

Montréal, le mercredi 2 juillet 2003

Madame Anne-Lyne Boutin  
Coordonnatrice du secrétariat de la commission  
Projet de régularisation des crues  
du bassin versant du lac Kénogami  
**Bureau d'audiences publiques sur l'environnement**  
Édifice Lomer-Gouin  
575, rue Saint-Amable, 2<sup>e</sup> étage  
Québec (Québec) G1R 6A6

**Objet : Réponses aux questions DQ 13**

---

Madame Boutin,

Pour faire suite aux questions de la commission formulées dans le document DQ 13, le rapport du comité d'experts de décembre 1999 a été transmis à l'usage de la commission. En outre, des renseignements ont été transmis quant aux garanties d'approvisionnement. Enfin, les réponses aux questions sur le méthylmercure sont transmises aux pages suivantes.

Espérant le tout conforme à vos attentes, nous vous prions de recevoir, madame Boutin, nos salutations distinguées.



Patrick Arnaud  
Porte-parole pour le projet de régularisation  
des crues du bassin versant du lac Kénogami  
p.j.  
PA/CM

### Question 1

**Le promoteur peut-il évaluer, pour la période comprise entre la mise en eau du réservoir et le retour à un taux de méthylation naturel, la quantité de mercure (charge totale) qui serait transférée au réservoir sous forme méthylique?**

Le modèle utilisé pour la prévision des teneurs en mercure des poissons à la suite de l'aménagement du réservoir Pikauba est basé sur un modèle de libération de phosphore (Messier *et al.*, 1985 et Grimard et Jones, 1982). Ce modèle considère la courbe de libération de phosphore, générée par le modèle de Grimard et Jones, comme un indice de l'intensité de la décomposition des matières organiques inondées (responsables de la libération de méthylmercure et de phosphore), lequel indice est transformé pour refléter la disponibilité du mercure pour les poissons. Il a été calibré à l'aide des données de l'évolution des teneurs en mercure dans les poissons du réservoir Robert-Bourassa au complexe La Grande (Schetagne *et al.*, 2002).

Ce modèle ne permet pas de calculer la quantité de mercure transférée à la colonne d'eau du réservoir. Une fois transféré au réservoir, le cheminement du méthylmercure est très complexe. Il peut s'adsorber aux particules dans l'eau et sédimenter vers les zones profondes, où il est perdu du système. Une part de ce méthylmercure peut être transférée aux poissons par les mécanismes suivants : par l'intermédiaire du zooplancton qui filtre les particules qui demeurent en suspension, par l'intermédiaire des larves d'insectes qui s'alimentent dans les premiers centimètres des sols inondés, et par le périphyton, un ensemble de bactéries et d'algues vivant à la surface des sols et de la végétation inondés, qui sert de nourriture au zooplancton et aux larves d'insectes. L'érosion des sols forestiers inondés, par l'action des vagues et des glaces, peut aussi mettre en suspension dans l'eau de fines particules organiques riches en méthylmercure qui peuvent être filtrées par le zooplancton. Étant donné cette grande complexité, il est plus simple de relier l'évolution de l'intensité de la décomposition directement à l'augmentation en mercure mesurée dans les poissons non piscivores, puis appliquer un taux de transfert aux poissons piscivores, toujours en calibrant les résultats du modèle avec la très grande quantité de données disponibles au complexe La Grande.

De plus, comme il est mentionné à la page 5-40 de l'étude d'impact, les prévisions réalisées dans le cadre de cette étude sont pessimistes et correspondent au scénario "du pire cas probable" car elles supposent un réservoir stable à la cote 418,4 m, sans vidange annuelle. Le marnage important du réservoir Pikauba aura vraisemblablement pour effet de réduire l'ampleur et la durée de l'augmentation des teneurs en mercure dans les poissons suite à la mise en eau. En effet, un marnage important se traduira par l'érosion et le décapage des matières organiques constituant les couvre-sols et les premiers centimètres des sols situés dans la zone de marnage. L'enlèvement de ces matières, qui

stimulent la méthylation du mercure et qui représentent des habitats pour les organismes benthiques et le périphyton, se traduira par une réduction de la production de méthylmercure et de son transfert par les organismes benthiques, qui se nourrissent et fouissent dans les sols inondés. Les études réalisées au complexe La Grande suggèrent que dans les milieux lacustres ou dans les réservoirs, le transfert actif du méthylmercure aux poissons s'effectue plus par le benthos que par le zooplancton (Thérien et Morrison, 1999; Tremblay, 1999).

