un processus de fertilisation excessive d'une masse d'eau par des éléments nutritifs, qui se solde par la production de matières organiques en des quantités qui débordent les capacités d'autopurification de la masse d'eau (Chambers *et al.*, 2001). Souvent, les effluents des fabriques de pâtes et papiers peuvent être d'importantes sources externes de matières organiques dissoutes et particulaires dans les systèmes aquatiques, d'où une eutrophisation accrue des milieux récepteurs.

Dans le cas d'une eutrophisation faible ou modérée, la réponse habituelle du milieu est un accroissement de l'abondance des invertébrés benthiques et du nombre de leurs taxons (richesse taxinomique), par rapport aux conditions de référence. En cas d'eutrophisation prononcée, les effectifs des espèces fauniques opportunistes s'accroissent de façon significative, tandis que la baisse des concentrations d'oxygène dissous dans les sédiments ou dans les eaux sus-jacentes entraîne la disparition graduelle des espèces fauniques plus sensibles (comprenant des taxons dont les individus sont de grande taille) (Hellawell, 1986).

On parle d'hypereutrophisation (eutrophisation sévère) quand on observe un déclin de l'abondance et de la richesse taxinomique des organismes benthiques; à ce stade, on observe généralement des impacts négatifs sur les stocks de poissons et les végétaux. La consommation de l'oxygène due à la décomposition des matières organiques peut créer des conditions hypoxiques ou anoxiques. Si

les courants sont faibles et ne parviennent pas à entraîner les matières organiques, ces conditions peuvent donner lieu à la formation de composés réduits potentiellement toxiques, comme le méthane, l'ammoniac et le sulfure d'hydrogène (Pearson et Rosenberg, 1978).

Critères d'eutrophisation

Les critères généraux pour l'eutrophisation habituellement présentés dans la documentation scientifique publiée sont plutôt centrés sur les risques potentiels pour le milieu aquatique et ne prédisent pas nécessairement la présence d'impacts négatifs. Habituellement, on utilise des indicateurs communs de la qualité de l'eau pour définir le degré d'eutrophisation. Les indicateurs les plus souvent utilisés sont les suivants : phosphore total, chlorophylle a, et transparence mesurée avec le disque de Secchi (Gray *et al.*, 2002).

Selon des études scientifiques sur le benthos, le niveau d'eutrophisation peut se traduire par des variations de l'abondance des invertébrés benthiques (nombre d'animaux par unité de superficie, ou densité) et de la richesse taxinomique (nombre de familles distinctes par échantillon) (Grall et Chauvaux, 2002; Nixon, 1995). Ces mesures terminales ont été établies pour la plupart des sites dans le cadre du programme des ESEE et sont facilement accessibles.

La figure 1, basée sur Lowell *et al.* (2003), illustre les variations graduelles de l'abondance et de la richesse taxinomique suivant un gradient d'enrichissement en éléments nutritifs, de toxicité ou d'étouffement, et généralise les profils particuliers de la réponse benthique présentés dans le *Guide technique pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique par les fabriques de pâtes et papiers* (chapitre 12, figure 12-2 dans Environnement Canada, 2005a). Selon ce profil de réponse largement accepté, l'eutrophisation prononcée se caractérise dans les communautés d'invertébrés benthiques par une abondance élevée d'individus d'espèces dites opportunistes (p. ex. vers d'eau douce de la famille des tubificidés et chironomides) et la disparition locale d'espèces fauniques sensibles, appartenant habituellement à des taxons dont les individus sont de grande taille (p. ex. mollusques). Par ailleurs, l'hypereutrophisation se caractérise habituellement par un déclin de l'abondance ou de la biomasse d'organismes benthiques; une forte sédimentation de matières organiques peut étouffer le zoobenthos, ouvrant ainsi une niche pour les colonisateurs opportunistes (p. ex. des polychètes) (Gray *et al.*, 2002).