En considérant le marnage occasionné par cette vidange et son effet négatif sur les organismes benthiques, il est raisonnable de penser que le transfert du mercure depuis les sols inondés vers les poissons sera beaucoup moins prononcé, de sorte que les teneurs en mercure dans ces derniers seront moindres.

Quant à la quantité de méthylmercure libérée dans la colonne d'eau, les enseignements du complexe indiquent qu'elle est plus importante peu après la mise en eau, mais est grandement diminuée quelques années plus tard, et même presque nulle, après 5 à 8 ans de mise en eau, à cause de l'épuisement des matières organiques facilement décomposables (Lucotte et al., 1999).

## Question 2

**En prenant en compte les quantités de matières organiques envoyées, pourriez vous distinguer les quantités produites dans les portions du réservoir situées respectivement en amont et en aval du barrage Pikauba no 3?**

Comme il est mentionné en réponse à la question 1, le modèle utilisé ne permet pas de calculer les quantités de méthylmercure produites et transférées au réservoir. Par contre, une analyse de sensibilité du modèle révèle que l'augmentation des teneurs en mercure dans les poissons est proportionnelle à la superficie terrestre inondée. On pourrait donc établir la proportion du méthylmercure transférée au réservoir selon la proportion des superficies inondées des portions du réservoir. Dans ce cas, la superficie terrestre inondée dans la portion amont est d'environ 250 hectares par rapport à une superficie terrestre totale inondée de 1 540 hectares, à la cote 418,4 m. Une bonne approximation serait de considérer que la portion contrôlée par le barrage Pikauba no 3 produirait environ 15 % du méthylmercure de l'ensemble du réservoir.

### Question 3

**Considérant le taux de renouvellement des eaux du réservoir Pikauba ainsi que sa vidange annuelle, quelle est la fraction de cette charge totale de méthylmercure libérée dans le réservoir qui serait exportée en aval du barrage Pikauba.**

Comme il est mentionné en réponse à la question 1, le modèle utilisé ne permet pas de calculer les quantités de méthylmercure produites et transférées au réservoir, ni la fraction de cette charge transférée en aval. Par contre, les données tirées du suivi environnemental du complexe La Grande ont démontré qu'une partie du mercure produit en réservoir est effectivement exportée en aval des réservoirs lors d'évacuations d'eau (déversements ou turbinage) et transférée aux poissons aussi rapidement que dans les réservoirs. Afin de mieux comprendre les processus par lesquels le mercure est transféré aux poissons en aval des réservoirs, l'exportation du mercure a été spécifiquement étudiée au réservoir Caniapiscau (Doyon, 1998; Schetagne *et al.*, 2000). Les principales composantes de l'eau responsables de l'exportation du méthylmercure sont la phase dissoute ( $< 0,45 \mu\text{m}$ ) et les matières en suspension (de  $0,45$  à  $50 \mu\text{m}$ ), contribuant respectivement pour 64 % et 33 % du total. En raison de leur faible masse relative, comparativement au volume d'eau turbiné, les débris végétaux, le phytoplancton, le zooplancton, le benthos et les poissons contribuent peu à cette exportation (seulement 3 %).

Par contre, il a été démontré que les poissons accumulent le mercure surtout par la nourriture qu'ils ingèrent et très peu par l'eau (Hall *et al.*, 1997). Aussi, les grandes quantités de méthylmercure exportées en aval des réservoirs par la fraction dissoute et par les matières en suspension, de moins de  $50 \mu\text{m}$  de diamètre, ne sont pas directement transférées aux poissons. En considérant uniquement le méthylmercure directement transféré aux poissons en aval, c'est-à-dire celui contenu dans les groupes d'organismes consommés par les poissons, tel que déterminé par l'analyse des contenus stomacaux des poissons récoltés en aval de la centrale Brisay (Schetagne *et al.*, 2000), le zooplancton contribuerait alors pour plus de 90 % du total exporté (Schetagne *et al.*, 2002).

En se basant sur ces renseignements et sur le suivi des teneurs en mercure des poissons observées en aval des réservoirs du complexe La Grande, nous avons mis au point une méthode pour évaluer l'effet de cette exportation sur les teneurs en aval. Le texte suivant est tiré du rapport sectoriel sur le mercure dans la chair des poissons et la qualité de l'eau, de l'étude d'impact (Groupe conseil Genivar inc. 2002).

Le suivi des teneurs en mercure des poissons du complexe La Grande révèle que le mercure est exporté en aval des réservoirs (Brouard *et al.*, 1994). Le taux d'exportation du réservoir de Robert-Bourassa au tronçon fluvial de La Grande Rivière, situé en aval,

est particulièrement important. Les résultats du même suivi montrent cependant que l'effet additif des teneurs en mercure dans les poissons d'un réservoir à un autre est très faible. Les auteurs ci-haut mentionnés suggèrent le taux de dilution des eaux du réservoir par celles de tributaires et la présence de grandes masses d'eau, permettant l'utilisation ou la sédimentation du mercure, comme facteurs influençant le degré d'augmentation des teneurs en mercure en aval. De plus, une étude réalisée en 1997 en aval du réservoir Caniapiscou a démontré qu'une partie importante du mercure exporté en aval des réservoirs se retrouve fixé sur les particules en suspension dans l'eau, particules qui peuvent se déposer au fond d'un milieu lacustre, c'est-à-dire à temps de séjour des eaux long, de sorte que le mercure ne soit plus transférable aux poissons (Schetagne *et al.* 2000). Une autre partie du mercure exporté se retrouve dans le zooplancton (Schetagne *et al.* 2000). En arrivant dans un milieu à temps de séjour des eaux long, le zooplancton provenant d'un réservoir peut être consommé localement par les poissons dès son arrivée dans le milieu récepteur, de sorte que le mercure qu'il contient n'est plus disponible pour les poissons de l'ensemble de ce milieu.

Les hypothèses d'exportation du mercure retenues dans le cadre des présentes prévisions tiennent compte de ces deux facteurs. Le tableau 1 a été utilisé pour établir le degré d'augmentation des teneurs dans les poissons des milieux récepteurs en aval du futur réservoir Pikauba, soit le tronçon de la rivière Pikauba entre la confluence de la Petite rivière Pikauba et la rivière aux Écorces, le tronçon de la rivière Pikauba entre la confluence de la rivière aux Écorces et le lac Kénogami, ainsi que le lac Kénogami.

Dans ce tableau, le paramètre **A** correspond uniquement à l'effet de la dilution. Dans le cas du lac Kénogami, il représente la proportion de l'augmentation prévue dans les poissons du réservoir du Pikauba qu'il faut attribuer aux poissons du lac Kénogami dans son ensemble, s'il y avait uniquement l'effet de la dilution. Ce paramètre **A** se calcule selon la proportion du débit total transitant dans le lac Kénogami qui proviendra du réservoir Pikauba (25 % dans ce cas).

Le paramètre **C** correspond à l'effet de la déposition du mercure dans le lac Kénogami, ainsi que de la consommation du zooplancton provenant de réservoir Pikauba par les poissons dès son arrivée dans le lac. Ces deux phénomènes feront en sorte que le mercure ainsi perdu ne serait plus disponible pour les poissons de l'ensemble du lac Kénogami. Ce paramètre **C** est évalué en fonction du taux de renouvellement des eaux du milieu récepteur (paramètre **B**) selon les critères présentés au bas du tableau 2. Ainsi, si la dilution n'était pas considérée, 30 % de l'augmentation prévue dans les poissons du réservoir Pikauba serait attribué à l'ensemble des poissons du lac Kénogami. L'effet

cumulatif, d'une part, de la dilution et, d'autre part, de la déposition du mercure et de la consommation locale du zooplancton, est obtenu en faisant le produit de chacun de ces deux mécanismes (paramètre C fois paramètre A).

Dans le cas qui nous intéresse, c'est 30 % (déposition et consommation) du 25 % (dilution), soit 8 % de l'augmentation prévue dans les poissons du réservoir du Pikauba qu'il faut attribuer aux poissons du lac Kénogami (tableau 1). Cette faible augmentation n'aura pas de répercussion significative sur les teneurs en mercure actuelles des poissons du lac Kénogami.