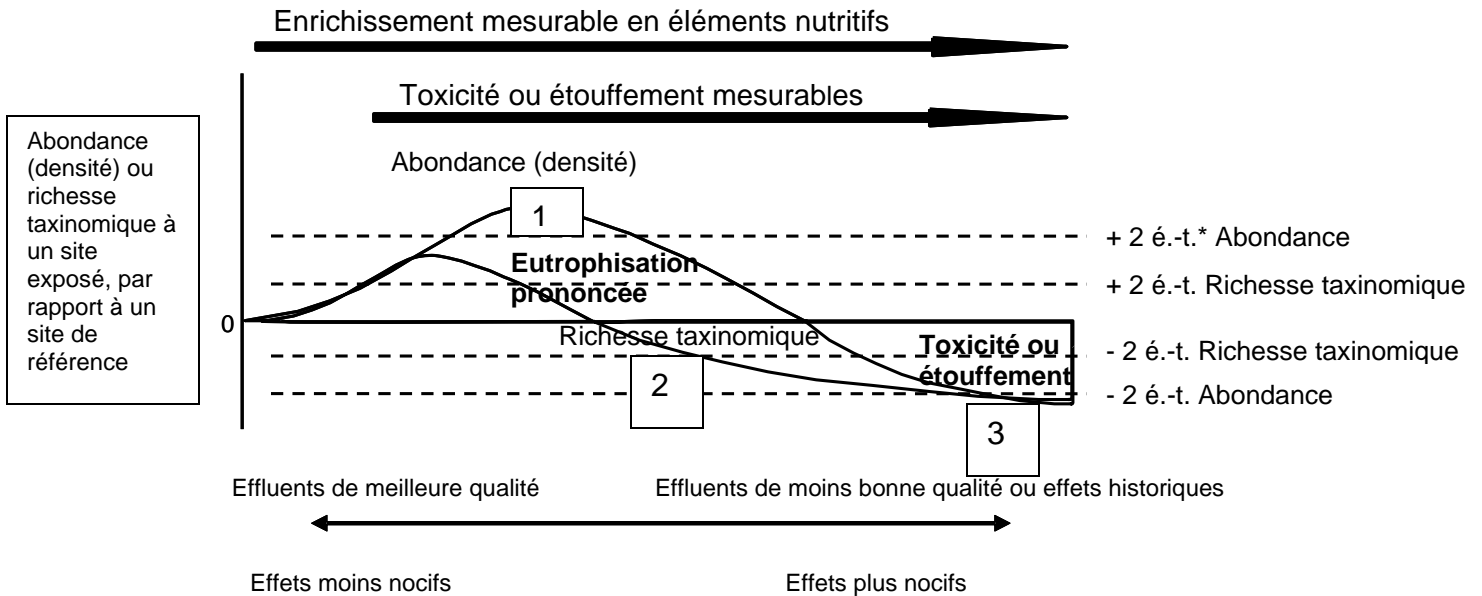


Figure 1. Variations de l'abondance (densité) et de la richesse taxinomique des invertébrés benthiques à un site exposé par rapport à un site de référence suivant un gradient croissant d'enrichissement en éléments nutritifs, produisant soit un effet de toxicité, soit un effet d'étouffement. Ce graphique est basé sur une figure de Lowell *et al.*, 2003. Remarque : les lignes correspondant à + et - 2 é.-t. pour l'abondance et la richesse taxinomique sont théoriques. Pour la signification des cas 1, 2 et 3, voir le texte.

*é.-t. = écart-type

Aux fins du programme des ESEE, et sur la base de l'information scientifique recueillie dans le cadre du programme ainsi que de l'analyse de la figure 1, les critères suivants ont été élaborés et proposés pour permettre de définir l'eutrophisation prononcée et l'hypereutrophisation (tableau 1) :

Tableau 1. Critères d'eutrophisation prononcée et d'hypereutrophisation appliqués aux données de SEE sur les communautés d'invertébrés benthiques*.

Niveau d'eutrophisation	Critères		
	Abondance		Richesse
Prononcée	+ 2 é.-t.	et/ou	- 2 é.-t.
Hyper	- 2 é.-t.	et	- 2 é.-t.

Remarques :

+ signifie une augmentation statistiquement significative d'au moins 2 écarts-types par rapport à la moyenne de la zone de référence.

- signifie une diminution statistiquement significative d'au moins 2 écarts-types par rapport à la moyenne de la zone de référence.

* critères valides pour les études contrôle-impact, les études sur substrat artificiel et les études en mésocosme. Pour les protocoles fondés sur des gradients, le critère d'eutrophisation prononcée est une diminution statistiquement significative de l'abondance et/ou une augmentation statistiquement significative de la richesse taxinomique avec l'accroissement de la distance depuis le point de rejet (ce qui correspond à une abondance accrue et/ou une richesse taxinomique réduite dans les zones davantage exposées aux effluents à proximité du point de rejet). Le critère d'hypereutrophisation est une augmentation statistiquement significative de l'abondance et de la richesse taxinomique avec l'accroissement de la distance depuis le point de rejet (ce qui correspond à une abondance et une richesse taxinomique réduites dans les zones davantage exposées aux effluents à proximité du point de rejet).

Les données des études de SEE ont montré que la plupart des fabriques ont signalé des effets statistiquement significatifs pour au moins une des principales mesures terminales dans le cadre des études sur les populations d'invertébrés benthiques et de poissons. Les différences statistiquement significatives n'étant pas considérées comme nécessairement graves, le concept de seuils critiques d'effet a été élaboré pour établir les différences qui pourraient avoir des effets écologiques significatifs. Les seuils critiques d'effet pour les mesures terminales concernant les communautés d'invertébrés benthiques correspondent au point où le changement des mesures terminales excède la plage de variabilité naturelle, avec un critère statistique de deux écarts-types (± 2 é.-t.). Cette même règle a été retenue pour la classification de l'eutrophisation décrite dans le présent document, les augmentations ou diminutions signalées étant classées suivant une double exigence : 1) significativité statistique, et 2) ampleur de l'effet excédant deux écarts-types.

Un bon nombre de fabriques utilisent des protocoles fondés sur des gradients plutôt que des plan d'étude contrôle-impact; pour ces fabriques, les augmentations ou diminutions signalées sont fondées sur des corrélations statistiquement significatives (valeur de la mesure terminale en fonction de la distance du site depuis le point de rejet). Certaines fabriques ont opté pour des études de benthos sur substrats artificiels ou des études en mésocosme. Pour ces deux derniers types d'études, les mêmes seuils critiques d'effet ont été appliqués.

Selon la figure 1 et le tableau 1, les données des relevés du benthos révèlent la présence d'une eutrophisation prononcée quand l'abondance (densité) moyenne au site exposé est significativement plus élevée que l'abondance moyenne au site de référence, et la différence est de plus de $+2$ é.-t. par rapport à la moyenne au site de référence (cas n° 1 de la figure 1).

Un autre scénario indiquant la présence d'une eutrophisation prononcée est celui où la richesse taxinomique moyenne au site exposé est significativement inférieure à la richesse taxinomique moyenne au site de référence, et où la réduction est de plus de 2 é.-t. par rapport à la moyenne au site de référence (cas n° 2 de la figure 1).

L'hypereutrophisation (tableau 1) est le scénario correspondant à des conditions pires que celles associées à l'eutrophisation prononcée. Nous l'avons défini comme la situation où les moyennes tant de l'abondance que de la richesse taxinomique sont significativement inférieures aux valeurs moyennes respectives au site de référence, et où les différences sont de plus de 2 é.-t. par rapport aux moyennes respectives au site de référence (cas n° 3 de la figure 1).

Des conditions hypereutrophes peuvent apparaître dans les cas où un important rejet de matières organiques est combinée à de faibles concentrations d'oxygène dissous. Une telle situation peut aussi survenir en cas de dépôt important de

particules, qui a pour effet d'« étouffer » les milieux benthiques. Par ailleurs, il peut arriver qu'une toxicité associée aux sédiments donne lieu dans la zone exposée à un profil de réponse du benthos qui ne soit pas attribuable à un enrichissement en éléments nutritifs mais comparable au cas numéro 3 de la figure 1 (« Toxicité ou étouffement »). Cependant, pour chacun de ces scénarios, de l'information additionnelle est nécessaire pour bien établir le mécanisme constituant la cause principale des effets en question. Quelle que soit la cause, les fabriques dont les résultats reflètent une hypereutrophisation (tableau 1), susceptible d'entraîner des effets graves, devraient envisager d'effectuer d'autres études.