**Tableau 1 : Calcul du taux d'exportation de mercure en aval du réservoir Pikauba**

Paramètres	Réservoir Pikauba	Secteur de la Pikauba en amont de la rivière aux Écorces	Secteur de la Pikauba entre la confluence avec la rivière aux Écorces et le lac Kénogami	Lac Kénogami
Débit moyen annuel (m <sup>3</sup> /sec)	21	28,3	65,1	82,2
Débit moyen annuel provenant du réservoir Pikauba (m <sup>3</sup> /sec)	-	21	21	21
Proportion du débit du milieu récepteur provenant du réservoir Pikauba (%) (A)	-	70%	30%	25%
Taux de renouvellement des eaux du milieu récepteur (nombre de fois / année) (B)	-	> 12	> 12	2,59
Proportion du mercure libéré en amont qui s'accumule dans les poissons du milieu récepteur (%) (C)*	-	100%	100%	30%
Proportion de l'augmentation en mercure des poissons du réservoir Pikauba transférée aux poissons du milieu récepteur (%) (A X C)	-	70%	30%	8%

- \* si (B) < ou = 2 : (C) = 20 %  
 si 2 < (B) < ou = 5 : (C) = 30 %  
 si 5 < (B) < ou = 8 : (C) = 40 %  
 si 8 < (B) < ou = 12 : (C) = 50 %  
 si (B) > 12 : (C) = 100 %

## Références

- Brouard, D., Doyon, J.-F., Schetagne, R., 1994. *Amplification of mercury concentration in Lake Whitefish (Coregonus clupeaformis) downstream from Robert-Bourassa reservoir, James Bay, Québec*. In : Watras, C. and Huckabee, J.W. (Eds) Proceedings of the International Conference on Mercury Pollution : Integration and synthesis, Boca Raton (FA): Lewis Publishers, CRC Press, p. 369-380.
- Doyon, J.-F., 1998. *Suivi des milieux aquatiques touchés par l'aménagement des centrales Laforge-1 et Laforge-2 (1997). Étude de l'exploration du mercure en aval du réservoir Caniapiscau*. Rapport du Groupe conseil GENIVAR inc. pour la Société d'énergie de la Baie James. 40 p. et annexes.
- Grimard, Y., Jones, H. G., 1982. Trophic upsurge in new reservoirs: a model for total phosphorous concentration, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 39 (1982), p. 1473-1483.
- GROUPE CONSEIL GENIVAR INC. 2002. Régularisation des crues du bassin versant du lac-réservoir Kénogami. *Rapport sectoriel sur le mercure dans la chair des poissons et la qualité de l'eau*. Automne-été 2001-Études d'avant-projet. Rapport présenté à Hydro-Québec, Unité Projets - Nouveaux aménagements. 62 p. et annexes.
- HALL BD, BODALY RA, FUDGE RJP, RUDD JWM, ROSENBERG DM. 1997. *Food as the dominant pathway of methylmercury uptake by fish*. Water Air Soil Pollut 1997; 100: 13-24.
- LUCOTTE M. ; SCHETAGNE R. ; THÉRIEN N. ; LANGLOIS C. ; TREMBLAY A. 1999. *Mercury in the Biogeochemical Cycle : Natural Environments and Hydroelectric Reservoirs of Northern Québec*. Environmental Science Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 334 p.
- MESSIER, D., ROY, D., LEMIRE, R., 1985. *Réseau de surveillance écologique du complexe La Grande 1978-1984. Évolution du mercure dans la chair des poissons*. Société d'énergie de la Baie James. 170 p. et annexes.
- SCHETAGNE R., DOYON, J.-F., FOURNIER. 2000. *Export of mercury downstream from reservoirs*. *The Science of the Total Environment*, 260 : 135-145.

- SCHETAGNE, R., THERRIEN, J. LALUMIÈRE, R., 2002. Suivi environnemental du complexe La Grande. *Évolution des teneurs en mercure dans les poissons. Rapport synthèse 1978-2000*. Groupe conseil GENIVAR inc. et direction Barrages et environnement, Hydro-Québec Production. 193 p. et annexe.
- THÉRIEN, N. AND MORRISON, K., 1999. *Calculated Fluxes of Mercury to Fish in the Robert-Bourassa Reservoir*. In : Lucotte M, Schetagne R, Thérien N, Langlois C, Tremblay A, editors. *Mercury in the Biogeochemical Cycle : Natural Environments and Hydroelectric Reservoirs of Northern Québec*. Environmental Science Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 259-272.
- TREMBLAY, A.. 1999. *Bioaccumulation of Mercury and Methylmercury in Invertebrates from Natural Boreal Lakes*. In : Lucotte M, Schetagne R, Thérien N, Langlois C, Tremblay A, editors. *Mercury in the Biogeochemical Cycle : Natural Environments and Hydroelectric Reservoirs of Northern Québec*. Environmental Science Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 89-113.