Spécificité des sites et facteurs confondants (effets historiques)

Pour les fabriques présentant des conditions d'eutrophisation, il se peut qu'il y ait besoin de plus de renseignements et de consultations pour pouvoir établir si les études du benthos à ces endroits indiquent en fait une eutrophisation prononcée. Les résultats du cycle 4 pourraient aider à identifier les fabriques ayant démontré l'existence d'un effet dans un cycle. En plus des résultats des ESEE, les fabriques peuvent disposer d'autres informations démontrant la présence de d'eutrophisation dans le milieu récepteur. En outre, il se peut que certains facteurs confondants, propres aux différents sites, puissent influencer sur l'identification du niveau d'eutrophisation existant à une fabrique. Les décisions finales seront prises après consultation entre les bureaux régionaux et les fabriques.

A certaines fabriques, d'importantes accumulations de matières organiques sous la forme de tapis (couches) de fibres ont été observées. En pareilles circonstances, les variations dans la structure des communautés d'invertébrés benthiques observées dans les études actuelles de SEE seraient en fait une mesure d'un rétablissement faisant suite à des effets historiques plus ou moins prononcés. Dans ces cas, les résultats des ESEE pourraient ainsi refléter un rétablissement faisant suite à des rejets antérieurs (historiques) et non pas les effets des effluents actuels. Les études de SEE futures devront donc continuer de considérer l'impact (relatif) des rejets antérieurs. Cette question devra aussi être prise en considération lors de la conception et de l'examen d'études et de méthodes de SEE élaborées pour départager les deux situations. Comme les causes des phénomènes liés à l'eutrophisation peuvent être très spécifiques aux sites, la recherche des causes et des solutions pourrait aussi être spécifique aux sites.

Prochaines étapes

Les résultats du présent exercice constituent un point de départ pour les discussions avec les intervenants. Les responsables des fabriques qui croient que leurs résultats d'étude rencontrent les critères proposés par Environnement Canada, et ce sur deux cycles successifs, devraient contacter leur agent

d'autorisation régional pour discuter des prochaines étapes à suivre et les planifier.

Références

- Chambers, P.A., M. Guy, E.S. Roberts, M.N. Charlton, R. Kent, C. Gagnon, G. Grove et N. Foster. 2001. Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada. Environnement Canada, Ottawa (Ontario). 271 p.
- Environnement Canada. 2005a. Guide technique pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique par les fabriques de pâtes et papiers. Environnement Canada, Bureau national des ESEE, Institut national de recherche sur les eaux, Gatineau (Québec), Canada.
- Environnement Canada. 2005b. Améliorer l'efficacité et l'efficience de la surveillance des effets environnementaux dans le secteur des pâtes et papiers : un projet de réglementation intelligente.
- Gouvernement du Canada. 2005. Directive du gouvernement sur les activités de réglementation (ébauche). Secrétariat de la réglementation et des décrets du Conseil, Bureau du Conseil privé.
- Grall, J., et L Chauvaud. 2002. Marine eutrophication and benthos: the need for new approaches and concepts. *Global Change Biology*, 8(9): 813-830.
- Gray J.S., R.S. Wu et Y.Y Or. 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series*, 238: 249-279.
- Hellawell, J.M. 1986. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier, Londres.
- Lowell, R.B., S.C. Ribey, I.K. Ellis, E.L. Porter, J.M. Culp, L.C. Grapentine, M.E. McMaster, K.R. Munkittrick et R.P. Scroggins. 2003. National assessment of the pulp and paper environmental effects monitoring data. Institut national de recherche sur les eaux, Contribution de l'INRE n° 03-521.
- Nixon, S.W. 1995. Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41: 199-219.
- Pearson, T.H., et R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 16: 229-311.